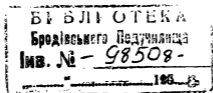


А. М. Хаскін
КРЕСЛЕННЯ

ВИДАННЯ ДРУГЕ, ПЕРЕРОВЛЕНЕ

*Допущено Міністерством вищої і середньої
спеціальної освіти УРСР
як підручник для учнів технікумів*



ВИДАВНИЧЕ ОБ'ЄДНАННЯ «ВИЩА ШКОЛА»
ГОЛОВНЕ ВИДАВНИЦТВО
КИЇВ — 1976

Черчение. Х а с к и н А. М. Издательское объединение «Вища школа», 1976, 436 с. (на украинском языке).

В учебнике изложены основы геометрического и проекционного черчения, технического рисования, машиностроительного черчения и некоторые вопросы строительного черчения. Используются Государственные стандарты «Единой системы конструкторской документации», утвержденные в 1968—1975 гг. Каждая тема заканчивается картой программированного контроля, которая дает возможность проверить и закрепить приобретенные знания. Книга написана по программе, утвержденной Учебно-методическим управлением Министерства высшего и среднего специального образования СССР, и предназначена в качестве учебника для учащихся всех (кроме строительных) специальностей техникумов. Учащиеся строительных техникумов могут использовать ее для изучения общей части курса черчения. Учебник может быть использован также студентами высших технических учебных заведений и учащимися профтехшкол.

Табл. 35. Ил. 416. Список литературы 20.

Редакція літератури з машинобудування і приладобудування

Зав. редакцією *О. О. Добровольський*

X $\frac{30105-228}{M211(04)-76}$ БЗ—34—15—75

© Видавниче об'єднання «Вища школа», 1976

L

XXV історичний з'їзд КПРС накреслив величну програму дальшого піднесення народного добробуту. Економічна стратегія партії, яка веде до цієї мети, полягає в динамічному і пропорційному розвитку суспільного виробництва, підвищенні його ефективності, прискоренні науково-технічного прогресу, зростанні продуктивності праці, всемірному поліпшенні якості роботи в усіх ланках народного господарства. Все це вимагає підвищення рівня підготовки спеціалістів вищої і середньої технічної кваліфікації, які здатні виконати рішення з'їзду, плани десятої п'ятирічки.

Креслення, як відомо, є міжнародною мовою техніки. За допомогою креслення інженер або технік передає свої задуми, а робітник втілює їх у виріб. Ефективне і якісне використання сучасної техніки неможливе без доброго розуміння креслень, схем та інших конструкторських документів.

Завданням курсу в технікумі є вивчення теоретичних основ геометричного і проєкційного креслення, нарисної геометрії, машинобудівного та основ будівельного креслення, а також набуття практичних навичок виконання креслень. Крім того, учні повинні навчитися добре розуміти й читати креслення, схеми і технологічну документацію. Вивчення креслення розвиває просторову уяву, логічне мислення та прищеплює конструкторські навички майбутнім технікам.

У цьому підручнику, складеному за програмою Міністерства вищої та середньої спеціальної освіти СРСР, розглянуто всі розділи з креслення, причому особливу увагу звернуто на проєкційне та машинобудівне креслення, які мають велике значення для підготовки техніка до проєктування і конструкторської роботи. У підручнику використано Державні стандарти «Єдиної системи конструкторської документації» (ЕСКД). Теоретичні положення курсу ілюстровано великою кількістю рисунків, виконаних як у комплексних, так і в аксонометричних проєкціях. Враховуючи, що учні технікуму, які приходять із загальноосвіт-

ньої школи, не обізнані з елементами технології, деталей машин, технічної механіки тощо, у розділі «Машинобудівне креслення» наведено потрібний для вивчення курсу матеріал. Кожний параграф закінчується запитаннями для самоперевірки і картками програмованого безмашинного контролю, які дають змогу закріпити матеріал і перевірити набуті знання.

Автор щиро вдячний колективам кафедр та окремим викладачам, які надіслали доброзичливі відгуки і надали окремі поради щодо поліпшення книги при підготовці її до перевидання.

Зауваження та пропозиції просимо надсилати на адресу: 252054, Київ, 54, Гоголівська, 7, Головне видавництво видавничого об'єднання «Вища школа».

ГЕОМЕТРИЧНЕ КРЕСЛЕННЯ

§ 1. КРЕСЛЯРСЬКІ ІНСТРУМЕНТИ, МАТЕРІАЛИ І ПРИЛАДДЯ

Папір (ГОСТ 597—73). 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 писальний у клітинку.

Олівці. Від вибору і вмілого користування креслярськими олівцями залежить якість креслення. В СРСР для креслення використовують олівці «Конструктор». Вони бувають тверді, м'які і середні.

Тверді олівці позначають буквою Т. У міру зростання твердості до букви додають відповідну цифру (2Т, 3Т і т. д.). М'які олівці позначають буквою М. Зростання цифри, що стоїть біля букви (2М, 3М і т. д.), означає збільшення ступеня м'якості олівця. Олівці середньої твердості позначають буквами МТ або ТМ. Для креслярських робіт використовують і цангові олівці (ГОСТ 19445—74) із стержнями різної твердості.

Правильно заструганий олівець має форму конуса заввишки 25... 30 мм. Кінчик графіту виступає з оправи на б... 8 мм (рис. 1, а). Для виконання ліній однакової товщини олівець застругують «під лопатку». Під час роботи графітовий стержень застругують на дрібному наждачному папері № 0 або № 00. Для зручності смужку наждачного паперу слід наклеїти на дощечку (рис. 1, б) або папір.

Олівець застругують з кінця, на якому немає марки.

Креслярські дошки (рис. 2, а) виготовляють з м'яких сортів деревини (липи або тополі). З боків дошку обрамовують дубовими брусками на шпунтах. Найбільше застосовують креслярські дошки таких розмірів: 700 × 1000 мм; 500 × 700 мм і 350 × 500 мм (ГОСТ 6671—70).

Рейшина (ГОСТ 7286—68) — 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. 2, б). Розміри рейшин від 560 × 50 × 2 мм до 1320 × 60 × 2,5 мм. Під час роботи рейшину переміщують угору або вниз на потрібну відстань лівою рукою вздовж лівої бічної сторони креслярської дошки, притискаючи до неї головку рейшини. Правою рукою проводять паралельні горизонтальні лінії. Рухома планка дає змогу креслити похилі лінії.

Косинці (ГОСТ 5094—74). Рекомендується мати щонайменше два косинці з кутами 45—90—45° і 30—90—60°. За допомогою косинців креслять паралельні лінії — похилі і вертикальні, Точність

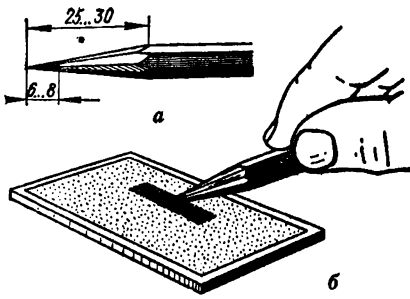


Рис. 1

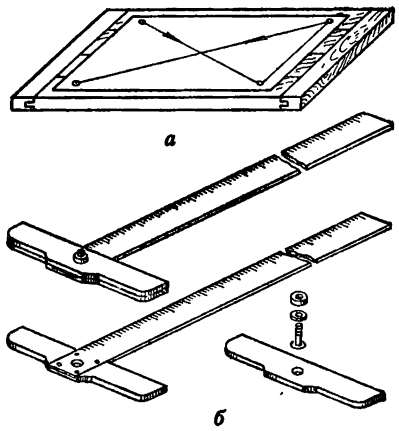


Рис. 2

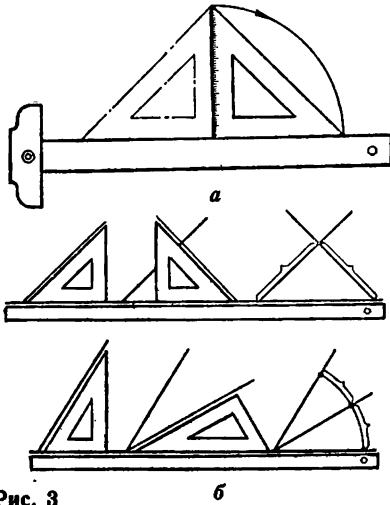


Рис. 3

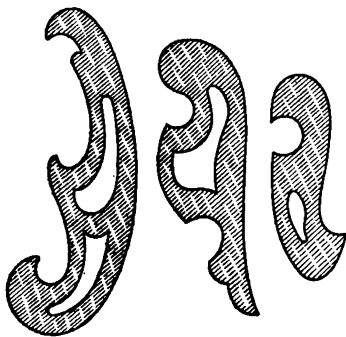
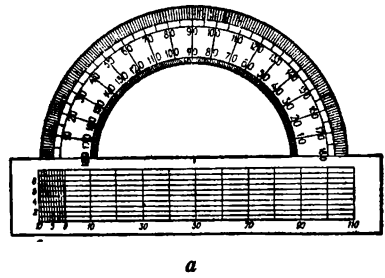


Рис. 4

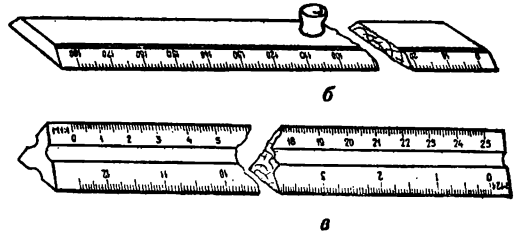


Рис. 5

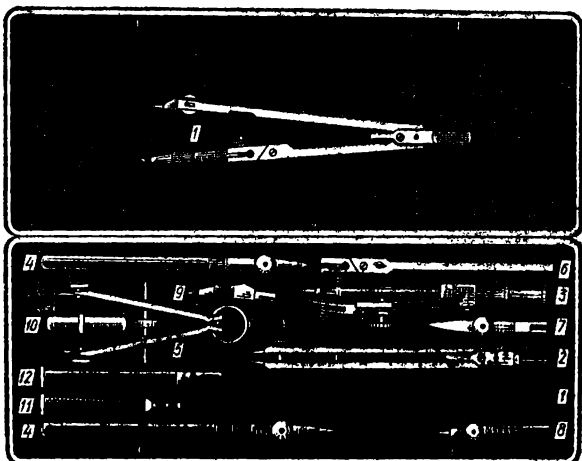


Рис. 6

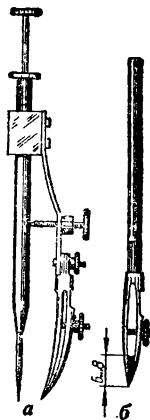


Рис. 7

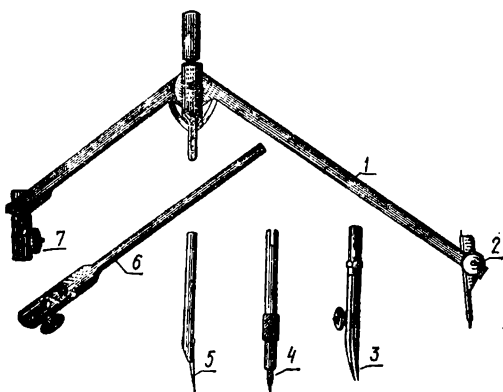


Рис. 8

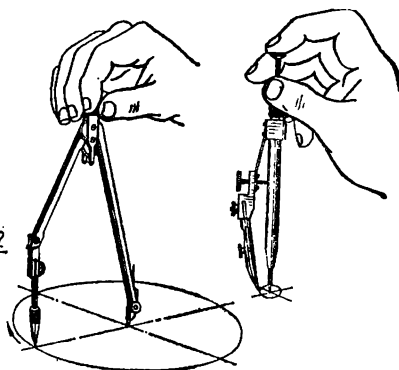
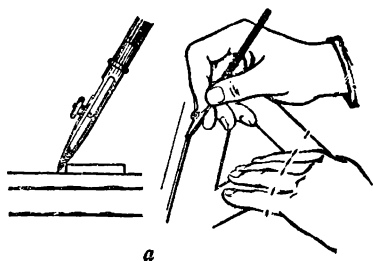
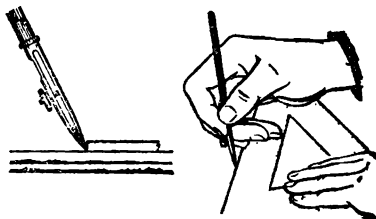


Рис. 9



а



б

Рис. 10

прямого кута перевіряють так, як показано на рис. 3, *а*: приклавши катет косинця до ребра рейшини, проводять уздовж другого катета лінію, потім косинець перевертають навколо прямого кута і перевіряють, чи збігається проведена лінія з катетом косинця. Якщо ця умова виконується, прямий кут косинця зроблено правильно. На рис. 3, *б* показано, як перевірити кути 45 і 30°.

Лекала (рис. 4) являють собою фігурні лінійки з криволінійним контуром. Застосовують їх для проведення кривих ліній, коли задано ряд точок, які не можна сполучити за допомогою циркуля. Для роботи треба мати набір лекал. Як користуватися ними, описано в § 7.2.

Транспортир (рис. 5, *а*) призначено для вимірювання і побудови кутів. Як користуватися транспортиром, описано в § 5.4.

Масштабна лінійка (ГОСТ 17435—72) має дві шкали — міліметрову і дюймову (рис. 5, *б*, *в*). Скошені боки лінійки дають змогу безпосередньо переносити розміри на креслення.

Готовальня (ГОСТ 6100—68) — це набір креслярських інструментів, укладених у спеціальний футляр (рис. 6). У ній є такі інструменти: циркуль 1, циркуль-вимірник 2, кронциркуль 3, рейсфедер 4, вимірник 5, подовжувач 6, коловий рейсфедер 7, вставка 8 з голкою, вставка 9 кронциркуля, футляр 10 з запасними голками, викрутка 11 і ручка 12 рейсфедера.

Невеликі кола діаметром до 10 мм креслять кронциркулем (рис. 7, *а*). Циркуль (рис. 8) використовують для креслення більших кіл і дуг. Опорна ніжка 1 циркуля закінчується голкою, закріпленою гвинтом 2. Друга ніжка має затискач для змінних вставок з гвинтом 7. Є три види вставок. Вставку 4 застосовують для креслення кіл олівцем, вставку 3 з коловим рейсфедером — для креслення тушшю, вставка 5 дає змогу використовувати циркуль як вимірник. Для креслення кіл великих діаметрів застосовують проміжну вставку-подовжувач 6. На рис. 9 показано, як треба тримати циркуль і кронциркуль під час роботи.

Рейсфедер використовують для креслення прямих ліній тушшю. Нагадаємо деякі правила користування ним: *а*) заповнювати рейсфедер тушшю слід за допомогою пера на висоту не більш як 6... 8 мм (рис. 7, *б*); *б*) засохлу туш змивати теплою водою і ступки рейсфедера обтирати ганчіркою; *в*) тримати рейсфедер під час роботи треба в площині, перпендикулярній до площини креслення, з нахилом $\sim 75^\circ$ до лінії, що проводиться. Неправильне тримання рейсфедера під час обведення креслення показано на рис. 10, *а*, *б*. Прямі лінії креслять у напрямі зліва направо або знизу вгору. Двічі наводити ту саму лінію не рекомендується. Стовщувати лінії треба так, щоб не змінювались розміри предмета.

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.

Кнопками закріплюють на дошці папір. На рис. 2, *а* показано, як при закріплюванні розправляють аркуш.

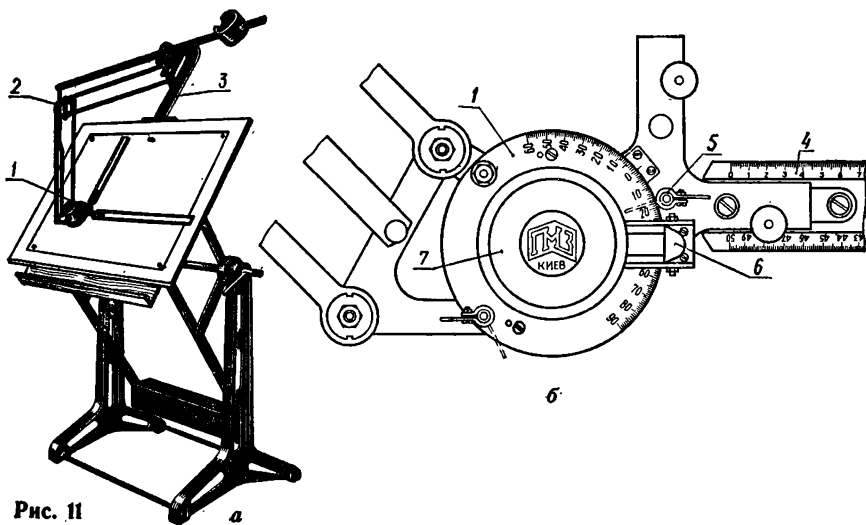


Рис. 11

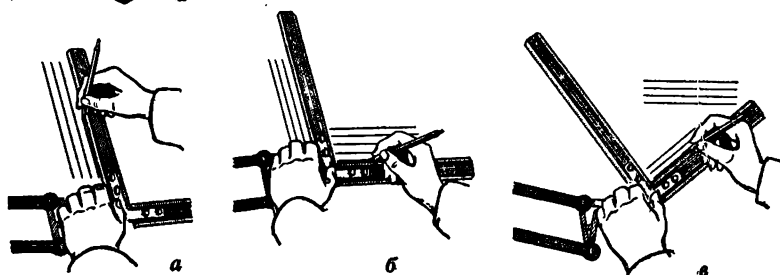


Рис. 12

Креслярське приладдя. Щоб прискорити процес креслення, застосовують універсальний креслярський стіл з механічною рейшиною. Він складається з підставки, креслярської дошки і механічної рейшини, яку закріплено на дошці кронштейном 3 (рис. 11, а). Сама механічна рейшина складається з важільного пристрою, побудованого на принципі подвоєного 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 закріплюють і головку рейшини. 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. 11, б), можна повернути головку 7 і утворити потрібний кут відносно горизонтального напрямку. Кут відлічують по поділках транспортира, нанесених на нерухомому диску 1. Заскочка 6 під дією пружини автоматично фіксує положення лінійок 4 через кожні 15° . Щоб закріпити головку рейшини на інших поділках транспортира, користуються гайкою-баранчиком 5.

ється у вибраному. Наприклад, формат 24 має 2×4 , тобто 8, форматів 11 і розміри його сторін дорівнюють: $297 \times 2 = 594$ мм і $210, 25 \times 4 = 841$ мм.

Крім основних допускається застосовувати додаткові формати, які утворюються збільшенням сторін основних форматів на величину, кратну розміру 297 або 210 мм. Наприклад, формат 23 складається з шести форматів 11 і має розміри сторін 594 і 631 мм.

Рамку креслення виконують основною суцільною 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 і брошурування креслень і документів.

Кожне креслення і конструкторський документ повинні мати основний напис. Його розміщують у правому нижньому кутку формату і виконують за ГОСТ 2.104—68. Напис — це своєрідна характеристика креслення, в якій наводять найважливіші відомості про предмет: його назву, матеріал, з якого його виготовлено, масштаб та ін.

На рис. 14, а зображено основний напис за формою 1 (ГОСТ 2.104—68). У графі 1 пишуть назву креслення; у графі 6 — масштаб зображення; у графі 9 — скорочену назву технікуму і групи; у графі 11 — прізвища тих, хто креслив і перевіряв креслення; у графі 12 — підписи їх; у графі 13 — дату виконання креслення і дати підписів; у графі 2 — позначення креслення. Так, позначення «КМТЧ. 061203.000» означає: Київський механічний технікум, креслення, тема 6, варіант 12, робота № 3. Докладніше про позначення і основний напис викладено у § 23.8.

На рис. 14, б наведено приклад виконання основного напису на навчальному кресленні.

2.2. Лінії креслення

Лінії, які застосовують для виконання креслення, їх призначення, проведення і співвідношення товщин установлені ГОСТ 2.303—68. Відповідно до цього стандарту в кресленні бувають лінії трьох типів: суцільні, штрихові та штрих-пунктирні (рис. 15).

Товщина ліній на кресленні має бути кратною вибраній товщині s суцільних основних ліній, яка змінюється в межах 0,6 ... 1,5 мм залежно від величини, складності і призначення креслення.

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

Суцільну основну лінію завтовшки s застосовують для наведення видимого контуру 2 (рис. 16), для видимих ліній переходу і для обведення контурів 8 винесених перерізів.

Суцільну тонку лінію виконують завтовшки $s/3$... $s/2$. Застосовують її для розмірних 5 і виносних 4 ліній, для штрихування 10 розрізів і перерізів, для ліній-виносів 11, для контурів 16 накладених перерізів, для ліній 6 згину на розгортках, для осей 15 проєкцій, слідів 14 площин, ліній 13 побудови точок та ін.

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

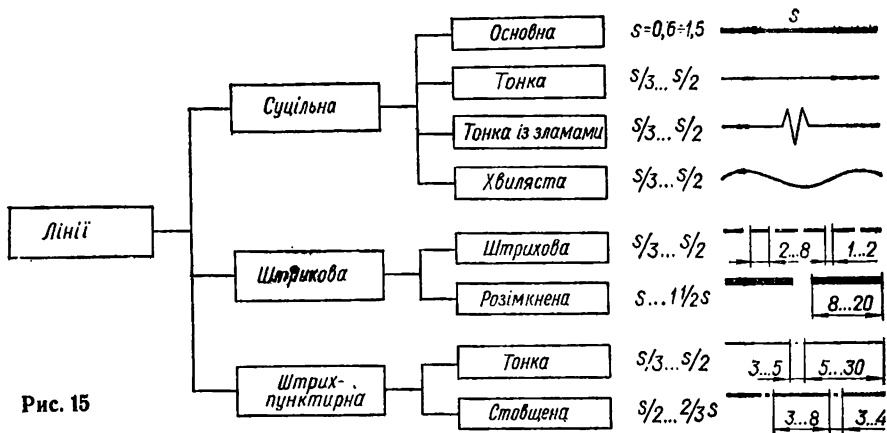


Рис. 15

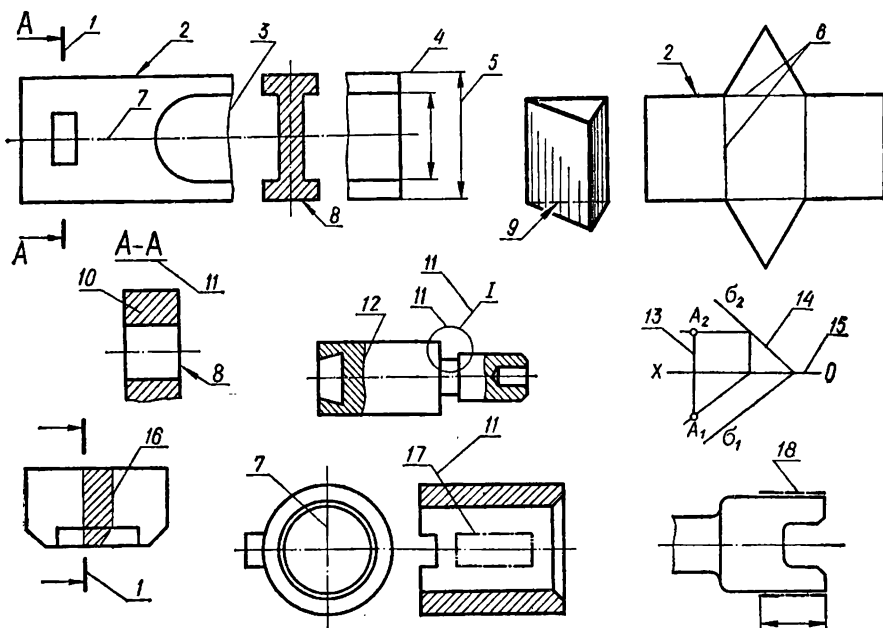


Рис. 16

Суцільна тонка лінія із зламами має товщину $s/3 \dots s/2$ і застосовується для виконання довгих ліній обриву.

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

Розімкнена лінія має товщину $s \dots 1\frac{1}{2}s$ і застосовується лише для позначення місця січної площини 1 в перерізах і розрізах. Довжина штрихів цієї лінії — $8 \dots 20$ мм.

На рис. 12 зображено різні приклади проведення ліній за допомогою механічної рейшини.

Підготовка робочого місця учня. Успіх у роботі значною мірою залежить від підготовки робочого місця. По-перше, слід звернути увагу на освітлення. Найкраще креслити при денному світлі. Світло природне або штучне (електричне) повинно падати на креслення зліва і зверху. Бажано, щоб світло було розсіяне і на креслення не падали прямі сонячні промені. Електричні лампи розміщують так, щоб тіні від креслярського приладдя і від учня не заважали працювати. Освітлення не повинно бути надто яскравим, але не повинно бути й слабким, щоб не доводилось напружувати зір.

Приладдя та інструменти розміщують перед креслярською дошкою або праворуч від неї. На дошці повинні лежати лише ті інструменти, які у цей час потрібні учневі для роботи.

З погляду фізіологічного розвитку учня, збереження зору і підвищення продуктивності праці велике значення має правильне положення і поза учня за креслярським столом. Треба додержувати таких загальних правил:

а) відстань від очей учня до аркуша паперу має становити 300—400 мм;

б) не можна спиратися грудьми на стіл; відстань між грудьми і партою має бути 40—60 мм;

в) треба сидіти прямо, голову і плечі тримати рівно, не сутулитись;

г) під час роботи стоячи лікті не повинні торкатися дошки; ноги треба ставити на підлогу всією ступнею.

Перед початком роботи слід протерти сухою ганчіркою лінійки, косинці, креслярську дошку, перевірити інструменти, застругати олівці, заправити циркуль графітовим стержнем тощо. Щоб не забруднювати креслення, перед початком роботи треба добре вимити з милом руки, а аркуш прикривати білим папером у тих місцях, де не працюють. Зберігати інструменти треба в сухому місці.

§ 2. ОСНОВНІ ВІДОМОСТІ ПРО ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

2.1. Формати (ГОСТ 2.301—68).

Форматом називається розмір аркуша креслення або іншого конструкторського документа.

Формат визначається розмірами зовнішньої рамки, яку виконують тонкою суцільною лінією (рис. 13). Формати поділяють на основні (табл. 1) і додаткові. Формат 44 з розмірами сторін 1189×841 мм має площу 1 м^2 . Кожен наступний основний формат утворюють діленням попереднього формату навпіл, причому ділення виконують паралельно меншій стороні формату. Позначення формату складається з двох цифр, перша з яких показує кратність однієї сторони до величини 297 мм, а друга — кратність другої сторони до величини 210 мм. Добуток цих цифр показує, скільки форматів $11 (297 \times 210 \text{ мм})$ вміщу-

Основні формати

Позначення формату	44	24	22	12	11
Розміри сторін формату, мм	1189×841	594×841	594×420	297×420	297×210

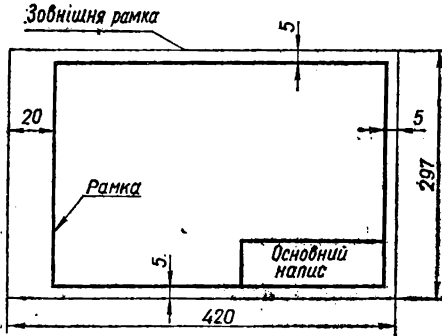
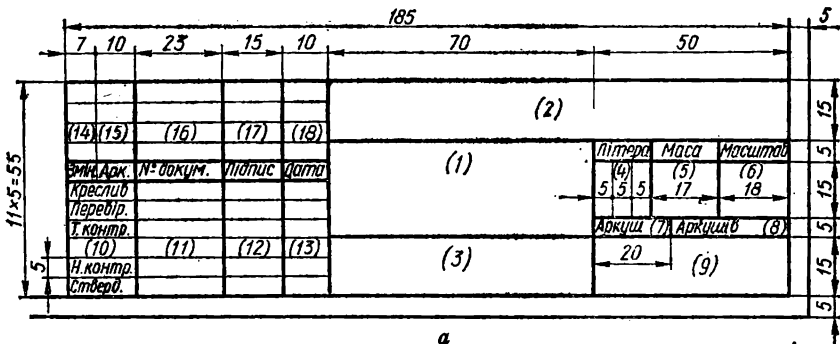


Рис. 13

3



а

				КМТ 4.061203.000		
Зміст Арк.	№ докум.	Літер	Дата	Літера	Маса	Масштаб
Креслив	Лопіш Г.	Латр	10.4.76			1:1
Перевір	Летров І.	Латр	10.4.76	Аркуші	Аркуші	1
І.контр.				КМТ		
І.контр.				Гр. МТ-13		
Стверд.						

б

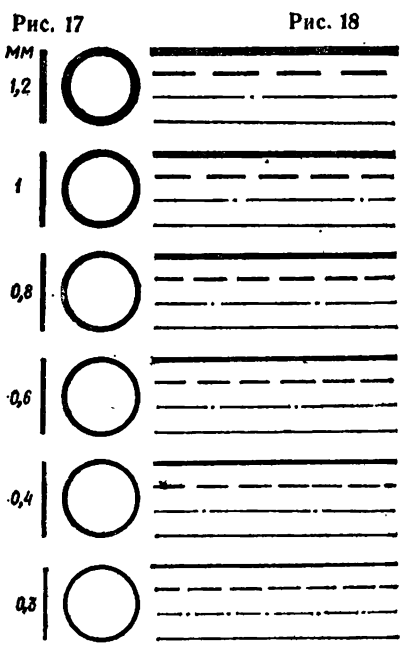
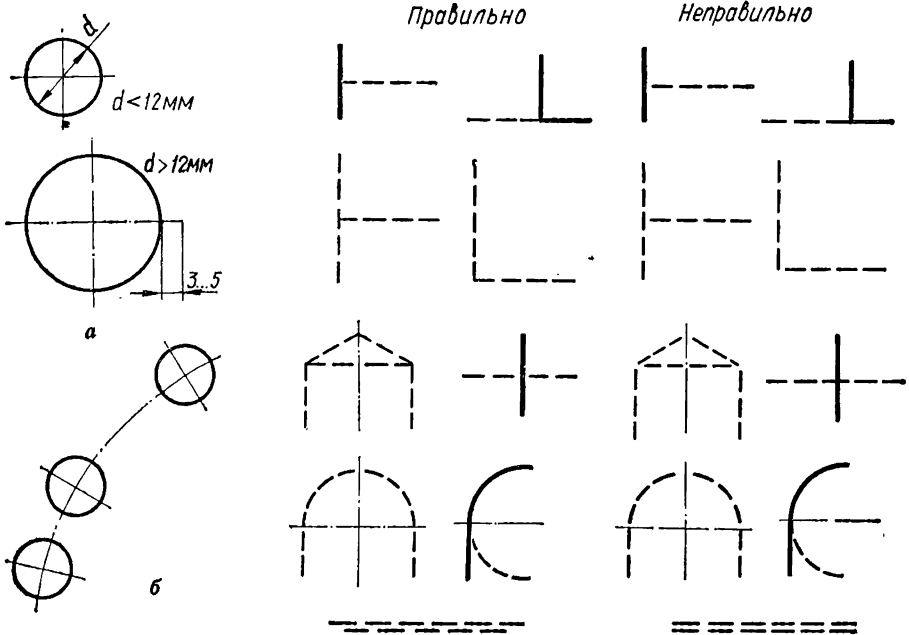


Рис. 18

Штрих-пунктирні лінії поділяють на тонкі і товсті.

Тонка штрих-пунктирна лінія має товщину $s/3 \dots s/2$ і застосовується для зображення центрових та осевих ліній 7, ліній симетрії, для зображення розгортки, суміщеної з виглядом, тощо. Довжину штрихів беруть у межах $5 \dots 30 \text{ мм}$, а відстань між штрихами — $3 \dots 5 \text{ мм}$.

Штрих-пунктирну товсту лінію завтовшки $s/2 \dots 2/3s$ застосовують для позначення в розрізах елементів 17, розміщених перед січною площиною (так званих «накладених проєкцій»), для позначення поверхні 18, що підлягає термообробці або покриттю.

Штрихи в штрихових і штрих-пунктирних лініях треба проводити однакової довжини. Штрих-пунктирні лінії повинні закінчуватися штрихами, а не точками (рис. 17, а, б). Центр кола позначають перетином штрихів (рис. 17). У колах діаметром до 12 мм центрові лінії слід

виконувати суцільними тонкими (рис. 17, а). На рис. 18 наведено приклади правильного і неправильного виконання перетину ліній різних типів. На рис. 19 зображено лінії різної товщини.

2.3. Прийоми і способи проведення ліній

Горизонтальні лінії креслять за допомогою рейсшини (рис. 20, а). Олівець треба тримати біля загостреного кінця трьома пальцями (великим, середнім і вказівним) з деяким нахилом до лінії, що мають провести. Олівець повинен бути трохи відхилений від виконавця, щоб графіт притискався до ребра лінійки. Під час проведення лінії мізинець правої руки торкається рейсшини і ковзає по ній. Лінії проводять зліва направо. Для проведення ряду паралельних ліній рейсшину переміщують по лівій стороні дошки, притискуючи головку до краю дошки. Горизонтальні лінії можна креслити за допомогою косинця і лінійки або двох косинців (рис. 21, а). У цьому разі лінійка і лівий косинець відіграють роль напрямних приладів.

Вертикальні лінії креслять звичайно за допомогою рейсшини і косинця (рис. 20, б). На рисунку показано, як при цьому треба тримати руки. Лінії проводять знизу вгору. Для проведення вертикаль-

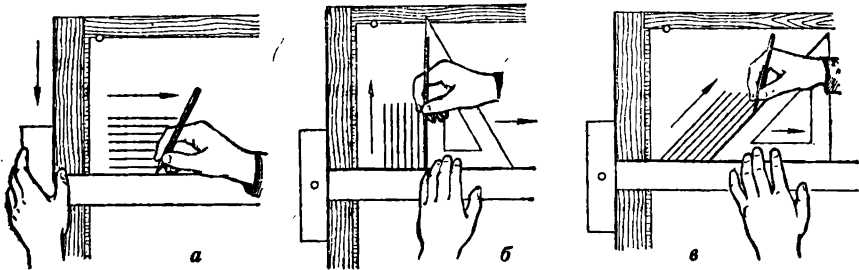


Рис. 20

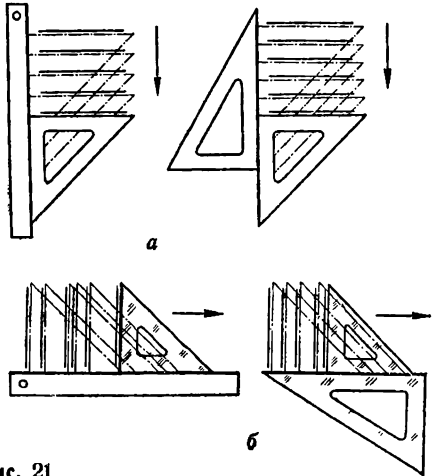


Рис. 21

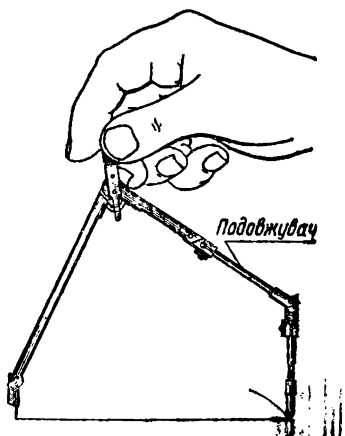


Рис. 22

них ліній можна використовувати лінійку і косинець або два косинці (рис. 21, б).

Паралельні похилі лінії найчастіше креслять на перерізах деталі (так звані лінії штриховки). Виконують їх під кутом 45° до горизонтального напрямку, використовуючи рейсшину і косинець (рис. 20, в), причому правила виконання цих ліній такі самі, як і для вертикальних.

Для побудови ліній криволінійного контуру використовують циркуль або лекала. У ніжку циркуля вставляють графіт марки Т або 2Т, а для остаточного наведення креслення — марки М або ТМ. Треба правильно загострювати кінець графіту. Перш ніж провести коло, треба накреслити центрові лінії, стежачи, щоб штрихи в центрі обов'язково перетиналися. Коло креслять обертанням циркуля за рухом годинникової стрілки, трохи нахиливши циркуль уперед у напрямі руху олівця. На рис. 22 показано, як тримати циркуль правою рукою під час роботи.

2.4. Обведення креслення

Перед остаточним обведенням креслення олівцем треба м'якою гумкою видалити з аркуша всі зайві лінії, а також плями, що утворилися від доторкання до креслення пальцями або креслярським приладдям. Лінії креслення слід обводити в такій послідовності: а) осьові і центрові лінії; б) лекальні криві; в) кола і дуги; г) горизонтальні прямі; д) вертикальні прямі; е) похилі лінії.

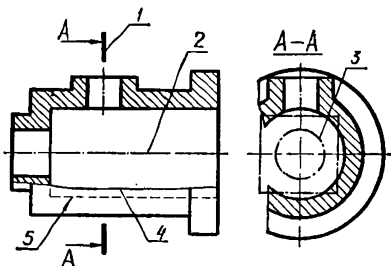
Готуючись до роботи, загострюють кілька олівців різної твердості: один — для обведення ліній видимого контуру, другий — для штрихових ліній невидимого контуру, третій — для тонких штрихпунктирних ліній та ін. Не рекомендується по тому самому місцю проводити олівцем два рази і більше, бо лінії будуть неоднакової товщини.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що називається форматом?
2. Які основні формати встановлені за ГОСТ 2.301—68? Які їх розміри?
3. Які формати називаються додатковими? Який розмір формату А6?
4. Які розміри рамки креслення? Які розміри основного напису?
5. Назвіть основні типи ліній, що застосовуються при виконанні креслень.
6. В яких межах вибирають товщину s основної суцільної лінії?
7. Яке застосування на кресленні має тонка суцільна лінія?
8. Назвіть співвідношення товщин ліній різних типів залежно від товщини s основної суцільної лінії.
9. У чому відмінність центрових ліній для кіл діаметром 50 і 8 мм?
10. В яких межах дозволяється вибирати довжину штрихів і проміжків між ними для штрихової і штрих-пунктирної ліній?

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Формати. Лінії креслення». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

На кожне запитання треба знайти правильну відповідь з наведених у картці і записати номер. Наприклад, запис «1—6» означає, що на перше запитання правильною є шоста відповідь. На деякі запитання може бути кілька відповідей.



1. Скільки основних форматів передбачає ГОСТ 2.301—68?
2. Які розміри сторін формату 24?
3. Скільки форматів ІІ уміщується у форматі 62?
4. Як називається лінія, позначена цифрою 2?
5. Яке призначення має тонка суцільна лінія?
6. Яка товщина лінії 1 залежно від товщини s основної лінії?
7. Які проміжки між штрихами беруть у лінії 5?

8. Як називається лінія, позначена цифрою 4?
9. Яке призначення має суцільна хвиляста лінія?
10. Якої довжини можна брати штрихи в лінії 3?

Відповіді

- | | | |
|-----------------------|------------------------------|---|
| 1. 6 | 19. $s/2$ | 35. Лінії штриховки |
| 2. 4 | 20. $s/3 \dots s/2$ | 36. Розмірна і виноска |
| 3. 12 | 21. $s/3 \dots s$ | 37. Лінія згину на розгортках |
| 4. 8 | 22. $s \dots 1\frac{1}{2}s$ | 38. Лінія перерізу |
| 5. 5 | 23. $s/3$ | 39. Лінія накладеної проєкції |
| 6. 297×420 | 24. $\frac{2}{3}s \dots s$ | 40. Центрова лінія |
| 7. 594×420 | 25. Суцільна основна | 41. Лінія-виноска |
| 8. 594×841 | 26. Суцільна тонка | 42. Лінія переходу видима |
| 9. 1783×841 | 27. Суцільна хвиляста | 43. Лінія контуру винесеного перерізу |
| 10. 594×1783 | 28. Штрихова | 44. Лінія невидимого контуру |
| 11. 2 ... 6 | 29. Штрих-пунктирна тонка | 45. Лінія обриву |
| 12. 3 ... 8 | 30. Штрих-пунктирна товстона | 46. Лінія розгортки, суміщеної з виглядом |
| 13. 2 ... 10 | 31. Розімкнена | |
| 14. 1 ... 2 | 32. Суцільна | |
| 15. 10 ... 20 | 33. Основна | |
| 16. 5 ... 30 | 34. Лінія видимого контуру | |
| 17. 8 ... 12 | | |
| 18. 1 ... 8 | | |

§ 3. КРЕСЛЯРСЬКИЙ ШРИФТ

3.1. Розміри стандартного шрифту

Зображення на кресленнях доповнюють написами, які виконують креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304 — 68. У стандарті наведено основні відомості щодо конструкції букв і цифр, встановлено їх висоту, ширину, товщину обведення, відстань між буквами, рядками та інші елементи, які дають змогу чітко, охайно і досить красиво виконувати написи.

Шрифт алфавіту поділяється на основний з нахилом (рис. 23, а), широкий з нахилом (рис. 23, б) і прямий без нахилу. Відмінність широкого шрифту від основного полягає не у висоті і не в конструкції букв, а лише в ширині. На рис. 24, а зображено широкий шрифт латинської алфавіту, на рис. 24, б — арабські цифри широкого, а на рис. 24, в — основного шрифтів.

ІМБ. № -98508-



Рис. 23

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.

Розміри шрифту. Висота букв. ГОСТ 2.304—68 установлює такі розміри шрифту: 40; 28; 20; 14; 10; 7; 5; 3,5; 2,5. Розміром шрифту називається висота h великих букв у міліметрах. Отже, висота великих букв шрифту розміру 10 дорівнює 10 мм, розміру 5 — відповідно 5 мм і т. д. Висота h_1 малих букв становить $\frac{5}{7}$ висоти великих букв ($h_1 = \frac{5}{7} h$), 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, в, д, р, у, ф, яка дорівнює висоті h великих букв, або, що те саме, розміру шрифту, застосованого для написів.

На рис. 25 написано слово «Турбіна» шрифтом розміру 7. Висота великої букви Т і малих букв у, р, б дорівнює 7 мм, а решти малих букв — 5 мм.

Ширина букв (табл. 2). Ширина b великих букв дорівнює $\frac{4}{7}h$ для основного і $\frac{5}{7}h$ для широкого шрифтів. Винятком становлять букви



Рис. 24

А, Ж, М, Ф, Ш, Щ, Ы, Ю і цифра 1. Ширина b_1 букв Ж, Ф, Ш, Щ, Ы і Ю відповідно дорівнює $6/7h$ для основного і h для широкого шрифтів. Проміжне положення займають букви А і М, ширина b_2 яких дорівнює $5/7h$ для основного і $6/7h$ для широкого шрифтів. Ширина b_3 цифри 1 дорівнює $2/7h$.

Таблиця 2

Ширина букв і цифр

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



Рис. 25

Наприклад, для шрифту розміру 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 1 для шрифту розміру 10 становить 2,9 мм.

Ширина b_4 більшості малих букв, крім ж, м, т, ф, ш, щ, ы, ю, дорівнює $3/7h$ для основного і $4/7h$ для широкого шрифтів. Ширина b_5 букв ж, т, ф, ш, щ, ы, ю становить для основного шрифту $5/7h$ і для широкого — $6/7h$. Особливо стоїть буква м, ширина якої становить відповідно $4/7h$ і $5/7h$.

Товщину *s* ліній для обведення букв і цифр беруть у межах $1/7... 1/10h$. 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.

Інші конструктивні розміри шрифту. Відстань A між суміжними буквами в словах і між цифрами в числах повинна становити $2/7h$, а відстань A_1 між словами і між числами — не менше ширини букв тексту. Відстань A_2 між основами рядків беруть не меншою $1,5h$, тобто не менш 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 менш як 10 мм, а відстань між основами рядків — не менш як 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 А, Т і Л (рис. 25) тощо. У цих випадках ГОСТ рекомендує зменшувати відстані між буквами до $1/7h$, щоб позбавитися зорових розривів. На рис. 25 у словах «Верстат» і «Гараж» зменшено відстані між Т і А, Г і А, Р і А.

3.2. 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 елемен-

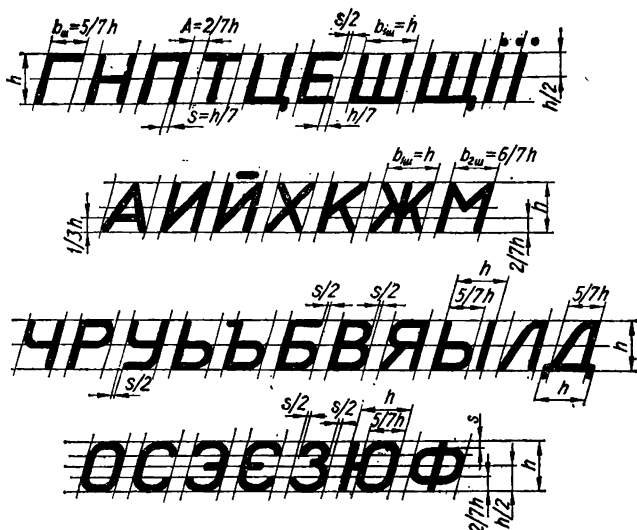


Рис. 26.

тів букв і цифр відносно паралелограма сітки, в якій їх розміщено. Великі і малі букви алфавіту поділяють на кілька характерних груп, кожену з яких вивчають окремо.

Написання великих букв (рис. 26). 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 І — s . Нижні відростки букв Ц і Щ виконують за рахунок проміжків між буквами і рядками; вони виступають за межі паралелограма на величину товщини s обведення букви.

Букви другої групи — А, И, Й, Х, К, Ж, М — 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 $2/7 h$ від нижньої лінії рядка. Буква Ж за конструкцією — це подвоєна буква К.

Букви третьої групи — Ч, Р, У, Ъ, Ь, В, Я, Ы, Л, Д — утворені горизонтальними, похилими і криволінійними елементами. Середні горизонтальні елементи розміщені точно посередині рядка. У буквах, що мають заокруглення (Р, Ъ, Ь, В, Ъ, Я, Ы), горизонтальні елементи проводять тільки до середини ширини букви, а потім від руки виконують заокруглення. Похилий елемент букви Я виконують у напрямі діагоналі паралелограма. Верхню горизонтальну поличку букви Ъ, нижню — букви У і верхній заокруглений елемент букви В не доводять до кінця на величину $s/2$. У буквах Л і Д лівий похилий елемент іде з нижнього кута паралелограма до середини верхньої

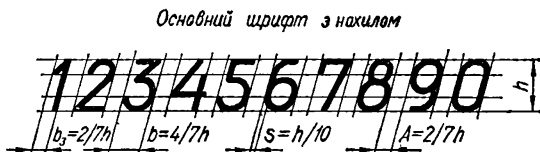
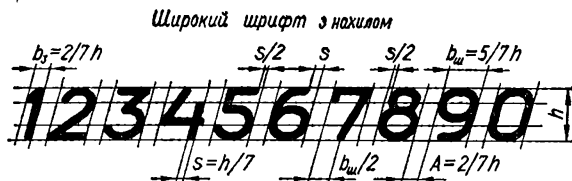


Рис. 27

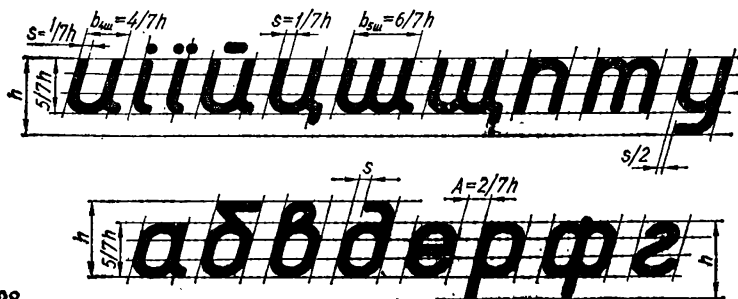


Рис. 28

лінії. Відростки букв Д і Ъ виконують за рахунок проміжків між буквами і рядками. Рекомендується спочатку креслити прямолінійні елементи букв, а потім — криволінійні.

Букви четвертої групи — О, С, Э, Е, 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 Э, Е, 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 відстоять від крайніх ліній рядка на величину s . 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 потім лише праву її половину.

Написання цифр і чисел (рис. 27). Висота цифр дорівнює висоті великих букв. Співвідношення висоти і ширини, товщина ліній, відстані між цифрами тощо такі самі, як і для великих букв. Виняток становить цифра 1, ширина якої дорівнює $2/7 h$. Зверніть увагу на відмінність між цифрою 3 і буквою 3. Верхній елемент цифри не має заокруглення, а складається з прямолінійних елементів.

Написання малих букв (рис. 28). Тільки 18 малих букв мають конструкцію, відмінну від великих букв, а саме: а, б, в, г, д, е, и, і, ї, й, п, р, т, у, ф, ц, щ, щ. Поділимо ці букви на дві групи.

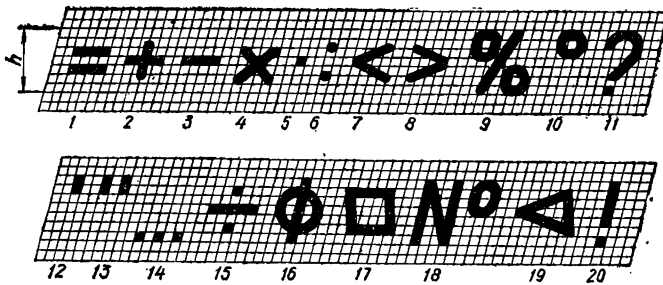


Рис. 29

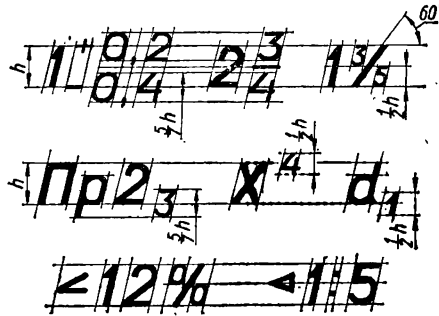


Рис. 30

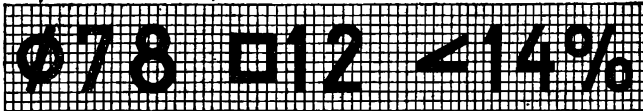


Рис. 31.

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

До другої групи належать букви а, б, в, д, е, р, ф, в основі побудови яких лежить буква о. У букви е горизонтальний елемент проходить посередині висоти рядка. Збільшену висоту (h) мають букви б, в, д, р, ф. 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.

Написання деяких знаків. На рис. 29 показано написання знаків, які зустрічаються в кресленні, а саме: рівність — 1; плює — 2; мінус —

3; множення — 4 і 5; ділення — 6; менше — 7; більше — 8; процент — 9; градус — 10; знак запитання — 11; хвилина — 12; секунда і лапки — 13; від... до — 14 і 15; діаметр — 16; квадрат — 17; номер — 18; конусність — 19; знак оклику — 20. Конструкція цих знаків зрозуміла з рисунка.

На рис. 30 наведено приклади виконання написів цифрами і знаками основним шрифтом з нахилом, а на рис. 31 буквами без нахилу написано слово «Трактор» та деякі цифри і знаки.

3.3. Прийоми виконання написів креслярським шрифтом

Щоб добре виконувати написи стандартним шрифтом, треба твердо знати правила виконання шрифтів, конструкцію кожної букви та цифри і 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. Учням слід виконувати спрощену допоміжну сітку, яка складається з горизонтальних і похилих ліній. Горизонтальних ліній проводять п'ять: крайні, відстань між якими дорівнює висоті букви, середню і 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.

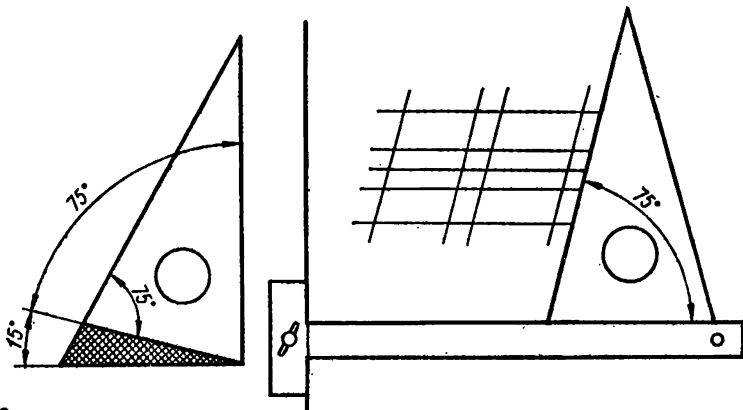


Рис. 32

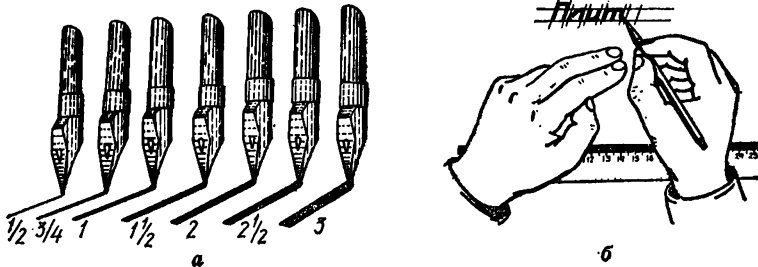


Рис. 33

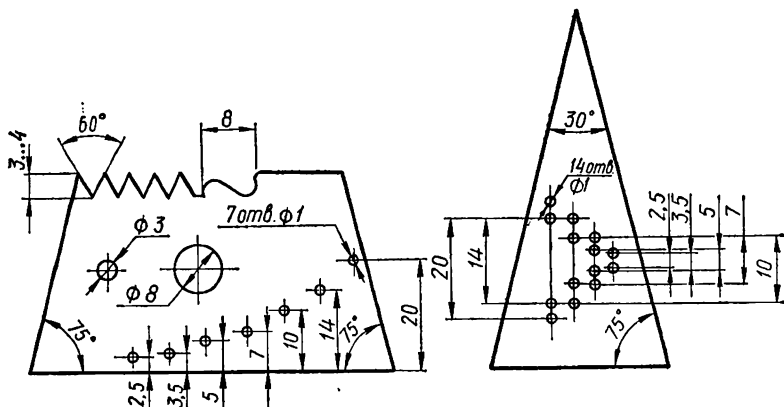


Рис. 34

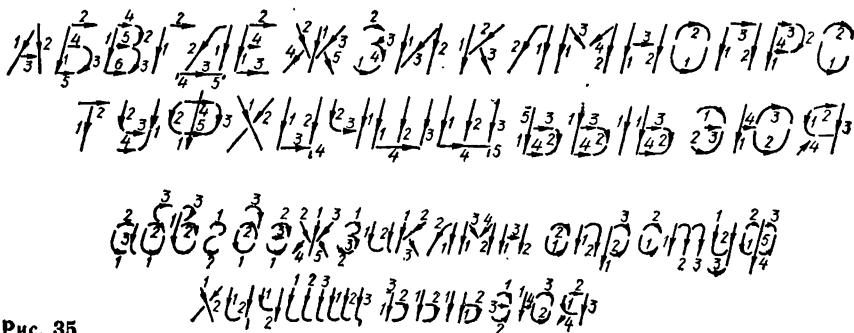


Рис. 35

Щоб спростити розмічання 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 нижньої 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. 32).

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 і знаків, додержуючи правил їх написання. Пересвідчившись у правильному нахилі і написанні, переходять до їх обведення. Обводити «кістяк» шрифту треба так, щоб потовщення відбувалось за рахунок намічених габаритних розмірів кожної букви і цифри, тобто не збільшуючи їх ширини і висоти. Спочатку обводять похилі і горизонтальні елементи, потім — прямолінійні і 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.

Роблячи написи тушшю, використовують спеціальні шрифтові пера^а (рис. 33, а), які випускають під номерами: $\frac{1}{2}$; $\frac{3}{4}$; 1; $1\frac{1}{2}$; 2; $2\frac{1}{2}$; 3, що означають розміри діаметрів пишучих дисків, тобто товщину ліній у міліметрах. Шрифти можна також виконувати тушшю креслярськими трубочками (рис. 33, б). Для виготовлення сітки та розмічання букв і цифр використовують різні шаблони. Два таких шаблони зображено на рис. 34.

Послідовність побудови окремих елементів великих і малих букв показано на рис. 35 цифрами і стрілками.

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. За 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 Л, 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 виконання написів?

§ 4. МАСШТАБИ. НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ

4.1. Масштаб (ГОСТ 2.302—68)

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 ГОСТ 2.302—68 в кресленні дозволяється застосовувати такі масштаби:

Натуральна величина — 1 : 1.

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.

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.

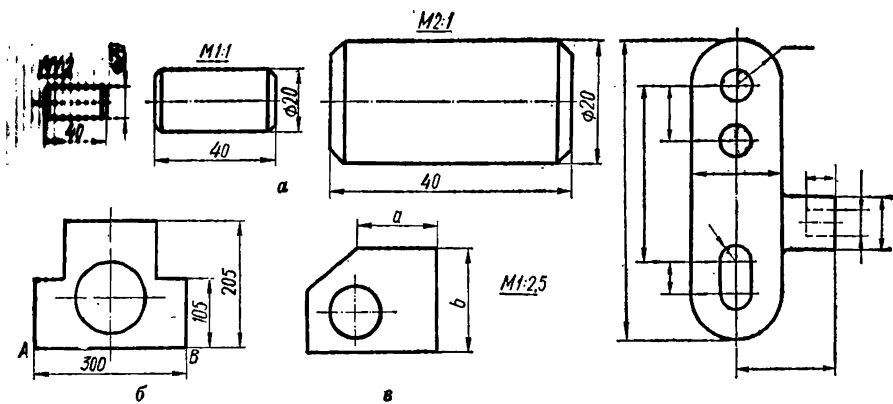


Рис. 36

Рис. 37

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 і під рискою записують масштаб з додатком букви *М*, наприклад: $\frac{\text{Вигляд А}}{М 2 : 1}$.

Правило нанесення розмірів. Незалежно від масштабу розміри на кресленні завжди проставляють справжні (рис. 36, а).

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

1. Визначити масштаб, в якому накреслено пластинку (рис. 36, б).

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

2. Визначити справжню величину відрізків *a* і *b*, якщо позначено масштаб креслення — *М* 1 : 2,5 (рис. 36, в).

Вимірюванням знаходять, що величина *a* становить на кресленні 10,5 мм. Звідси справжня величина відрізка *a* становитиме $10,5 \times 2,5 = 26,25$ мм. Аналогічно знаходять величину відрізка *b* ($b = 34,25$ мм).

4.2. Нанесення розмірів

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

Розміри поділяють на лінійні і кутові. *Лінійні* розміри проставляють у міліметрах, не зазначаючи одиниці вимірювання, а *кутові* — в градусах і секундах 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

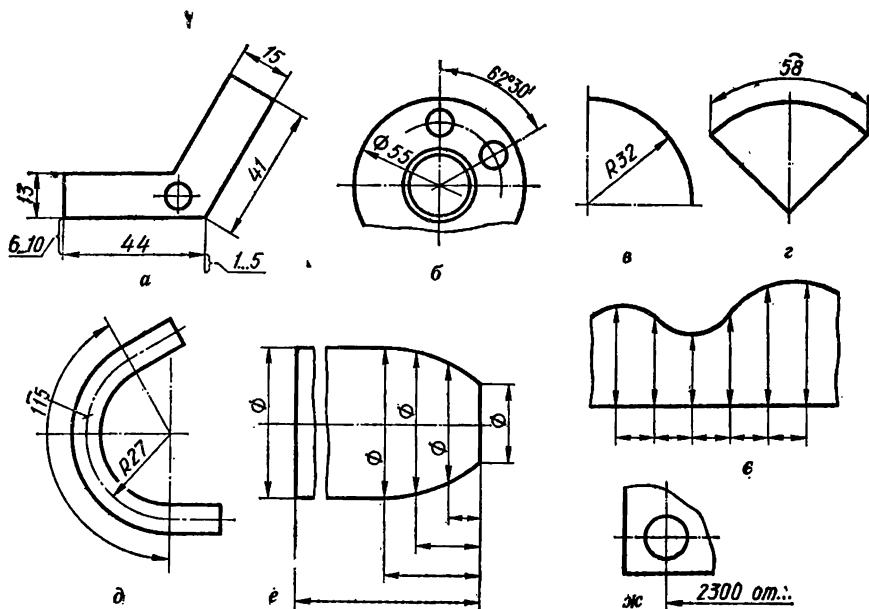


Рис. 38

використовують тільки десяткові дробки. Простий дріб дозволяється застосовувати для розмірів у дюймах, наприклад для позначення трубої і конічної різьб.

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

Розміри, що характеризують три найбільших виміри предмета — довжину, висоту і ширину (товщину), 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. 37).

Рекомендується наносити розмірні лінії поза контуром зображення, розміщуючи їх по можливості справа і знизу від зображення. Розглянемо основні випадки проведення розмірних ліній:

а) наносячи розмір прямолінійного відрізка, розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку і такої самої довжини, а виносні лінії — перпендикулярно до розмірних (рис. 38, а);

б) при нанесенні розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром у вершині кута, виносні лінії йдуть радіально (рис. 38, б);

в) наносячи розмір радіуса, розмірні лінії проводять між дугою або її продовженням і центром дуги (рис. 38, в);

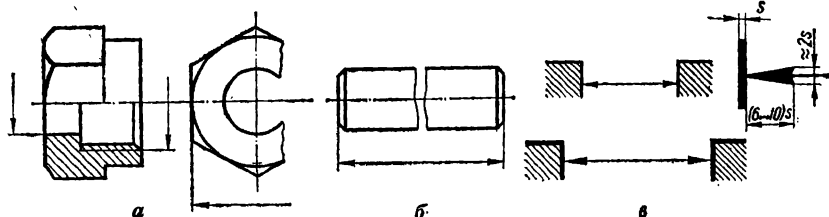


Рис. 39

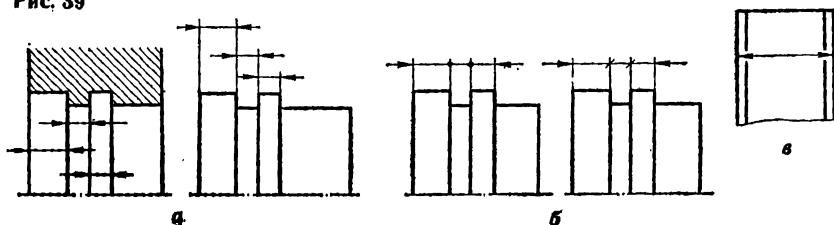


Рис. 40

г) розмірну лінію для нанесення розміру діаметра кола проводять через його центр (рис. 38, б) або паралельно одному з його діаметрів;

д) при нанесенні розміру дуги кола розмірну лінію проводять концентрично контуру дуги, а виносні лінії — паралельно бісектрисі кута; над розмірним числом ставлять знак « \frown » дуги (рис. 38, г). Дозволяється креслити виносні лінії розміру дуги радіально і, якщо потрібно, показувати, якої саме дуги стосується розмір (рис. 38, д).

Розмірні і виносні лінії креслять тонкими суцільними лініями завтовшки $s/3 \dots s/2$. Відстані між паралельними розмірними лініями, а також від розмірної до паралельної їй контурної, осьової або виносної лінії мають бути в межах $6 \dots 10 \text{ мм}$ (рис. 38, 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 $1 \dots 5 \text{ мм}$ (рис. 38, 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. 38, е, є).

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. 39, а). Розмірну лінію проводять з обривом і в таких випадках:

а) при нанесенні діаметра кола незалежно від того, повністю чи частково його накреслено (рис. 38, б). Розмірну лінію слід проводити трохи далі від центра;

б) наносячи розміри від бази, яку не зображено на кресленні (рис. 38, ж).

При розріві зображення розмірну лінію проводять повністю (рис. 39, б).

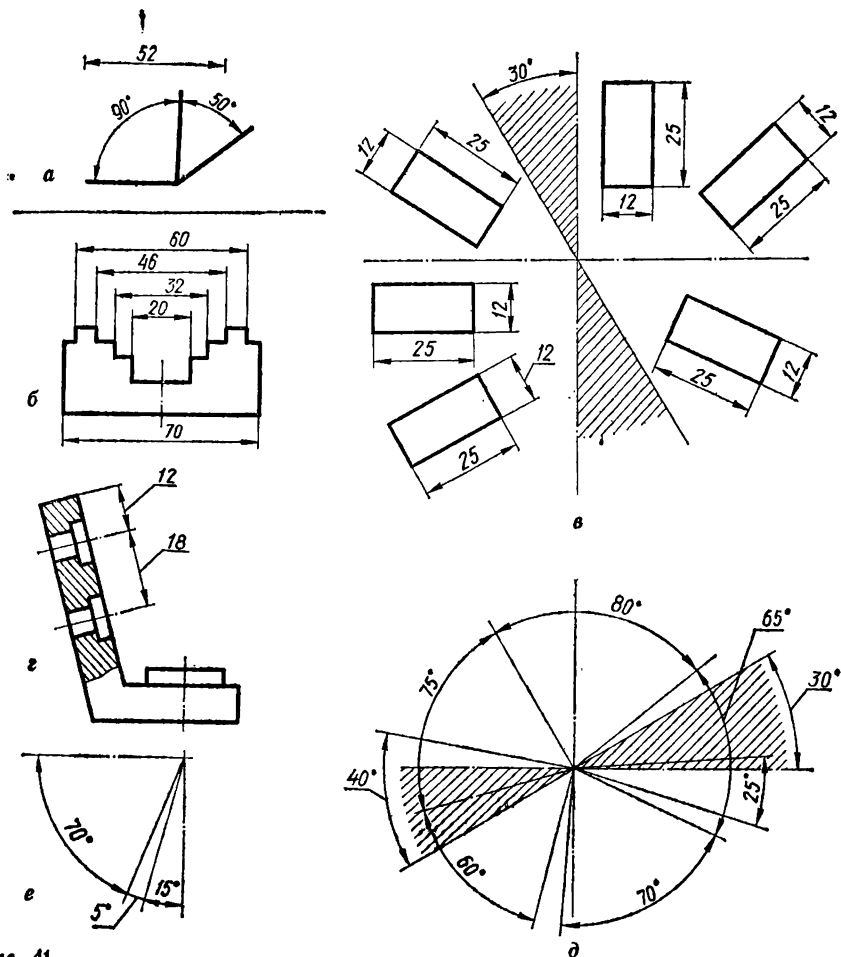


Рис. 41

Стрілки. Розміри стрілок (рис. 39, в) вибирають залежно від товщини лінії видимого контуру: довжина стрілки $l = (6 \div 10) s$, 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 і вістря стрілок спрямувати в бік розмірного числа (рис. 40, а). При послідовному розміщенні чисел у вигляді ланцюжка, коли не вистачає місця, дозволяється замінювати стрілки рисками, напрямленими під кутом 45° , або точками (рис. 40, б).

Якщо стрілка перетинає лінію видимого контуру або виносну, то в цьому місці останні допускається переривати (рис. 40, в).

Розмірні числа слід писати стандартним шрифтом, витримуючи на кресленні один розмір шрифту. Рекомендується шрифт 3,5 або 5. Розмірні числа наносять над розмірною лінією, паралельно їй і яко-

мога ближче до її середини (рис. 41, а). Якщо є кілька паралельних або концентричних розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної, розмірні числа проставляють у шаховому порядку (рис. 41, б).

На рис. 41, 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. 41, г).

На рис. 41, д показано, як проставляти *кутові розміри*. Зверніть увагу на те, що в зоні, розташованій вище від горизонтальної центральної 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 це потрібно, розмірні числа виносять на горизонтально розміщені полички. Розмірні числа кутів малих розмірів дозволяється виносити на поличку незалежно від зони розташування (рис. 41, е).

Якщо над розмірною лінією не вистачає місця (рис. 42, а), розмірні числа пишуть або на продовженні розмірної лінії, або виносять на поличку, розміщену паралельно основному напису креслення. Вибір того або іншого способу залежить від зручності читання креслення.

Не дозволяється розділяти або перетинати розмірні числа будь-якими лініями креслення або наносити ці числа у місцях перетину розмірних, осьових або центрових. Якщо потрібно нанести розмірне число, такі лінії переривають (рис. 42, б). Контурну лінію для нанесення розмірних чисел розривати забороняється. Якщо розмірне число наносять на заштрихованому полі креслення, то штриховку розривають (рис. 42, в).

Розглянемо правила нанесення розмірів найпоширеніших елементів креслень.

Радіуси. Перед розмірним числом радіуса ставлять велику букву *R*. Розмірну лінію проводять з центра дуги (рис. 43, 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. 43, б).

При значній величині радіуса дозволяється наближати центр до дуги кола, а розмірну лінію виконувати із зломом під кутом 90° (рис. 43, в). Якщо немає потреби фіксувати координати центра дуги, то розмірну лінію радіуса можна не доводити до центра або навіть зміщувати її відносно центра (рис. 43, г). Невеликі радіуси зовнішніх або внутрішніх заокруглень наносять так, як показано на рис. 43, д, е.

Діаметри. На кресленні кола завжди треба проставляти розмір діаметра, а не радіуса (рис. 44, а, е). Перед розмірним числом діаметра наносять знак « \emptyset » (рис. 44, в). Для кіл діаметром 12 мм і менших ва 12 мм розмірні стрілки і розмірні числа наносять ззовні кола

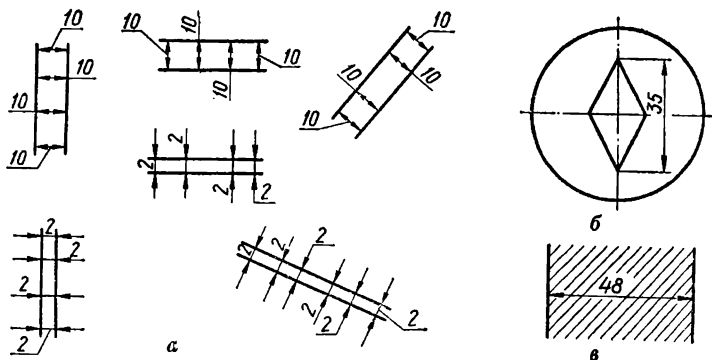


Рис. 42

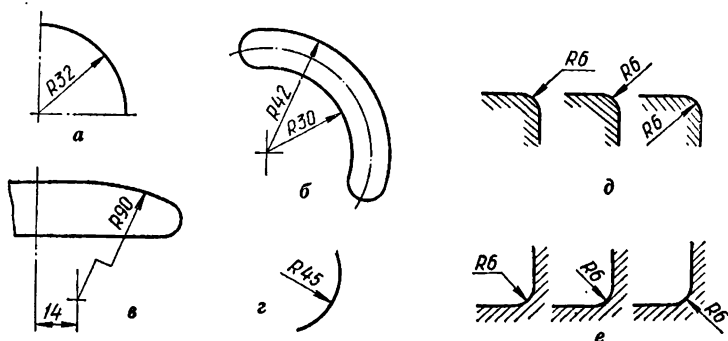


Рис. 43

(рис. 44, д). Розмірну лінію діаметра допускається проводити з обривом (незалежно від того, повністю чи неповністю зображено коло). При цьому її обривають за центром кола (рис. 44, б).

Якщо деталь має кілька однакових круглих отворів, то на поличці лінії-виноски показують розмір діаметра одного отвору із зазначенням їх кількості (рис. 44, е).

Сфера. Перед розмірним числом діаметра або радіуса сфери пишуть знак \varnothing або R ; слово «Сфера» не пишуть (рис. 45, а). Допускається писати слово «Сфера» в тому разі, коли за кресленням важко відізнати сферичну поверхню від інших. У таких випадках слід писати: «Сфера $R\ 30$ » або «Сфера $\varnothing\ 35$ ».

Квадрат. Розміри квадрата наносять так, як показано на рис. 45, б, в.

Конусність і уклон (докладніше див. у § 5.9) 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 « \triangleleft », вершина якого напрямлена в бік вершини конуса (рис. 45, г). Значення конусності пишуть над віссю конуса або на поличці, розміщеній паралельно осі. Перед розмірним числом уклону, поданому у вигляді відношен-

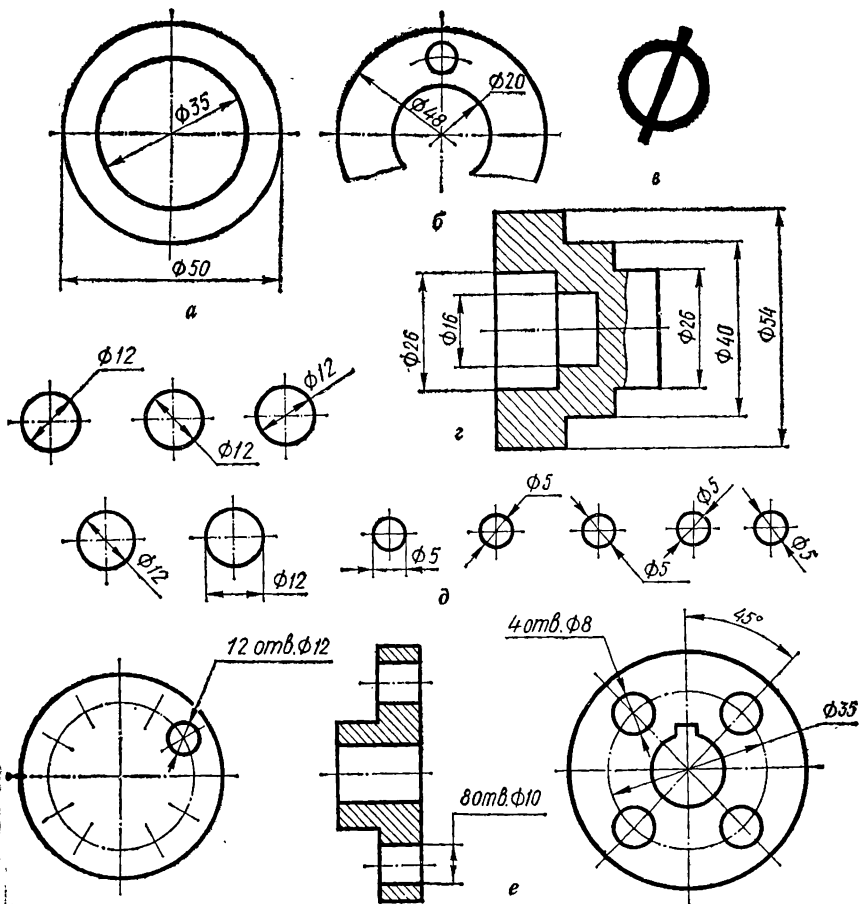


Рис. 44

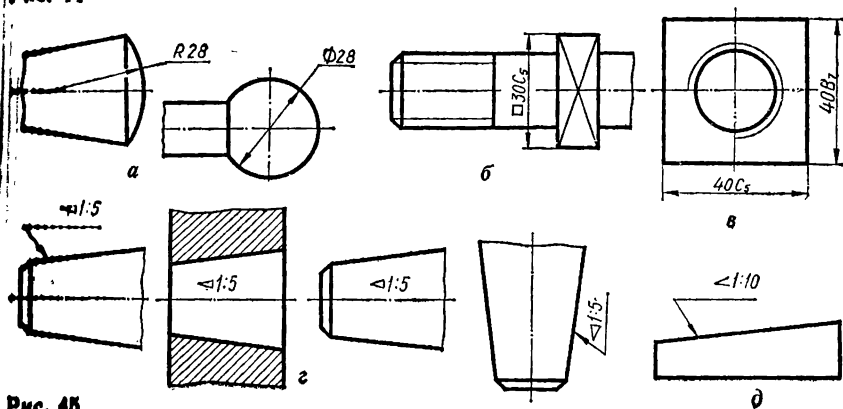
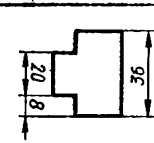
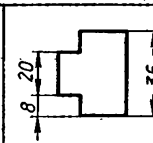
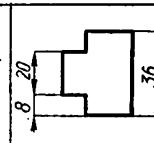
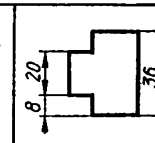
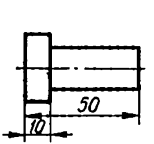
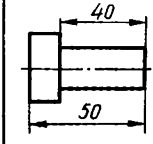
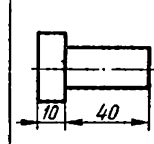
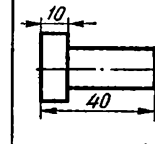
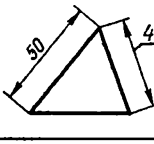
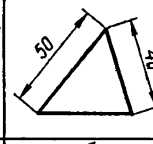
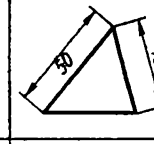
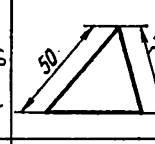
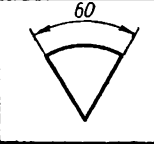
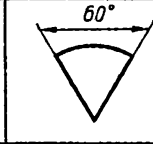
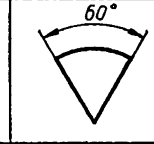
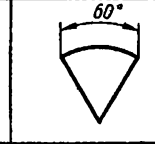
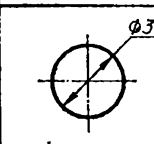
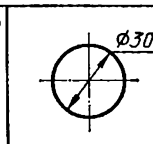
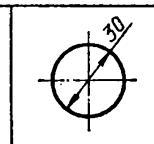
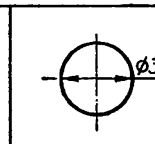


Рис. 45

ня або в процентах, наносять умовний знак « \angle », вершина якого напрямлена в бік уклону (рис. 45, δ). Напис розміщують на полицці, яку сполучають з лінією уклону тонкою виносною лінією, що закінчується стрілкою. Полицку розміщують паралельно лінії, відносно якої будують уклон.

Картка програмованого контролю з теми „Нанесення розмірів“

1	На якому кресленні правильно нанесено вертикальні розміри?			
				
	a	б	в	г
2	На якому кресленні правильно нанесено горизонтальні розміри?			
				
	a	б	в	г
3	На якому кресленні правильно нанесено похилі розміри?			
				
	a	б	в	г
4	На якому кресленні правильно нанесено кутові розміри?			
				
	a	б	в	г
5	На якому кресленні правильно нанесено розміри діаметра?			
				
	a	б	в	г

	<i>На якому кресленні правильно нанесено розміри радіуса</i>			
6				
	a	б	в	г
	<i>На якому кресленні правильно нанесено розміри деталі з обривом</i>			
7				
	a	б	в	г
	<i>На якому кресленні правильно нанесено розміри групи отворів</i>			
8				
	a	б	в	г
	<i>На якому кресленні правильно позначено конусність</i>			
9				
	а	б	в	г
	<i>На якому кресленні правильно позначений уклон</i>			
10				
	a	б	в	г

ВАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що таке масштаб креслення?
2. Які масштаби зменшення і збільшення дозволяє ГОСТ 2.302—68?
3. Як позначають масштаб на кресленні?
4. Як розміщують на кресленні розмірні і вносні 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 куткових розмірів?
7. Назвіть 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? уклону?
10. В яких випадках розмірну лінію виконують з обривом?
11. Накресліть розмірну стрілку. Які розміри вона має?

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Нанесення розмірів». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

§ 5. ОСНОВНІ ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ

5.1. Загальні положення

Під час виконання креслень деталей або в процесі розмічування нерідко доводиться вдаватися до геометричних побудов.

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

До геометричних побудов належать: ділення відрізків, кутів, побудова взаємно перпендикулярних і паралельних прямих, правильних многокутників тощо.

5.2. Ділення відрізка прямої

Ділення відрізка AB на дві рівні частини (рис. 46, а). Із точок A і B як із центрів радіусом R , більшим за половину відрізка AB , проводять дуги до взаємного перетину в точках M і N . Пряма MN ділить відрізок AB навпіл. Так само частина BC поділена ще на дві рівні частини.

Ділення відрізка AB на довільну кількість рівних частин (рис. 46, б). Щоб відрізок AB графічно поділити на п'ять рівних частин, із крайньої точки A під довільним кутом до AB проводять допоміжну пряму AC і на ній відкладають п'ять рівних частин довільної довжини. Крайню точку C сполучають з точкою B і за допомогою косинця та лінійки через точки поділу проводять прямі, паралельні BC . Знайдені точки I, II, III, IV ділять відрізок AB на п'ять рівних частин.

Вправа. На рис. 46, в відрізок AB поділено на частини, пропорційні відріzkам m, n і p . Поясніть зроблену побудову.

Ділення відрізка в крайньому і середньому відношеннях (рис. 46, г).

Ділення відрізка прямої у відношенні $\frac{AB}{AK} = \frac{AK}{BK}$ називається «золотим перерізом». Для цього з точки B проводять перпендикуляр до AB , на якому відкладають відрізок $BM = \frac{AB}{2} = AC$. На гіпотенузі AM від точки M відкладають величину $MN = MB$. Радіусом AN з центра A проводять дугу до перетину з AB в точці K , яка і поділить AB в шуканому відношенні.

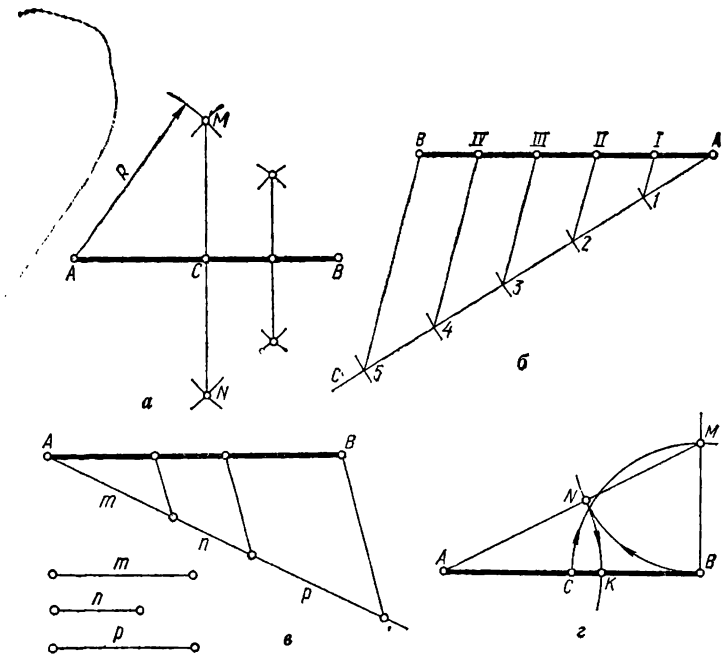


Рис. 46

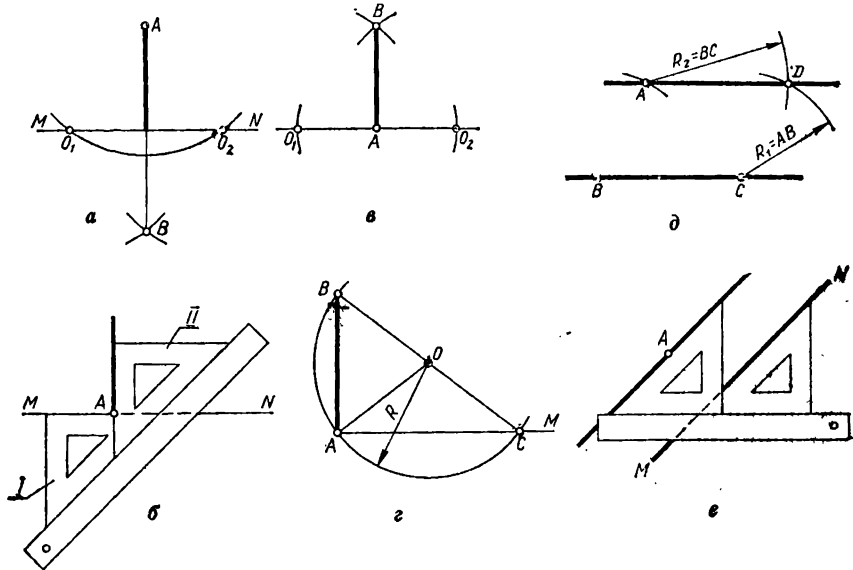


Рис. 47

5.3. Побудова перпендикулярних і паралельних прямих

Побудова перпендикуляра через середину відрізка AB (рис. 46, *a*). Пряма MN і буде перпендикуляром, що проходить через середину відрізка AB .

Побудова перпендикуляра до прямої MN з точки A , що лежить поза цією прямою (рис. 47, *a*). З точки A 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 B . Пряма AB і є перпендикуляром до прямої MN .

Побудова перпендикуляра до прямої через точку A , що лежить на цій самій прямій (рис. 47, *б*). Установлюють косинець так, щоб його катет збігся з лінією MN (положення I). Прикладають до гіпотенузи лінійку і, пересуваючи косинець по лінійці до збігу його вертикального катета з точкою A (положення II), проводять перпендикуляр до прямої.

Вправа. Поясніть побудову перпендикуляра до прямої з точки A , виконану за допомогою циркуля (рис. 47, *в*).

Побудова перпендикуляра до прямої AM , який проходить через кінцеву точку A (рис. 47, *г*). З довільної точки O , що лежить поза прямою, проводять коло радіусом OA , яке перетинає заданий відрізок у точці C . Точки O і C сполучають прямою і продовжують її до перетину з колом у точці B . Кут BAC — прямий як вписаний у коло і спирається на його діаметр; отже, пряма AB і є шуканим перпендикуляром.

Побудова прямої, паралельної прямій BC , через точку A (рис. 47, *д*). З точки C як із центра проводять дугу радіусом $R_1 = AB$, а з точки A — радіусом $R_2 = BC$. У перетині цих дуг дістають точку D . Пряма AD паралельна BC , бо ці відрізки є протилежними сторонами паралелограма.

На рис. 47, *е* за допомогою трикутника і лінійки через точку A проведено пряму, паралельну прямій MN .

5.4. Побудова і вимірювання кутів. Ділення кутів

Побудова кута, що дорівнює заданому (рис. 48, *a*). З вершини B довільним радіусом R проводять дугу MN . З точки A_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. 48, *б*). За допомогою транспортира будують ті кути, які не можна побудувати двома косинцями. Нехай на прямій MN у точці A треба побудувати кут, що дорівнює $53,5^\circ$. Для цього центр півкола транспортира (точку O) суміщують з точкою A , а його початкову пряму — з прямою MN . По шкалі проти поділки $53,5^\circ$ фіксують точку B і через

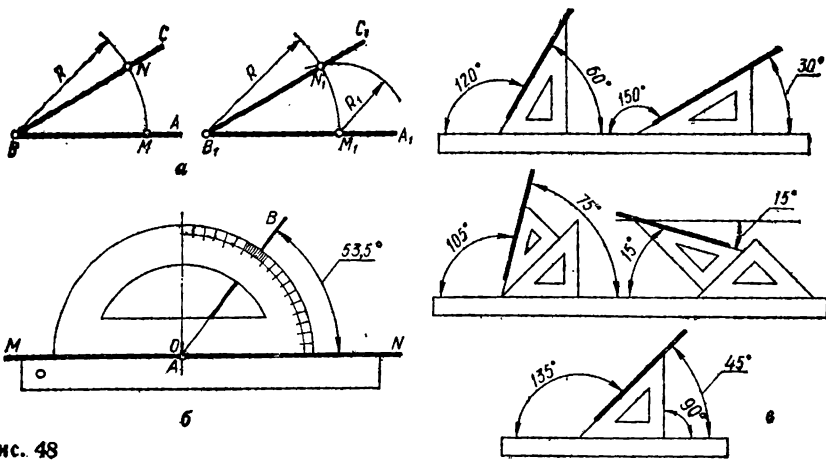


Рис. 48

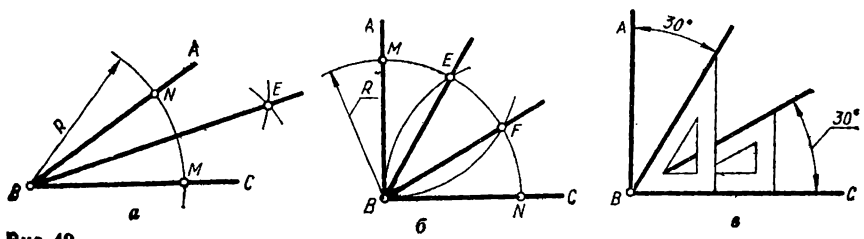


Рис. 49

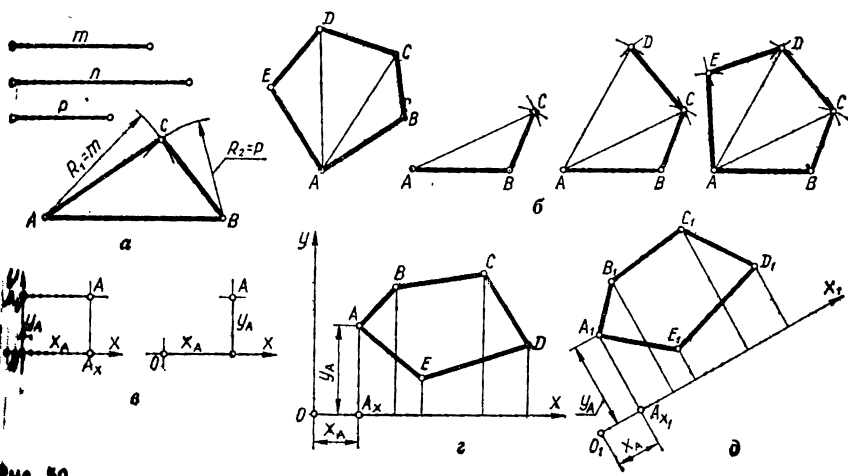


Рис. 50

точки A і B проводять другу сторону шуканого кута. Аналогічно і вимірюють кути за допомогою транспортира.

Побудова кутів за допомогою рейсшини і косинців (рис. 48, *в*). Двома косинцями з кутами 45° , 30° і 60° разом з лінійкою або рейсшиною можна побудувати кути, кратні 15° . На рис. 48, *в* побудовані кути 15° , 30° , 45° , 60° , 75° , 105° , 120° , 135° , 150° .

Ділення кута на дві рівні частини (рис. 49, *а*). З вершини B кута довільним радіусом R 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 рівні частини, тобто є бісектрисою цього кута.

Вправа. Самостійно поділіть кут на 4 і 8 рівних частин.

Ділення прямого кута на три рівні частини (рис. 49, *б*). Довільним радіусом R з вершини B прямого кута проводять дугу. Із знайдених точок M і N цим самим радіусом проводять дуги до перетину з дугою MN у точках E і F . Прямі BE і BF ділять прямий кут на три рівні частини. На рис. 49, *в* прямий кут поділено на три рівні частини за допомогою косинця.

Вправа. Використовуючи наведену побудову (рис. 49, *б*), побудуйте кут, що дорівнює 15° .

5.5. Побудова плоских фігур

Побудова трикутника ABC за трьома відрізками m , n і p (рис. 50, *а*). На довільній прямій відкладають відрізок $AB = n$. З точки A як із центра описують дугу радіусом $R_1 = m$, а з точки B — дугу радіусом $R_2 = p$ до взаємного перетину їх в точці C . Знайдену точку C сполучають з точками A і B .

Побудова многокутника, що дорівнює даному (рис. 50, *б*, *в*). Цю побудову можна виконати двома способами:

1-й спосіб (триангуляційний). З точки A (рис. 50, *б*) проводять діагоналі і ділять многокутник на трикутники. Шуканий многокутник будують поетапно як ряд послідовних трикутників за трьома відрізками способом, наведеним на рис. 50, *а*.

2-й спосіб (координатний). Положення кожної точки на площині можна задати її координатами, тобто відстанню від двох взаємно перпендикулярних прямих Ox і Oy , що називаються осями координат. Ox — вісь абсцис, Oy — вісь ординат, точка O — початок координат. Положення кожної точки, наприклад точки A (рис. 50, *в*), визначають її координатами x_A і y_A . На правому рисунку показано спрощену побудову точки A , якщо відомі її координати x_A і y_A .

На рис. 50, *г* з вершин A, B, \dots многокутника проведені перпендикуляри до перетину з віссю Ox і визначені координати всіх точок (на рисунку позначено лише координати точки A). У потрібному місці будують напрям осі координат O_1x_1 (рис. 50, *д*) і відкладають на ній координати x усіх вершин многокутника. Із знайдених точок пров-

дять перпендикуляри до осі O_1x_1 , на яких відкладають значення координат y (на рисунку позначено координати тієї самої точки A). Утворений багатокутник $A_1B_1C_1D_1E_1$ дорівнює багатокутнику $ABCDE$, зображеному на рис. 50, з.

5.6. Ділення кола на рівні частини.

Побудова правильних вписаних багатокутників

Ділення кола на чотири рівні частини (рис. 51, а). Два взаємно перпендикулярних діаметри ділять коло на чотири рівні частини. Сполучивши точки поділу, дістають вписаний квадрат.

Ділення кола на вісім рівних частин (рис. 51, б). Дуги кола між точками A і C , B і C 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. 51, в). З кінця D вертикального діаметра як із центра радіусом кола R проводять дугу, яка засікає коло в точках M і N . Сполучивши точки M , N і C , дістають правильний вписаний трикутник.

Ділення кола на шість рівних частин (рис. 51, г). З кінців A , B горизонтального діаметра радіусом кола проводять дуги, які засікають коло в точках 1 , 2 , 3 і 4 . Сполучивши точки A , 1 , 2 , B , 4 , 3 , дістають правильний вписаний шестикутник.

Вправа. Поясніть побудову правильного дванадцятикутника (рис. 51, д).

Ділення кола на сім рівних частин (рис. 51, е). Поділивши коло на три рівні частини, дістанемо хорду MN — сторону правильного

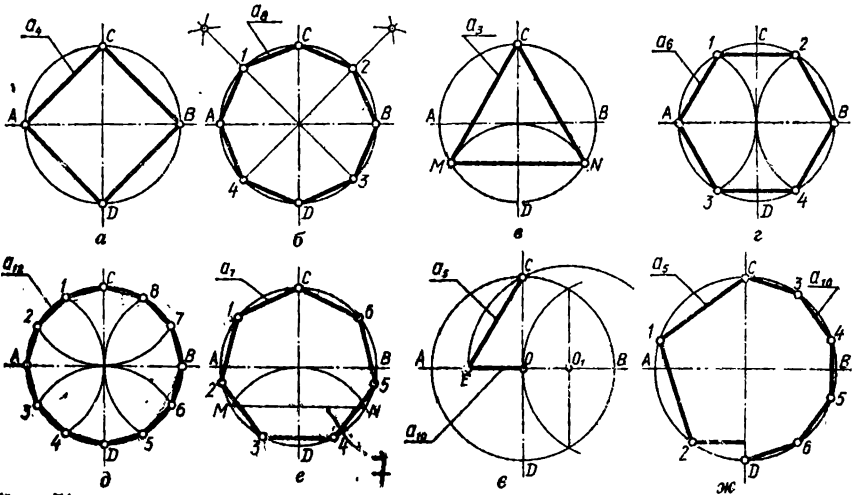


Рис. 51

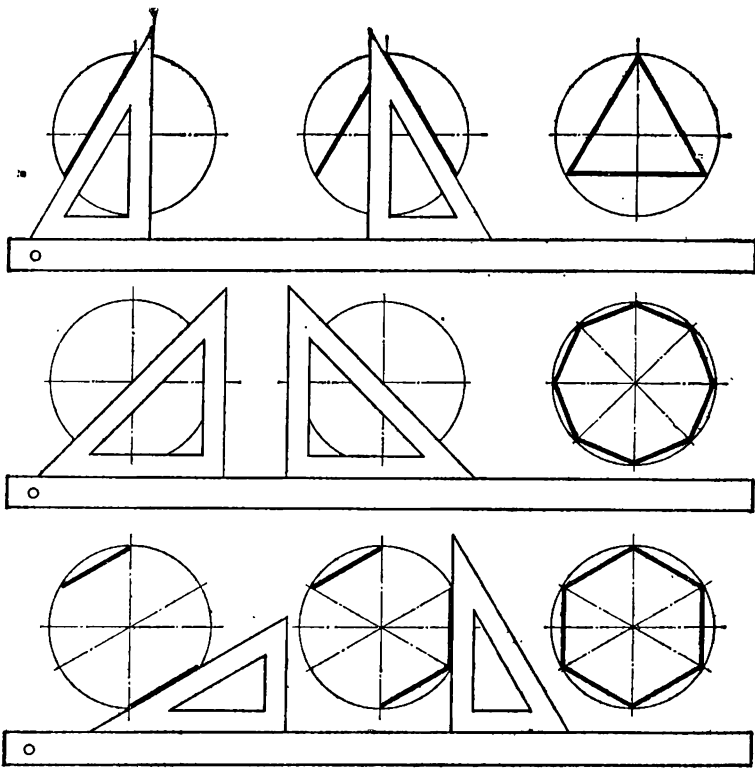


Рис. 52

вписаного трикутника. Половина цієї хорди з достатнім наближенням дорівнює стороні правильного вписаного семикутника.

Ділення кола на п'ять або десять рівних частин (рис. 51, е, ж). Горизонтальний радіус OB кола ділять на дві рівні частини і, беручи знайдену точку O_1 за центр, проводять дугу радіусом, що дорівнює

Таблиця 3

Ділення кола на рівні частини
(таблиця хорд)

Число поділок	Довжина хорди на одиницю довжини діаметра	Число поділок	Довжина хорди на одиницю довжини діаметра
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

Таблиця 4

Діаметр описаного кола залежно від довжини a сторони многокутника

Число сторін правильного многокутника	Діаметр описаного кола d	Число сторін правильного многокутника	Діаметр описаного кола d
3	$1,154a$	8	$2,614a$
4	$1,414a$	9	$2,924a$
5	$1,702a$	10	$3,230a$
6	$2,000a$	11	$3,550a$
7	$2,304a$	12	$3,864a$

відрізку O_1C . Ця дуга перетинає горизонтальний діаметр у точці E . Відрізок CE і є стороною вписаного п'ятикутника, а відрізок OE приблизно дорівнює стороні вписаного десятикутника. Побудову половин п'ятикутника і десятикутника показано на рис. 51, ж.

Ділення кола на рівні частини за таблицею хорд. Поділити коло на рівні частини можна також за таблицею хорд (табл. 3).

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 $80 \times 0,342 = 27,36$ мм. Креслять коло і від будь-якої точки на ньому відкладають знайдену величину дев'ять разів. Сполучивши точки поділу, дістають правильний дев'ятикутник.

Вправа. Побудуйте за допомогою таблиці правильний одинадцятикутник.

За допомогою косинців і рейшини можна поділити коло на три, чотири, шість, вісім і дванадцять рівних частин. Деякі з цих побудов подано на рис. 52. Самостійно розгляньте і поясніть рисунки.

Вправа. Побудуйте квадрат за допомогою рейшини і косинців.

5.7. Побудова правильних багатокутників за даною стороною

Побудова квадрата за стороною a (рис. 53, а). Відкладають відрізок $AB = a$ і з його кінця, наприклад з точки A , ставлять до прямої перпендикуляр (див. рис. 47, г). На перпендикулярі відкладають величину $AC = a$. З точок B і C як із центрів радіусами $R = a$ проводять дуги до взаємного перетину їх в точці D .

Побудова правильного шестикутника за стороною a (рис. 53, б). З кінців відрізка $AB = a$ радіусом $R = a$ проводять дуги до взаємного перетину їх в точці O . Беручи O за центр, будують коло радіусом $R = a$ і ділять його на шість рівних частин.

На рис. 53, в побудову шестикутника виконано за допомогою рейшини і косинців. Виконайте цю побудову самостійно.

Побудову правильних багатокутників за даною стороною a можна також виконати за допомогою таблиці (табл. 4).

Приклад. Треба побудувати вписаний семикутник, сторона якого дорівнює 80 мм. З таблиці знаходимо, що коефіцієнт, на який треба помножити довжину сторони, щоб дістати діаметр описаного кола, дорівнює 2,304. Отже, $d = 80 \times 2,304 = 184,32$ мм. Визначивши діаметр, описують коло і вписують у нього правильний семикутник із стороною $a = 80$ мм.

Вправа. Побудуйте одинадцятикутник із стороною 20 мм.

5.8. Визначення центра дуги кола і величини радіуса.

Спряження дуги кола

Щоб знайти центр дуги кола, проводять дві довільні хорди AB і CD (рис. 54, а). Перетин перпендикулярів, поставлених до середини кожної хорди, визначає центр дуги — точку O . Одночасно знаходять і величину радіуса дуги кола.

Співвідношення між кутами, °, і відповідними уклонами, %

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

1-й спосіб. На основі полки швелера відкладають відрізки $AC = 100$ 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 уклон 10%, і через точку E проводять пряму, паралельну NP .

Конусність визначають як відношення різниці діаметрів двох поперечних перерізів конуса до відстані між ними (рис. 55, з), тобто

$$K = \frac{D-d}{l} = 2tg\alpha.$$

Величина конусності на рис. 55, з дорівнює 1 : 2. Конусність можна подати простим дробом або в процентах. Залежно від призначення поверхням багатьох деталей надають тієї або іншої конусності. Так, у конічних штифтів $K = 1 : 50$, у хвостовиків $K = 1 : 20$, у центрів токарних верстатів $K = 1 : 7$; $1 : 10$ тощо.

У машинобудуванні ГОСТ 8593—57 установлює для конусів такі нормальні конусності: 1 : 200; 1 : 100; 1 : 50; 1 : 20; 1 : 10; 1 : 8; 1 : 5; 1 : 3; 1 : 1, 866; 1 : 1,207; 1 : 0,866; 1 : 0,652; 1 : 0,5; 1 : 0,289. На кресленнях конусність позначають за ГОСТ 2.307—68 (див. § 4.2).

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? що лежить на цій прямій?
3. Як поділити прямий кут на три рівні частини?
4. Як побудувати багатокутник, що дорівнює даному?
5. Як вписати в коло правильний шестикутник? семикутник? п'ятикутник?
6. Як за таблицею хорд побудувати правильний одинадцятикутник?
7. Як побудувати за даною стороною правильний шестикутник? п'ятикутник?
8. Як знайти довжину довільної дуги кола?
9. Що таке уклон? Як вимірюють величину уклону?
10. Як позначають уклон на кресленнях?
11. Що таке конусність? Як вимірюють величину конусності?
12. Як позначають конусність на кресленнях?

§ 6. СПРЯЖЕННЯ

6.1. Загальні положення

При виконанні креслень різних предметів часто доводиться плавно сполучати між собою різні лінії (прямі з дугами кіл, дугу одного кола з дугами інших кіл тощо).

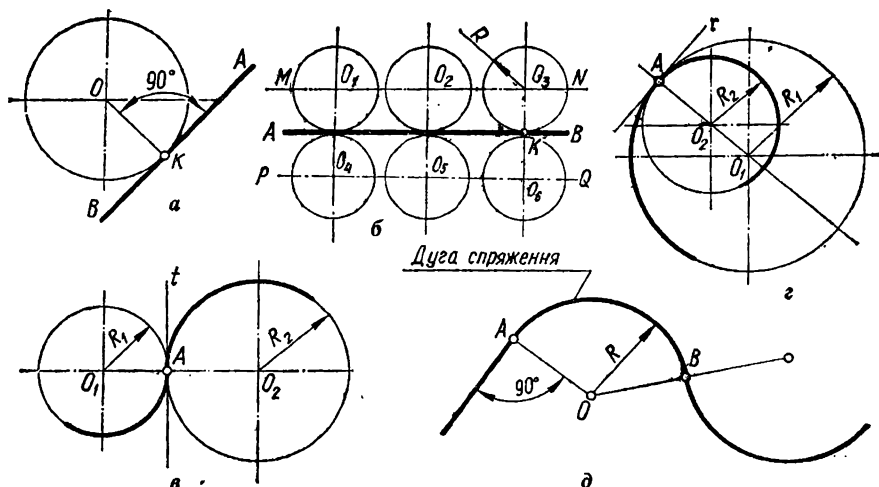


Рис. 56

| 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. 56, а). Геометричними місцями центрів кіл, дотичних до даної прямої AB , є прямі MN і PQ , паралельні AB і віддалені від неї на величину радіуса кола. Будь-яка точка цих прямих є центром кола, дотичного до AB . Точка дотику K є основою перпендикуляра, опущеного з центра O_3 на пряму AB .

Існує два види взаємного дотикання кіл: *зовнішнє* (рис. 56, в), 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. 56, 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. 56, д) — це *радіус дуги спряження* R , *центр спряження* O , *точки спряження*, або *точки переходу*, A і B . У технічному кресленні при побудові спряжень найчастіше задають радіус дуги спряження R , а інші елементи визначають у процесі побудови.

6.2. Побудова дотичної до кола і до двох кіл

Побудова дотичної до кола в точці A , що лежить на колі (рис. 57, а). Через центр кола і точку A проводять пряму, до якої в точці A ставлять перпендикуляр. Він і є шуканою дотичною.

Побудова дотичної до кола, яка проходить через зовнішню точку A (рис. 57, б). На відрізку AO як на діаметрі будують допоміжне коло з центром O_1 . Перетин допоміжного кола з заданим дає точки дотику

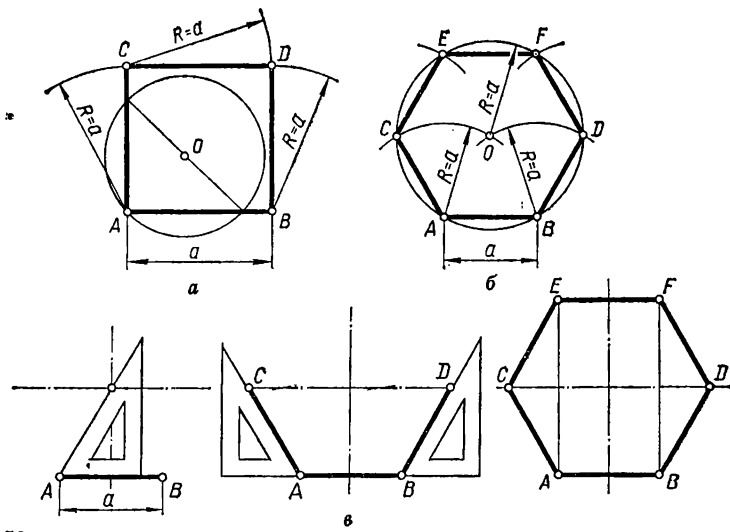


Рис. 53

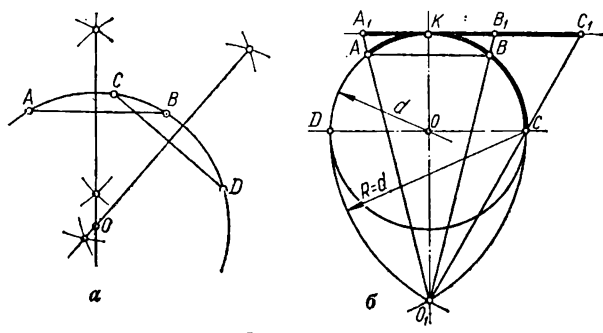


Рис. 54

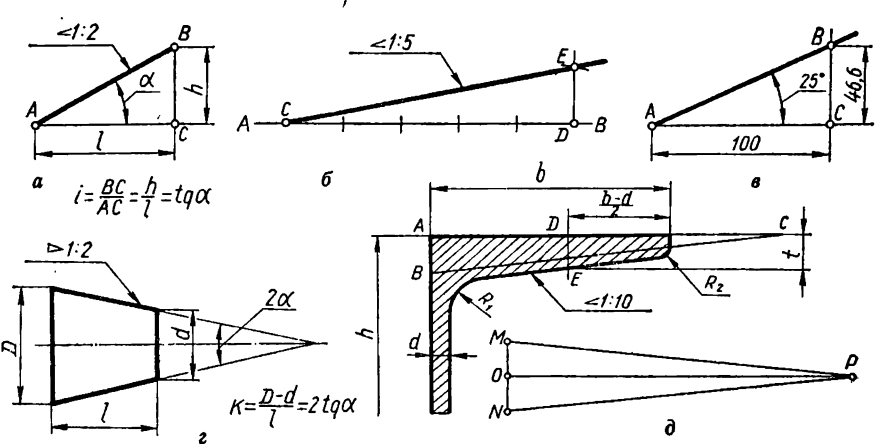


Рис. 55

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

$$K = \frac{D-d}{l} = 2 \tan \alpha$$

Наближений спосіб знаходження довжини l дуги \widehat{AB} кола (рис. 54, б). Через середину хорди AB проводять перпендикуляр до перетину з дугою в точці K . З точок C і D як із центрів радіусами $R = d$ проводять дві дуги до взаємного перетину їх в точці O_1 . З точки O_1 проводять промені O_1A і O_1B до перетину з дотичною до кола, яка проходить через точку K . Величина відрізка A_1B_1 наближено дорівнює спрямленій дузі AB . На цьому самому рисунку знайдено наближене значення спрямленої дуги чверті кола (відрізок KC_1).

5.9. Побудова уклону і конусності

Нахил однієї лінії відносно іншої, розташованої горизонтально або вертикально, характеризує величину, яка називається укладом.

У прямокутному трикутнику ABC (рис. 55, а) нахил гіпотенузи AB до катета AC можна подати або величиною кута α в градусах, або укладом i , величина якого визначається відношенням катета BC до катета AC . Уклон можна подати в процентах або у вигляді відношення, наприклад: 10% або 1 : 10. Позначення уклону на кресленнях виконують за ГОСТ 2.307—68 (див. § 4.2).

З побудовою уклону пов'язані дві основні задачі:

1. Визначити величину уклону прямої AB відносно прямої AC (рис. 55, 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 уклон 1 : 2, або 50%.

2. Дано відрізок AB і на ньому точку C (рис. 55, б). Через точку C треба провести пряму з укладом 1 : 5 до даного відрізка. На прямій AB 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 уклон 1 : 5 по відношенню до прямої AB .

Вправа. Через точку A проведіть пряму з укладом 14% до горизонтального напрямку.

Співвідношення між величиною кутів у градусах і відповідними укладами в процентах подано в табл. 5.

Приклад. Побудувати кут, що дорівнює 25° (рис. 55, в). З табл. 5 видно, що куту 25° відповідає уклон 46,6%. Будують горизонтальну пряму $AC = 100$ мм. З точки C ставлять перпендикуляр до AC , на якому відкладають відрізок $BC = 46,6$ мм. Сполучивши точки A і B , дістають кут BAC , що дорівнює 25° .

Поверхні багатьох виробів, наприклад швелерів, залізничних рейок, литва тощо, мають різні уклони. Розглянемо креслення полицки швелера № 18 (рис. 55, д). За розмірами $h = 180$ мм; $b = 70$ мм; $d = 5,1$ мм, узятими з стандарту, креслять основний контур швелера. Визначаючи розмір $\frac{b-d}{2} = \frac{70-5,1}{2} = 32,5$ мм, знаходять точку E і відкладають від неї величину $t = DE = 8,7$ мм. Через знайдену точку E проводять пряму з укладом 10%. Це можна зробити двома способами:

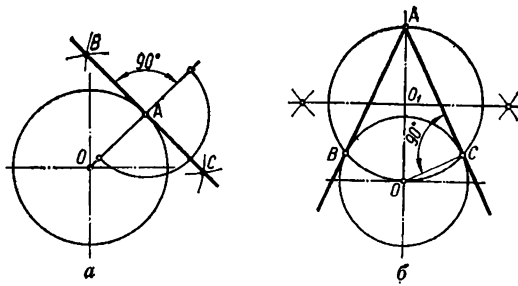


Рис. 57

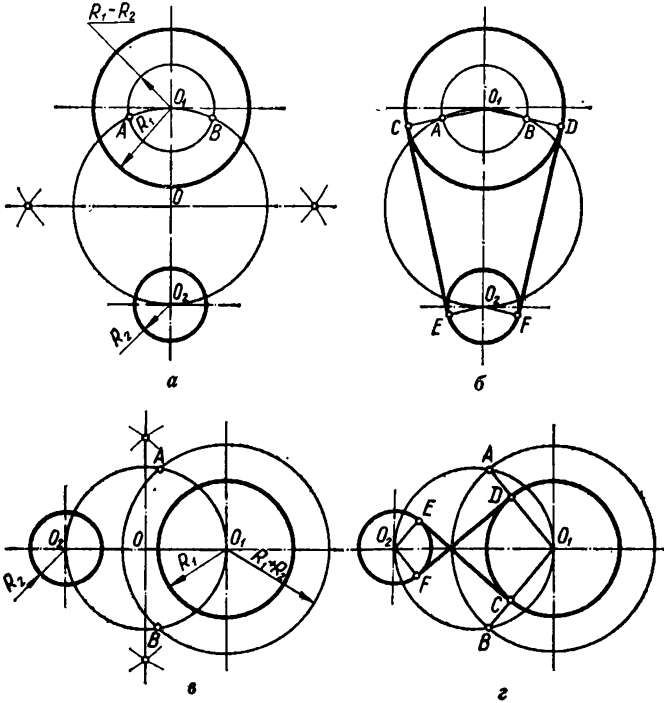


Рис. 58

B і *C*. Прямі *AB* і *AC* є шуканими дотичними, бо кут *ACO* прямиий як вписаний, що спирається на діаметр *AO*.

У практиці креслення 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. 58, *а*, *б*). З центра O_1 проводять допоміжне коло радіусом $R_1 - R_2$. З точки O (середини відрізка O_1O_2) як із центра проводять допоміжне коло радіусом OO_1 . Ці кола перетинаються в точках *A* і *B*. Прямі O_1A і O_1B в перетині з колом радіуса R_1 визначають точки дотику *C* і *D*.

З центра O_2 проводять прямі O_2E і O_2F , відповідно паралельні O_1C і O_1D . Прямі CE і DF — шукані зовнішні дотичні до двох кіл.

Вправа. Розгляньте і поясніть побудову внутрішньої дотичної до двох кіл радіусів R_1 і R_2 (рис. 58, в, г).

6.3. Спряження прямих дугою кола

Найчастіше бувають два типи завдань на побудову спряжень двох прямих: 1) задано радіус дуги спряження; 2) задано точку спряження на одній з прямих.

Спряження сторін прямого, гострого або тупого кутів (рис. 59, а — в) дугою радіуса R (заокруглення кутів). Проводять дві допоміжні прямі, паралельні сторонам кута, на відстані радіуса спряження R . Ці прямі є геометричним місцем центрів кіл радіуса R , дотичних до сторін кута. Точка O перетину цих прямих є центром дуги спряження. Перпендикуляри, опущені з центра на задані прямі, визначають точки спряження A і B . Радіусом R проводять дугу спряження між точками A і B . Заокруглення прямого кута простіше виконати так, як показано на рис. 59, а. На рис. 59, а — в наведено і технічні деталі, де є розглянуті типи спряжень.

Спряження двох прямих, що перетинаються, якщо задана точка спряження A на одній з прямих (рис. 60, а). Будують бісектрису кута між прямими, яка є геометричним місцем центрів дуг, що спряжують задані прямі. З точки A ставлять перпендикуляр до прямої; перетин його з бісектрисою дає центр спряження — точку O . Опустивши з точки O перпендикуляр на другу пряму, дістають другу точку спряження B . Радіусом OA проводять дугу кола між точками A і B .

Вправа. Розгляньте і поясніть побудову спряження двох паралельних прямих, якщо задано точку спряження A (рис. 60, б).

Спряження паралельних прямих двома дугами, коли задано точки спряження A , B і C (рис. 60, в). Проводять перпендикуляри до середин хорд AC і BC . Перетин цих перпендикулярів з перпендикулярами, поставленими з точок A і B до заданих прямих, дають центри спряження O_1 і O_2 . З цих центрів проводять дуги радіусами O_1A і O_2B .

6.4. Спряження дуги з прямою

Бувають два типи спряження дуги з прямою — зовнішнє і внутрішнє.

Зовнішнє спряження (рис. 61, а). На відстані, що дорівнює радіусу R дуги спряження, проводять пряму, паралельну BM . З центра кола O радіусом $R_2 + R$ проводять допоміжну дугу. Точка O_2 перетину дуги з проведеною прямою і є центром спряження. Щоб дістати точку спряження A , сполучають центр спряження O_2 з центром кола O , а щоб дістати точку спряження B , ставлять перпендикуляр з центра O_2 до прямої, паралельної BM . З центра O_2 радіусом $R = O_2B$ проводять дугу спряження між точками A і B .

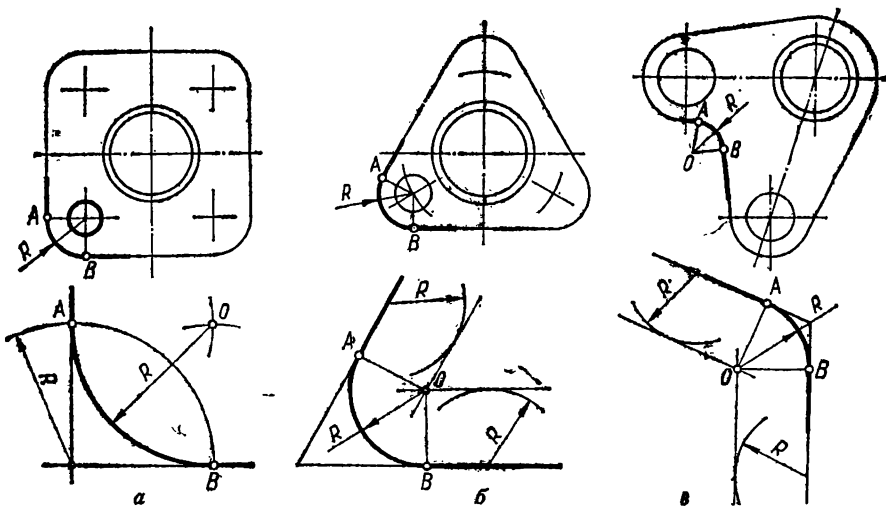


Рис. 59

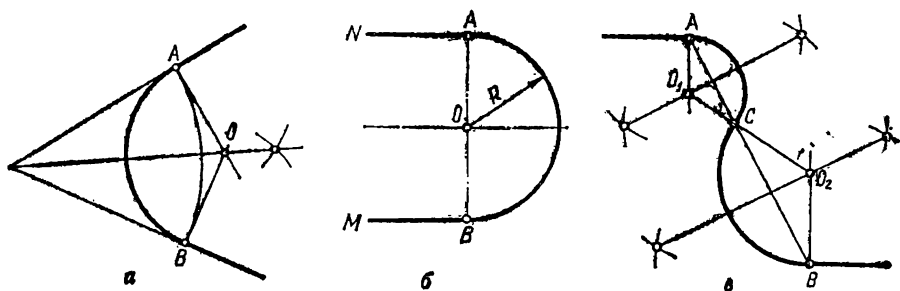


Рис. 60

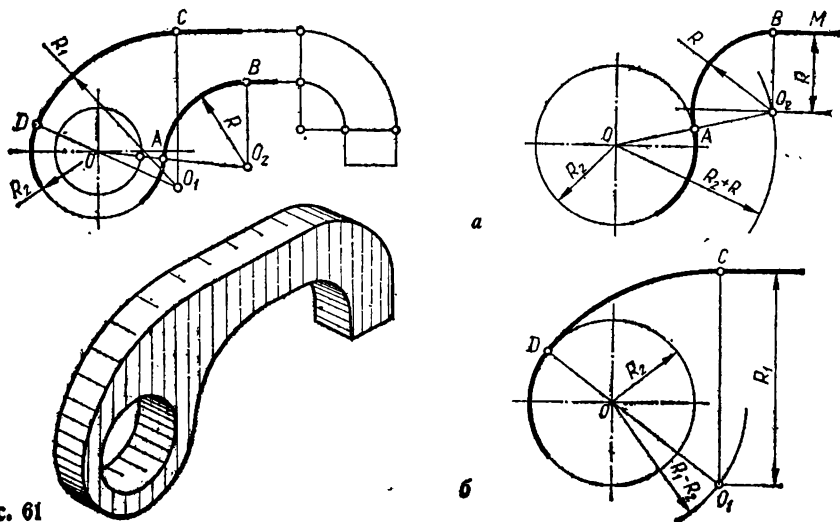


Рис. 61

Внутрішнє спряження (рис. 61, б). Роблять ті самі побудови з тією лише відмінністю, що допоміжну дугу проводять радіусом $R_1 - R_2$. Точку спряження D знаходять на перетині лінії центрів O_1O з колом.

6.5. Спряження дуг між собою

Розрізняють три типи спряжень дуг кола між собою: зовнішнє, внутрішнє і мішане.

Зовнішнє спряження (рис. 62, а). Центр спряження O 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 A і B визначають як точки перетину заданих дуг з прямими OO_1 і OO_2 .

Внутрішнє спряження (рис. 62, 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

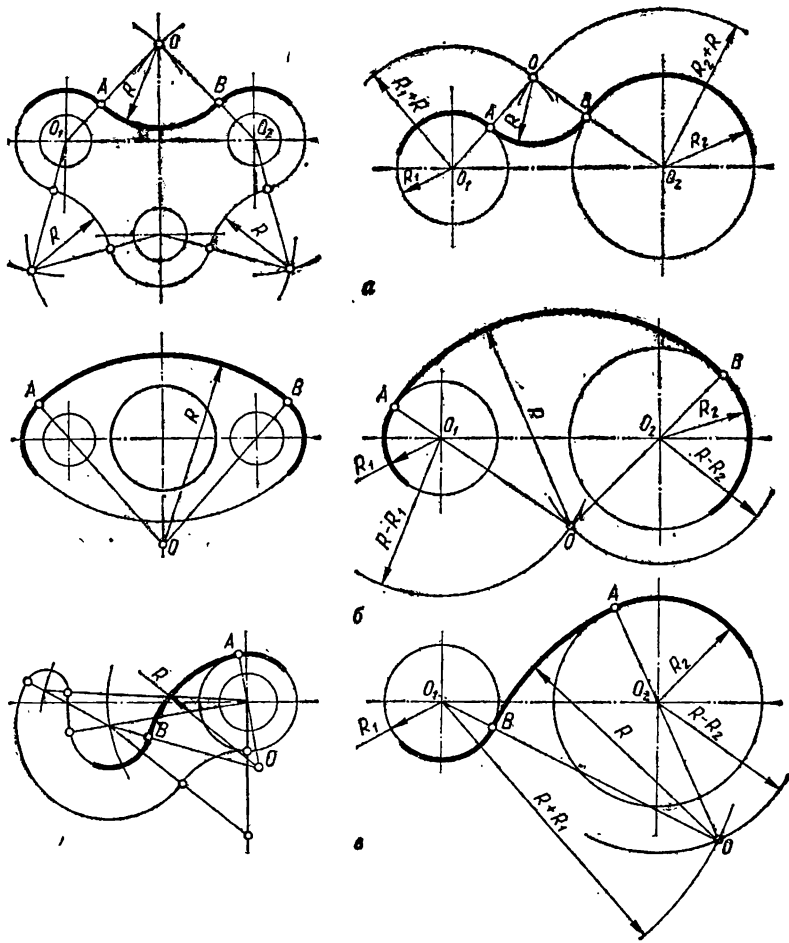


Рис. 62

спряження O . Прямі OO_1 і OO_2 , перетинаючи задані дуги, дають точки спряження A і B .

Мішане спряження (рис. 62, 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 A і B визначають, як і в попередніх випадках.

6.6. Побудова коробових кривих

Коробовими називаються опуклі криві, утворені спряженням дуг кола.

До коробових кривих належать овали, овоїди, 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.

Побудова овала діленням великої осі на чотири частини (рис. 63, а). Поділивши велику вісь AB на чотири рівні частини, дістають центри спряження O_1 і O_2 . З центра O радіусом OA проводять дугу до перетину з вертикальною віссю в точках O_3 і O_4 — другій парі центрів спряження. Точки спряження C, D, E, F 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.

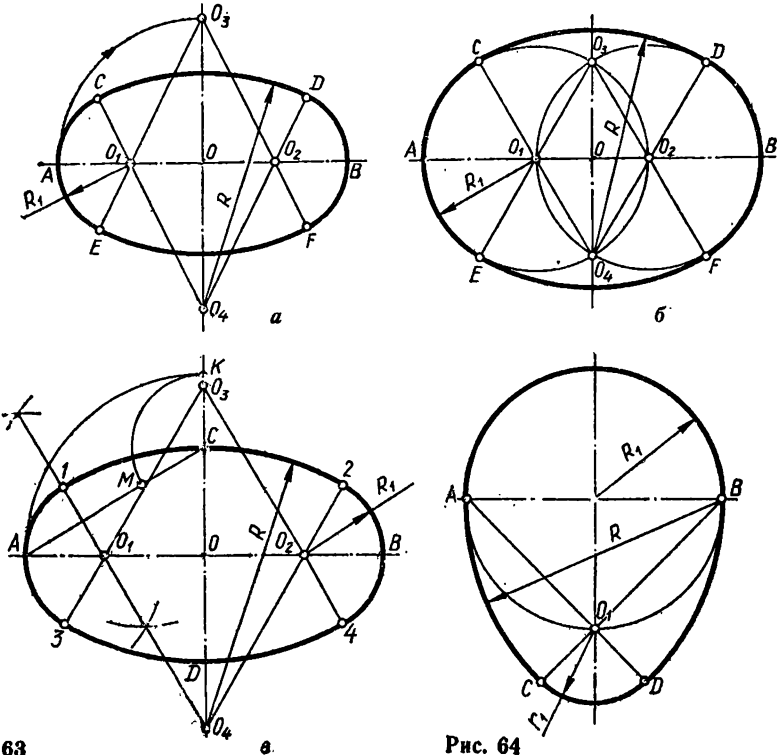


Рис. 63

Рис. 64

Вправа. Поясніть побудову овала діленням великої осі на три рівні частини (рис. 63, б).

Побудова овала за двома осями AB і CD (рис. 63, в). З центра O проводять дугу радіусом OA і засікають нею малу вісь овала. Дугою радіуса CK , проведеною з точки C , засікають допоміжну пряму AC , тобто $MC = KC$. Через середину відрізка AM 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. Розгляньте і поясніть побудову овоїда за його шириною — відрізком AB (рис. 64). Овоїд — це замкнена коробова крива, що має тільки одну вісь симетрії.

6.7. Виконання креслень технічних деталей

Починати виконувати креслення технічної деталі треба 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: а) нанести осьові і центрові лінії; б) провести кола, центрами яких є перетин центрових ліній; в) провести прямі лінії; г) виконати спряження, які є на деталі, причому обов'язково роботи допоміжні побудови для знаходження центрів і точок спряження; д) нанести розмірні лінії і проставити розмірні числа. Допоміжні побудови треба залишити для перевірки їх викладачем.

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

Розглянемо приклади побудови креслень деталей, що мають спряження.

Контур прокладки (рис. 65). Насамперед проводять вертикальну вісь симетрії і центрові лінії. Креслять два кола $\varnothing 20$ 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. 65, б). Виконують зовнішнє спряження кіл радіусів $R32$ дугою радіуса $R84$. Центр O_4 спряжувальної дуги визначиться, якщо зробити дві дуги 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_3 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 бічної сторони трапеції з дугою радіуса $R108$ за допомогою дуги радіуса $R28$ (ці спряження позначені на рис. 65, в цифрами 1 і 11). Заокруглюють паралельні прямі вирізу

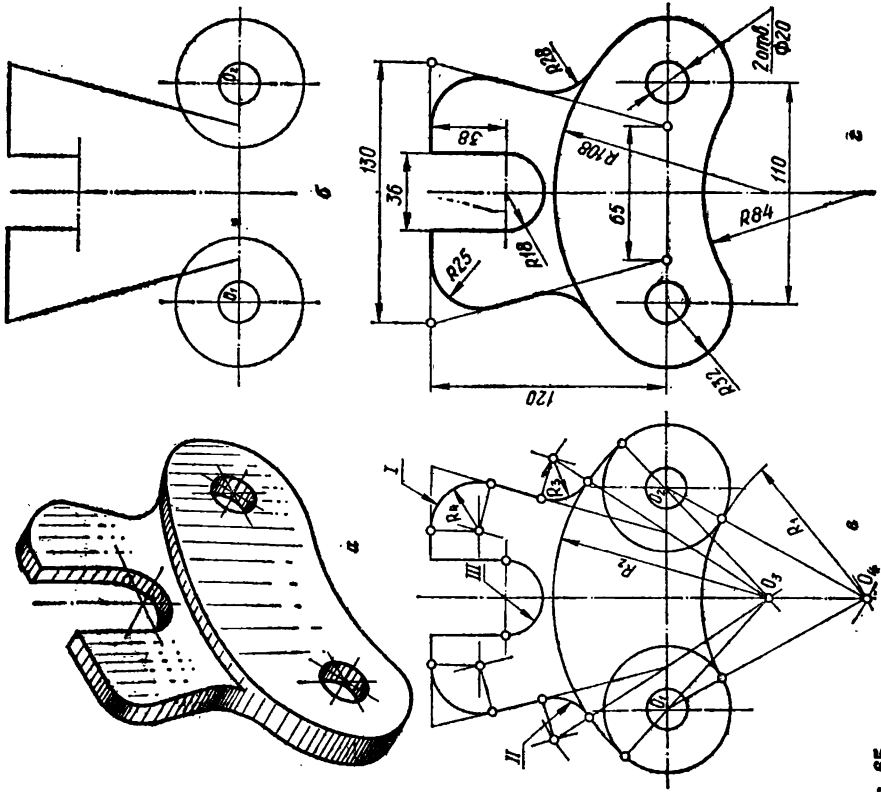


Рис. 65

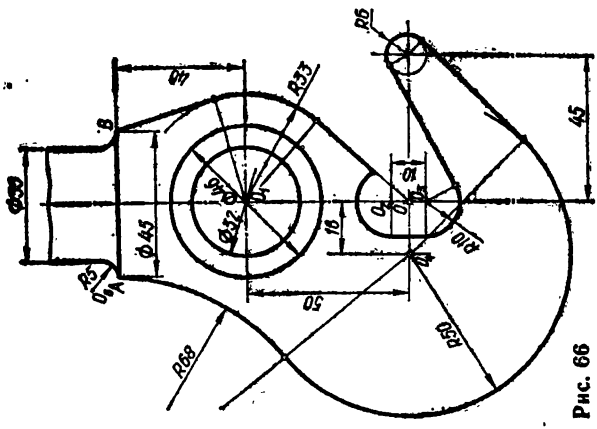


Рис. 66



Рис. 67

дугою радіуса R_{18} (спряження III, рис. 65, в). Перевіряють креслення, наводять його і проставляють розміри (рис. 65, з).

Гак (рис. 66). Проводять вертикальну вісь гака і за розмірами намічають горизонтальні центрові лінії кіл $\varnothing 32$ і $\varnothing 46$ та дуг R_{10} і R_6 . З центра O_1 проводять кола діаметрів $\varnothing 32$ та $\varnothing 46$ і дугу радіусом R_{33} , а з центрів O_2 і O_3 — дуги радіусом R_{10} . На відстані 45 мм знаходять центр дуги радіуса R_6 і будують цю дугу. Визначивши за допомогою розміру 16 мм центр O_4 дуги, креслять цю дугу радіусом R_{50} . 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 $\varnothing 45$. З точки B і з центра O проводять дотичні до дуги радіуса R_{33} . Будують дотичні до двох кіл радіусів R_6 та R_{10} і до кіл радіусів R_6 і R_{50} . Центр O_5 (на рис. 66 не показано) дуги R_{68} , спряженої з дугою R_{50} , визначають за допомогою двох засічок, проведених з центра O_4 радіусом $50 + 68$ мм і радіусом R_{68} з точки A . Центр O_6 дуги R_5 визначається перетином засічки, проведеної радіусом R_5 з точки A , і прямої, паралельної вертикальній осі гака на відстані $17,5 + 5$ мм.

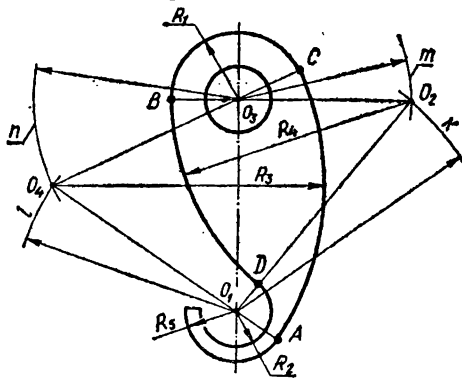
ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

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

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Спряження». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми «Спряження».

1. Назвіть точки внутрішнього спряження.
2. Назвіть точки мішаного спряження.
3. Яким радіусом виконано внутрішнє спряження?
4. Яким радіусом виконано мішане спряження?
5. Яким радіусом проведено дугу n ?
6. Яким радіусом проведено дугу l ?
7. Яким радіусом проведено дугу m ?
8. Яким радіусом проведено дугу k ?
9. Назвіть центр дуги мішаного спряження.
10. Назвіть центр дуги внутрішнього спряження.
11. Назвіть відрізок дуги мішаного спряження.
12. Назвіть відрізок дуги внутрішнього спряження.



§ 7. ЛЕКАЛЬНІ КРИВІ

7.1. Загальні положення

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

Лекала — це спеціальні лінійки з криволінійними обрисами. До лекальних кривих належать еліпс, парабола, гіпербола, синусої-

да, евольвента та ін. Лекальні криві широко застосовуються в образах різних технічних деталей: профілях зубчастих коліс, кулачків, кронштейнів, підвісок, фасонного інструменту та ін.

7.2. Послідовність 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 її по лекалу (рис. 67). Лекало прикладають щонайменше до 4—5 точок кривої одночасно і обводять не всі точки, які збігаються з його обрисом, а залишають деяку частину кривої необведеною. Наступна ділянка лекала повинна перекривати частину раніше наведеної кривої і т. д. Це забезпечує плавність кривої і відсутність переломів. Обведення рекомендується починати з місця найкрутішого згину кривої. Майже завжди доводиться користуватися не одним, а кількома лекалами, вибираючи на них ділянки, обриси яких найкраще відповідають потрібній кривій.

7.3. Еліпс

Еліпсом називається замкнена плоска крива, що являє собою геометричне місце точок M , для яких сума відстаней R_1 і R_2 до двох заданих точок F_1 і F_2 (фокусів) є величина стала, що дорівнює великій осі еліпса, тобто $R_1 + R_2 = AB$ (рис. 68, а).

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 з заданим діаметром, наприклад PE (рис. 68, 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: $\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1$.

Щоб провести дотичну t і нормаль n у будь-якій точці M еліпса (рис. 68, 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. 68, в). На горизонтальній прямій відкладають велику вісь AB і фокусну відстань F_1F_2 . Беруть нитку і закріплюють її в точках F_1 і F_2 кнопками або цвяхами так, щоб довжина нитки між точками закріплення дорівнювала великій осі еліпса AB . Натягнувши нитку, олівцем креслять на папері еліпс.

Побудова еліпса за великою віссю AB і фокусною відстанню F_1F_2 (рис. 69, а). На довільній прямій відкладають відрізок AB і від його

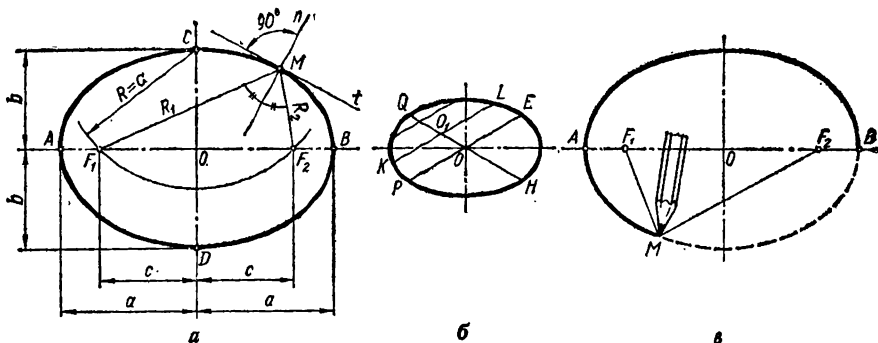


Рис. 68

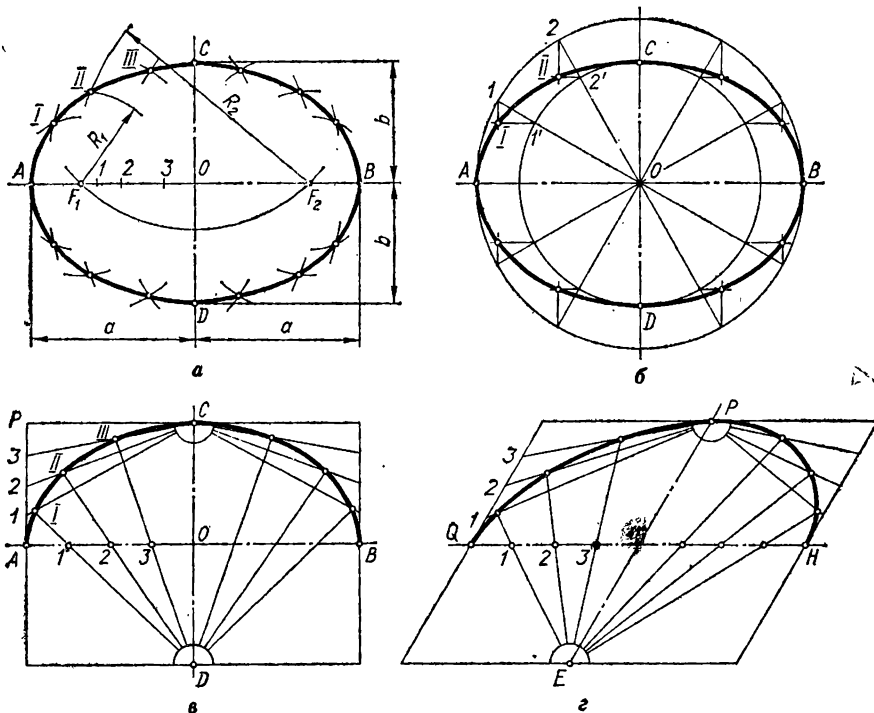


Рис. 69

середини — відрізки $OF_1 = OF_2 = \frac{F_1 F_2}{2}$. Через точку O (центр еліпса) проводять пряму, перпендикулярну до AB , і з точки F_1 як із центра роблять на перпендикулярі засічки радіусом $F_1 C = \frac{AB}{2}$. Дістають точки C і D — кінці малої осі еліпса. На прямій AB беруть довільний ряд точок $I, 2, 3, \dots$ і з точок F_1 та F_2 як із центрів радіусами $A I$ і $B I, A 2$ і $B 2, \dots$ відповідно проводять дуги до взаємного перетину їх в точках I, II, \dots Знайдені точки сполучають за допомогою лекала.

Побудова еліпса за його великою AB і малою CD осями (рис. 69, б). З центра O еліпса проводять два концентричних кола, діаметри яких дорівнюють великій осі AB еліпса 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 $1, 2, \dots$ великого кола проводять вертикальні промені, паралельні малій осі еліпса, а з точок $1', 2', \dots$ малого кола — горизонтальні промені, паралельні великій осі. Перетин променів, проведених з однаково позначених точок поділу, дадуть точки еліпса I, II, \dots . Ці точки послідовно сполучають плавною кривою.

Побудова еліпса за великою AB і малою CD осями або за його спряженими діаметрами (рис. 69, 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. 69, в. Перетин однойменних променів дає точки I, II, III, \dots , що належать еліпсу.

Вправа. Самостійно розгляньте і поясніть побудову еліпса за його спряженими діаметрами QH і PE (рис. 69, г).

7.4. Гіпербола

Гіпербола утворюється при перетині конуса (рис. 70, а) площиною σ , паралельною двом його твірним (SM і SN) або осі конуса.

Гіперболою називається незамкнена плоска крива, в якій різниця відстаней будь-якої точки M від фокусів F_1 і F_2 в величина стала, що дорівнює відстані між вершинами гіперболи, тобто $R_1 - R_2 = AB$ (рис. 70, б).

Гіпербола має дві осі симетрії — дійсну AB і уявну CD . Точки A і B — вершини гіперболи, a — величина дійсної півосі, b — величина уявної півосі. Відстань F_1F_2 називається фокусною ($F_1F_2 = 2c$). Точка O — 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 M гіперболи з фокусами, називаються радіусами-векторами. Прямі l_1 і l_2 , що проходять через центр гіперболи, називаються її асимптотами.

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

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

Рівняння гіперболи:
$$\frac{x^2}{a^2} - \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

Побудова гіперболи за фокусною відстанню $F_1F_2 = 2c$ і відстанню між вершинами $AB = 2a$ (рис. 70, в). Проводять дві взаємно перпендикулярні прямі і відкладають від точки O відрізки $OA = OB = a$;

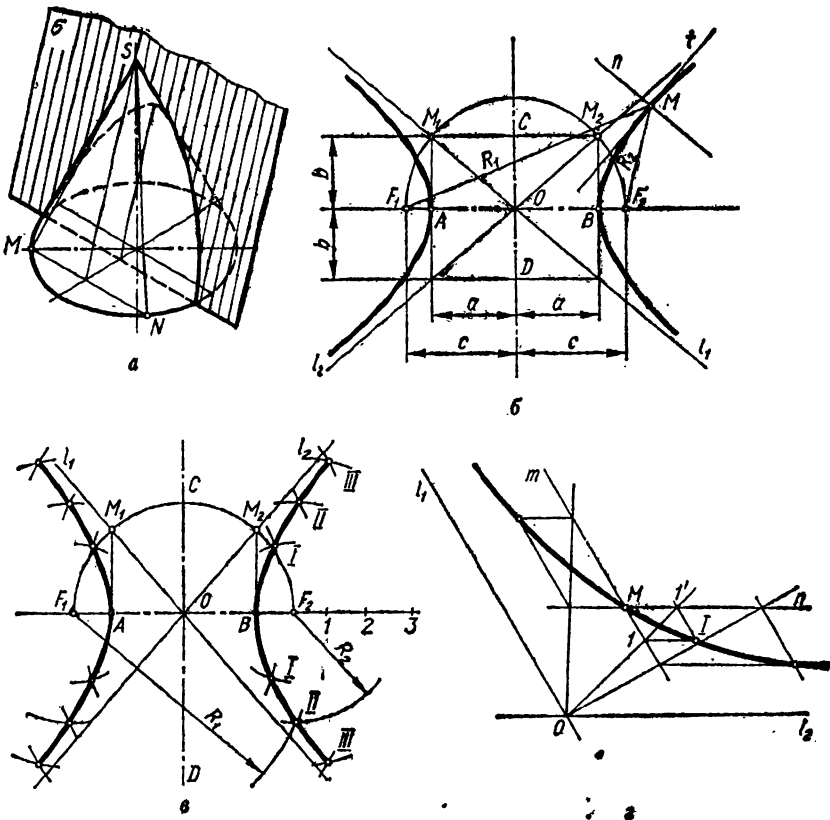


Рис. 70

$OF_1 = OF_2 = c$. Радіусом OF_1 з центра O будують півколо і з вершин A та B ставлять перпендикуляри AM_1 і BM_2 до дійсної осі гіперболи. Через центр O і знайдені точки M_1 і M_2 пройдуть асимптоти l_1 і l_2 . На осі гіперболи позначають кілька довільних точок $I, 2, 3, \dots$, 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 A і B . Наприклад, щоб знайти точку II , проводять дуги радіусом $R_2 = B2$ з фокуса F_2 , а потім зустрічну дугу радіусом $R_1 = A2$ з фокуса F_1 . Ліву гілку гіперболи будують симетрично відносно уявної осі CD .

Побудова гіперболи за її асимптотами і заданою точкою M (рис. 70, г). Через точку M проводять прями m і n , паралельні асимптотам l_1 і l_2 . З центра O креслять пучок прямолинійних променів, які перетинають прями m і n . З точок перетину кожного променя з прямими m і n , наприклад з точок I і I' , проводять прями, паралельні асимптотам l_1 і l_2 , і distantю на їх перетині точку I , яка належить гіперболі. Знайдені точки I, II, \dots сполучають плавною кривою.

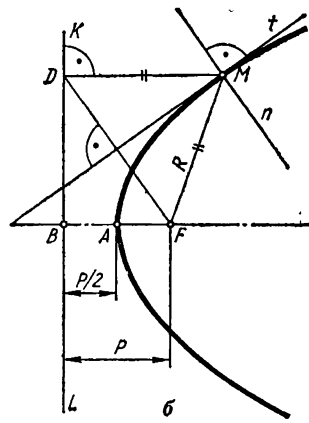
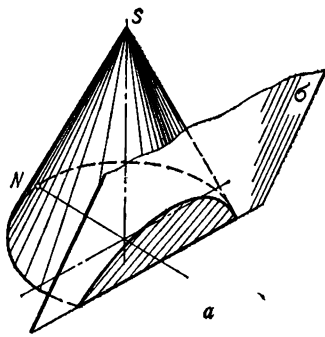


Рис. 71

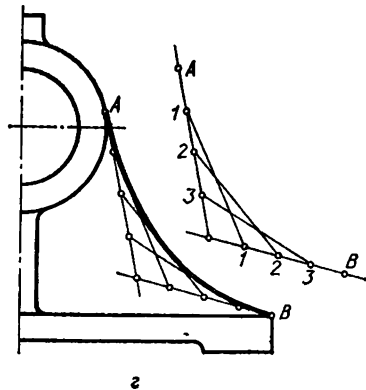
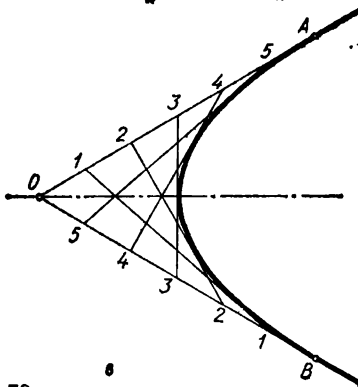
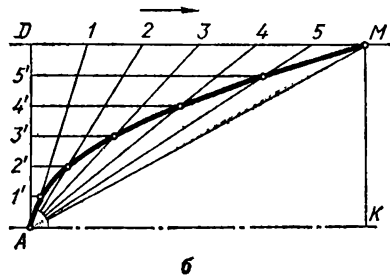
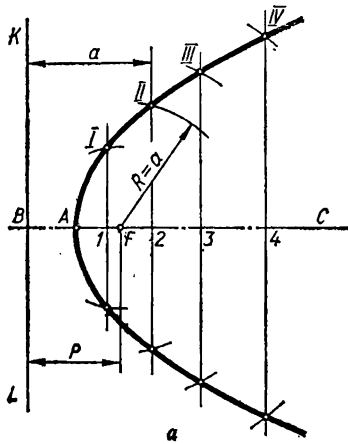


Рис. 72

7.5. Парабола

Парабола утворюється при перетині конуса площиною σ , паралельною одній з твірних конуса, в нашому випадку — твірній SN (рис. 71, а).

Параболою називається незамкнена плоска крива, кожна точка якої однаково віддалена від напрямної прямої (директриси) KL і від фокуса F (рис. 71, б).

Точка A — вершина параболі, а пряма BF — вісь параболі. Відстань від фокуса F до директриси KL називається фокальним параметром p . Вершина параболі міститься на відстані $\frac{p}{2}$ від фокуса і директриси. Пряма, що сполучає довільну точку M параболі з фокусом F , називається радіусом-вектором. Дотична t до параболі 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 параболі: $y^2 = 2px$.

Побудова параболі за параметром p (рис. 72, а). Проводять дві взаємно перпендикулярні прямі: директрису KL і вісь BC . На осі відкладають відрізок $BF = p$ і знаходять фокус параболі F . На осі беруть точки $1, 2, 3, \dots$ 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 відріzkам $B1, B2, B3, \dots$, роблять засічки на цих перпендикулярах і мають точки параболі. Наприклад, щоб дістати точку II , вимірюють відрізок $B2 = a$ і із фокуса F радіусом $R = a$ роблять засічки на перпендикулярі, проведеному через точку 2. Знайдені точки I, II, III, \dots сполучають за допомогою лекал.

Побудова параболі за відомими її віссю AK , вершиною A і довільною точкою M , що належить параболі (рис. 72, б). Будують прямокутник $ADMK$, вершинами якого є задані точки A і M . Відрізки AD і DM ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад на шість. Точки поділу нумерують у напрямках, показаних стрілками. Вершину A сполучають з точками $1, 2, 3, \dots$, а через точки $1', 2', 3', \dots$ проводять прямі, паралельні осі AK . Перетин однойменних прямих дає точки, які належать параболі.

Побудова параболі, дотичної в точках A і B до двох прямих, що перетинаються (рис. 72, в). Відрізки OA і OB 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.

Вправа. Поясніть побудову параболічної стінки на корпусі підшипника (рис. 72, г).

7.6. Циклоїдальні криві (рулети)

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

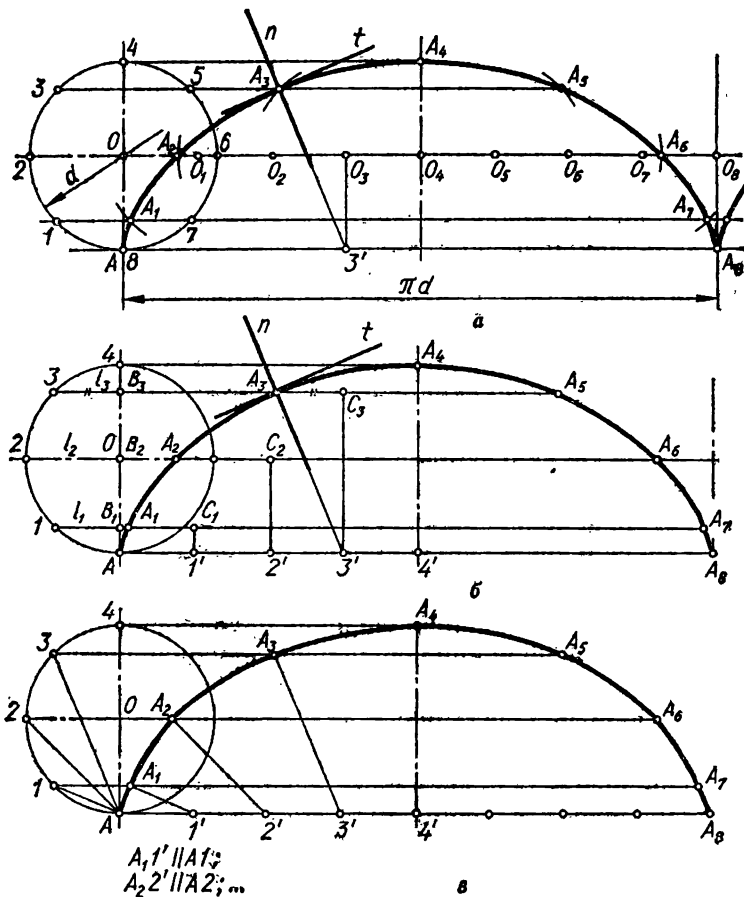


Рис. 73

Якщо коло котиться по прямій, то його точка описує *циклоїду*. Якщо коло котиться по колу ззовні, то описана крива є *епіциклоїдою*, а якщо зсередини — *гіпоциклоїдою*. Циклоїдальні криві мають багато гілок, кожна з яких відповідає повному оберту твірного кола.

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

1-й спосіб (рис. 73, а). На горизонтальній прямій OO_8 , яка проходить через центр O твірного кола, відкладають довжину πd цього кола. Цей відрізок і твірне коло ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад на вісім, і з точок $1, 2, 3, \dots$ поділу кола проводять горизонтальні прямі. З точок O_1, O_2, O_3, \dots як із центрів дугами радіуса $\frac{d}{2}$ послідовно засікають проведені горизонтальні прямі і дістають точки A_1, A_2, \dots циклоїди. Наприклад, з центра O_1 засікають дугою прямою, що йде з точки 1 , з центра O_2 — прямою, що йде з точки 2 , і т. д. Знайдені точки сполучають за допомогою лекал.

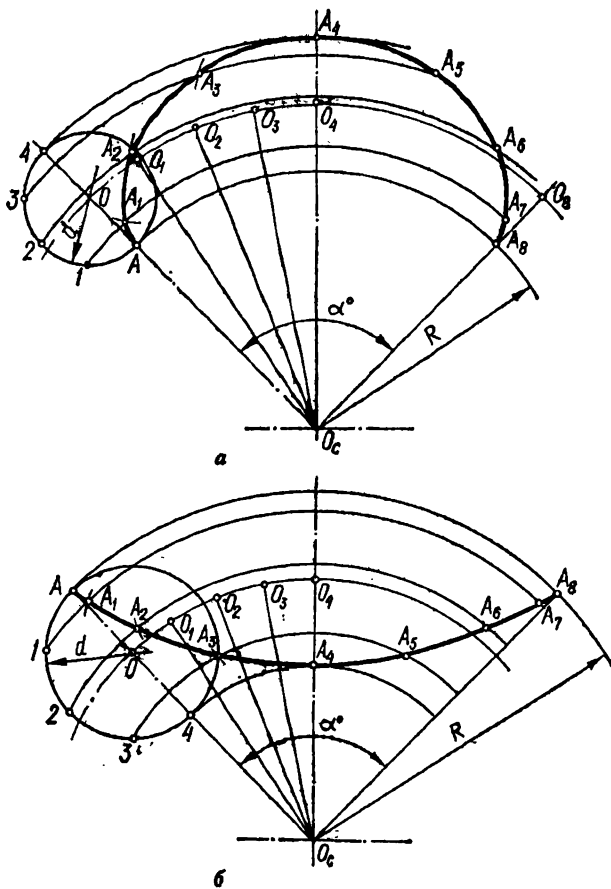


Рис. 74

2-й спосіб (рис. 73, б). Напряму прямою AA_8 , яка дорівнює довжині πd кола, і твірне коло ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад на вісім. З точок $1, 2, 3, \dots$ поділу кола проводять горизонтальні прямі, а з точок $1', 2', 3', \dots$ — перпендикуляри до перетину з відповідними горизонтальними прямими в точках C_1, C_2, C_3, \dots . Із знайдених точок відкладають відрізки $C_1A_1 = B_1I, C_2A_2 = B_2I, \dots$ і дістають точки A_1, A_2, \dots циклоїди. Точки правої половини циклоїди будуть симетрично відносно середньої осі A_4A_4' .

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.

Вправа. Самостійно розгляньте і поясніть третій спосіб побудови циклоїди (рис. 73, в).

Епіциклоїда (рис. 74, а). Величину центрального кута сектора, що охоплює одну гілку епіциклоїди, можна обчислити за формулою

$\alpha = \frac{d \cdot 360^\circ}{R}$, де d — діаметр твірного кола, R — радіус дуги на прямого кола.

Побудову епіциклоїди за даними величинами d і R (рис. 74, а) ведуть так. Радіусом R будують дугу прямого кола і обмежують її сектором, центральний кут α якого визначають за наведеною вище формулою. З точки O_c проводять центрову лінію радіусом $O_c O = R - \frac{d}{2}$. Коло і дугу OO_8 центральної лінії ділять на однакову кількість рівних частин, наприклад на вісім. З центра O_c радіусами $O_c I, O_c 2, \dots$ проводять концентричні кола, а з точок O_1, O_2, O_3, \dots як із центрів дугами радіуса $\frac{d}{2}$ послідовно засікають ці кола. Знаходять точки A_1, A_2, A_3, \dots епіциклоїди. Наприклад, з центра O_1 роблять засічку на дузі, що проходить через точку I , з центра O_2 — на дузі, що проходить через точку 2 , і т. д.

Гіпоциклоїда (рис. 74, б). Величину центрального кута, що охоплює одну гілку гіпоциклоїди, обчислюють за тією самою формулою, що й для епіциклоїди. Розгляньте і поясніть побудову гіпоциклоїди (рис. 74, б). Послідовність цієї побудови така сама, як і епіциклоїди.

7.7. Спіральні криві

Із спіральних кривих розглянемо евольвенту кола і спіраль Архімеда.

Евольвента кола — це плоска крива, яку описує кожна точка прямої, перекоцнуваної по колу без ковзання (рис. 75, а).

На рис. 75, 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 d (рис. 75, а) ведуть так. Коло ділять на певну кількість рівних частин, наприклад на вісім. З точок $1, 2, 3, \dots$ поділу проводять до кола дотичні і відкладають на них відповідно $1/8, 2/8, 3/8, \dots$ довжини кола. Наприклад, відрізок $2-II$ дорівнює $\frac{\pi d}{8}$, відрізок $3-III$ дорівнює $\frac{2\pi d}{8}$ і т. д. Знайдені точки I, II, III, \dots сполучають за допомогою лекал.

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. 76).

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 .

Побудову спіралі за відомими кроком SA і полюсом S (рис. 76) ведуть так. З точки S 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 $1_1, 2_1, 3_1, \dots$ поділу кола проводять промені. З того самого центра радіусом, що дорівнює $S1$, проводять дугу

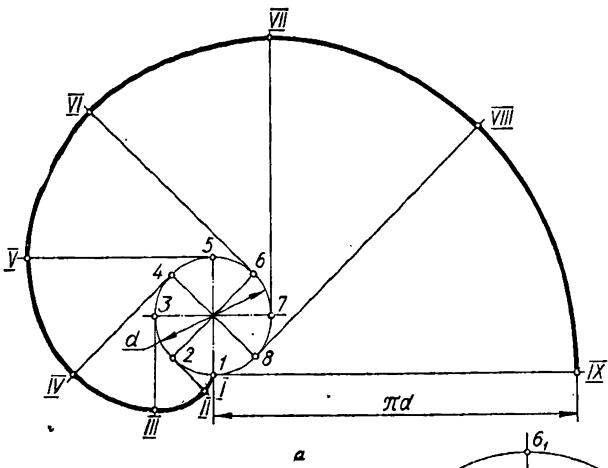
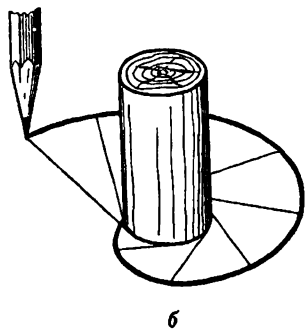


Рис. 75



б

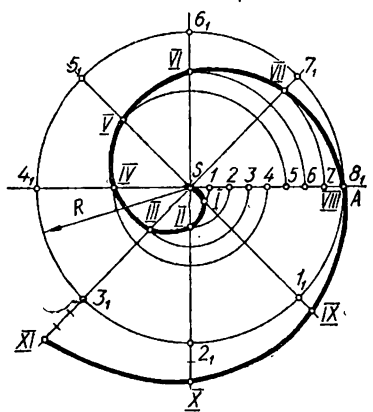


Рис. 76

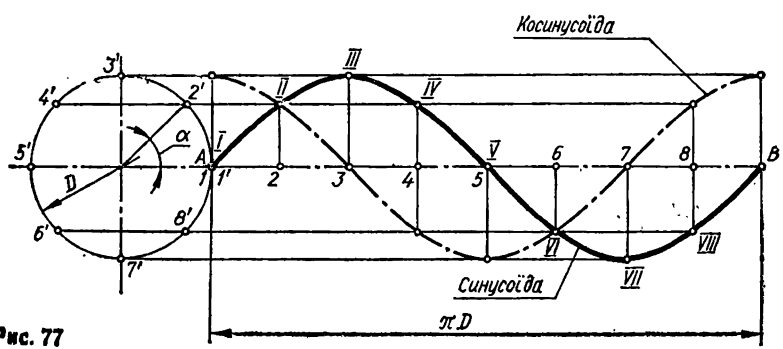


Рис. 77

до перетину з променем $S1_1$ в точці I , 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 S і A , сполучають за допомогою лекал.

7.8. Синусоїда

Синусоїда (рис. 77) — це траєкторія складного руху точки, яка одночасно бере участь у рівномірно-поступальному і зворотно-поступальному русі в напрямі, перпендикулярному до напрямку першого руху.

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

Вправа. Самостійно розгляньте і поясніть побудову синусоїди і косинусоїди за відомим діаметром кола d (рис. 77).

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 параметром?
7. Яка крива називається циклоїдою і як її побудувати за діаметром d твірного кола?
8. Що таке евольвента і як її побудувати за діаметром d кола?

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Лекальні криві». На кожне запитання знайдіть правильну відповідь з тих, що є в кінці картки, і запишіть номер відповіді. Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми «Лекальні криві»

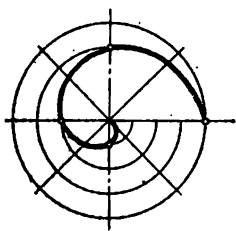


Рис. 1

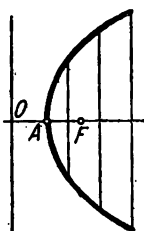


Рис. 2

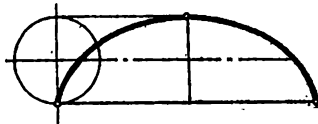


Рис. 3

1. Як називається крива на рис. 1?
2. Як називається крива на рис. 2?
3. Як називається крива на рис. 3?
4. Як називається крива, яку задають таким означенням: «Незамкнена плоска крива, у якій різниця відстаней будь-якої точки M від фокусів F_1 і F_2 є величиною стала, що дорівнює відстані між її вершинами?»

5. Як називається крива, яку задають рівнянням $y^2 = 2px$?
6. Яка крива утворюється при перегині конуса площиною, паралельною його осі?
7. Чому дорівнює фокусна відстань еліпса, велика вісь якого $AB = 100$ мм, а мала $CD = 70$ мм?
8. На поверхні циліндра одним кінцем закріплена нитка. Яку криву опише другий кінець нитки, якщо змотувати її з циліндра?
9. Яке з рівнянь, наведених у відповідях, передає характерну властивість еліпса?
10. Мотоцикліст їде ззовні по коловій арені. Яку криву опише точка, зафіксована на ободі колеса мотоцикла?

Відповіді

- | | | |
|---------------------|-------------------------|-----------------------|
| 1. Еліпс | 8. Гіпоциклоїда | 14. $R_1 + R_2 = 2a$ |
| 2. Евольвента | 9. Циклоїда | 15. $\approx 69,5$ мм |
| 3. Гіпербола | 10. Косинусоїда | 16. $\approx 71,4$ мм |
| 4. Парабола | 11. $c^2 = a^2 + b^2$ | 17. $\approx 66,3$ мм |
| 5. Синусоїда | 12. $y = \sin x$ | 18. 50 |
| 6. Спіраль Архімеда | 13. $a = \frac{p^2}{2}$ | 19. 80 |
| 7. Епіциклоїда | | 20. 30 |

ПРОЕКЦІЙНЕ КРЕСЛЕННЯ

§ 8. МЕТОД ПРОЕКТУВАННЯ. КОМПЛЕКСНЕ КРЕСЛЕННЯ ТОЧКИ

8.1. Метод проектування

Проекційне креслення вивчає способи побудови на площині зображень предметів, що мають три виміри. За цими зображеннями учень повинен уміти визначати форму предмета, його величину, розташування окремих його частин, положення предмета відносно інших тіл і т. п. Перед тим, хто вивчає курс креслення, стоїть принаймні два основних завдання:

1) навчитися за певними законами будувати креслення різних предметів;

2) уміти читати креслення будь-якого виробу або деталі.

Друге завдання більш складне, бо потребує не лише знання основних законів креслення і стандартів, а й досить розвинутої просторової уяви.

Для побудови зображень предметів на площині користуються методом проектування. Слово «проекція» — латинське, від дієслова *proiecere*, що в перекладі означає «кинути наперед».

Отже, проекція — це зображення предмета, «відкинуте» на площину за допомогою променів. Спроектувати предмет — це означає зобразити його на площині.

Проекції поділяють на центральні і паралельні.

Ідею **центрального проектування** видно з рис. 78, а. Точка S , з якої виходять проєктуючі промені, називається *центром проєкцій*. Площина Π_1 , на яку проєктується предмет, називається *площиною проєкцій*. Площина Π_1 і точка S становлять *апарат центральної проєкції*. Проектований трикутник ABC називається *оригіналом*, або *натурою*. Щоб спроекувати трикутник, треба з центра проєкцій S через усі його вершини провести проєктуючі промені до перетину з площиною проєкцій Π_1 . Точки перетину A_1, B_1, C_1 називаються *центральною проєкцією вершин A, B, C на площину Π_1* , а трикутник A_1, B_1, C_1 — *центральною проєкцією трикутника ABC* . Центральні проєкції застосовують в архітектурно-будівельній справі, у малюванні тощо.

У кресленні користуються методом **паралельного проектування** (рис. 78, б). Як і в минулому випадку, вибирають *площину проєкцій* Π_1 , але замість центра проєкцій S задають *напрямок проектування s* , тобто вважають, що точка S — центр проєкцій — віддалена в нескінченність і тому проєктуючі промені паралельні між собою. Площина Π_1 і напрям становлять *апарат паралельної проєкції*. Щоб спроекувати трикутник ABC на площину Π_1 , проводять через вершини A, B, C проєктуючі промені паралельно напрямку проектування s . Трикутник

$A_1B_1C_1$, утворений внаслідок перетину променів AA_1 , BB_1 , CC_1 з площиною Π_1 , є паралельною проекцією трикутника ABC .

Паралельні проекції поділяють на прямокутні і косокутні. Якщо проектуючі промені перпендикулярні до площини проєкцій (рис. 78, в), то такий спосіб проектування називають *прямокутним*, а проєкції, що дістають при цьому, — *прямокутними*, або *ортогональними*. Якщо ж кут нахилу променів не дорівнює 90° , то така паралельна проєкція називається *косокутною*. У кресленні звичайно користуються прямокутними проєкціями.

8.2. Проектування точки на три площини проєкцій

Одна прямокутна проєкція точки не визначає її положення в просторі. Справді, проєкції A_1 (рис. 79) відповідає в просторі безліч точок, які лежать на проектуючому промені, що йде через точку A_1 перпендикулярно до площини проєкцій Π_1 . Сукупністю двох прямокутних проєкцій на дві взаємно перпендикулярні площини можна визначити форму і положення в просторі об'єктів проектування. Але в кресленні при побудові зображень часто використовують три площини проєкцій і тому розглянемо закони прєктування на три площини проєкцій.

Скористаємося трьома взаємно перпендикулярними площинами, що утворюють прямий тригранний кут (рис. 80, а). Тут Π_1 — *горизонтальна*, Π_2 — *фронтальна* і Π_3 — *профільна* площини проєкцій; лінії Ox , Oy , Oz взаємного перетину площини проєкцій — *осі проєкцій*; точка O — *початок осей проєкцій*.

Розмістимо в просторі тригранного кута точку A і побудуємо її проєкції на площини Π_1 , Π_2 і Π_3 (точку можна розглядати як вершину якогось предмета, наприклад паралелепіпеда, зображеного на рис. 81). Для цього з точки A проведемо проектуючі промені AA_1 , AA_2 , AA_3 , перпендикулярні до площин проєкцій, до перетину з ними. Внаслідок перетину дістанемо A_1 — *горизонтальну*, A_2 — *фронтальну* і A_3 — *профільні проєкції точки A* (проєкції позначають тією самою буквою, якою позначена сама точка, з індексом 1 для горизонтальної, 2 — для фронтальної і 3 — для профільної проєкцій). Перпендикуляр AA_1 називається *горизонтально проектуючим*, AA_2 — *фронтально проектуючим* і AA_3 — *профільно проектуючим променями*. Проектуючі промені AA_1 і AA_2 утворюють площину, перпендикулярну до осі Ox і до площин Π_1 і Π_2 . Ця площина перетне площини проєкцій по прямих A_1A_x і A_2A_x , перпендикулярних до осі Ox . Точку перетину цієї площини з віссю Ox позначають A_x .

Аналогічно міркуючи, дістають прямі A_1A_y , A_3A_y , перпендикулярні до осі Oy , і прямі A_2A_z , A_3A_z , перпендикулярні до осі Oz .

8.3. Комплексне креслення

Від просторового зображення точки і її проєкцій переходять до *плоского*, або *комплексного*, креслення, яке утворюється внаслідок *обертання* площин проєкцій навколо осей.

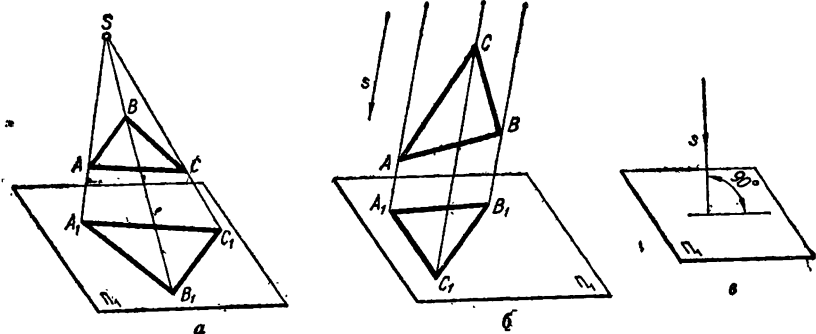


Рис. 78

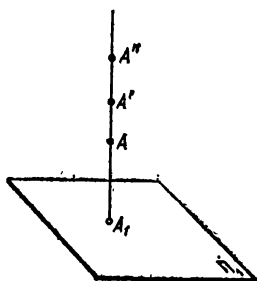


Рис. 79

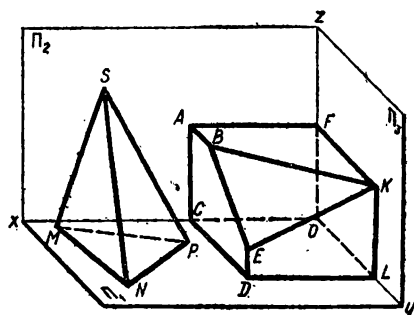


Рис. 81

Вважаючи тригранний кут розщепленим по осі Oy (рис. 80, а, б) і залишаючи нерухомою фронтальну площину проєкцій Π_2 , обертають горизонтальну площину Π_1 навколо осі Ox униз на 90° , а профільну Π_3 — навколо осі Oz вправо на 90° до їх суміщення з фронтальною площиною. Напрямок обертання показано на рис. 80, а стрілками. Утворене плоске креслення трьох площин проєкцій разом з побудованими на них проєкціями A_1, A_2, A_3 точки A називають *комплексним кресленням точки A* . На комплексному кресленні вісь Oy_1 крім свого вертикального положення (вниз від точки O) займає й друге — горизонтальне положення Oy_3 (вправо від точки O).

Пряма, що сполучає дві проєкції точки на комплексному кресленні, називається *лінією зв'язку*.

Розглядаючи рис. 80, б, можна сформулювати такі основні положення:

а) горизонтальна A_1 і фронтальна A_2 проєкції точки завжди розміщуються на одній вертикальній лінії зв'язку;

б) фронтальна A_2 і профільна A_3 проєкції точки завжди розміщуються на одній горизонтальній лінії зв'язку;

в) горизонтальна A_1 і профільна A_3 проєкції точки розміщуються на лініях зв'язку, що перетинаються на бісектрисі кута y_1Oy_3 . Ця бісектриса дістала назву *постійної прямої креслення* і позначається буквою K , а лінія зв'язку $A_1A_0A_3$ — *ламою, або горизонтально-вертикальною, лінією зв'язку*.

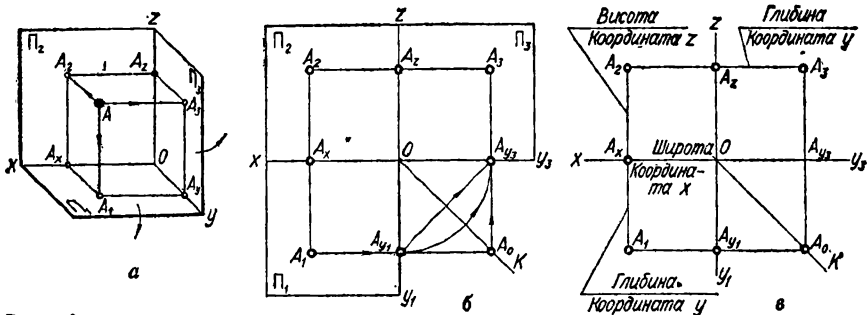


Рис. 80

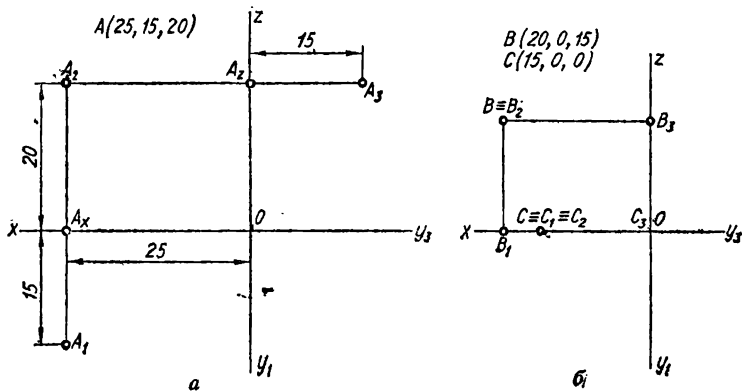


Рис. 82

8.4. Виміри і координати точки

У просторі є безліч точок, що займають різне положення відносно площин проєкцій Π_1, Π_2, Π_3 . Наприклад, піраміда і зрізаний паралелепіпед (рис. 81) мають 13 вершин. Щоб визначити положення кожної точки окремо, **треба** знати три її виміри — висоту, глибину і широту.

Висоту точки (рис. 80, а — в) вимірюють віддаллю її самої від горизонтальної площини проєкцій або її фронтальної проєкції A_2 від осі Ox ($AA_1 = A_2A_x$).

Глибину точки вимірюють віддаллю її самої від фронтальної площини проєкцій або її горизонтальної проєкції A_1 від осі Ox ($AA_2 = A_1A_x$).

Широту точки вимірюють віддаллю її самої від профільної площини проєкцій або точки A_x від початку O осей проєкцій ($AA_3 = A_xO$).

Ці твердження випливають з розгляду прямокутників $AA_1A_xA_2$ і $AA_1A_yA_3$.

Дуже часто виявляється зручним задавати положення точки в просторі її прямокутними координатами. При цьому площини проєкцій Π_1, Π_2 і Π_3 вважають за систему трьох взаємно перпендикулярних координатних площин, а точку O — за початок відліку координат.

Тоді: а) відрізок $AA_3 = A_xO$ буде координатою x цієї точки, тобто відстанню від точки до площини Π_3 (широтою); б) відрізок $AA_2 = A_1A_x$ — координатою y , тобто відстанню від точки до площини Π_2 (глибиною); в) відрізок $AA_1 = A_2A_x$ — координатою z точки A , тобто відстанню від точки до площини Π_1 (висотою).

8.5. Побудова проєкцій точки за її координатами (виміри)

Розглянемо на прикладі побудову проєкцій точки за її координатами. Задано точку $A(25, 15, 20)$, тобто $x = 25$ мм; $y = 15$ мм; $z = 20$ мм. Треба побудувати комплексне креслення точки A в системі трьох площин проєкцій.

Проводять осі Ox , Oy , Oz (рис. 82, а). Від точки O по осі Ox відкладають координату $x = 25$ мм і через знайдену точку A_x проводять вертикальну лінію зв'язку. На цій лінії вниз від A_x відкладають координату $y = 15$ мм і дістають горизонтальну проєкцію A_1 , а вгору — координату $z = 20$ мм і дістають фронтальну проєкцію A_2 . Знайдені проєкції A_1 і A_2 визначають положення точки в просторі. Якщо треба побудувати третю, профільну проєкцію, то з A_2 проводять горизонтальну лінію зв'язку і відкладають праворуч від осі Oz (від точки A_2) відрізок, що відповідає координаті y ($A_2A_3 = 15$ мм). A_3 — профільна проєкція точки A .

На рис. 82, б побудовано комплексні креслення точок $B(20, 0, 15)$ і $C(15, 0, 0)$.

8.6. Різні положення точок у просторі відносно площин проєкцій

Можливі такі випадки:

Точка розташована в просторі. Тоді її задають трьома координатами (вимірами). Усі три проєкції точки віддалені від осей проєкцій (рис. 82, а).

Точка лежить на одній з площин проєкцій — Π_1 , Π_2 або Π_3 . У цьому разі відстань від точки до площини проєкцій, на якій вона лежить, дорівнює нулю, тобто точку задають лише двома координатами. Одна проєкція збігається з самою точкою, а дві інші лежать на осях. На рис. 82, б побудовано точку $B(20, 0, 15)$, що лежить на площині Π_2 , бо її координата y (глибина) дорівнює нулю. Тут фронтальна проєкція B_2 збігається з самою точкою B , горизонтальна проєкція B_1 лежить на осі Ox , а профільна B_3 — на осі Oz .

Точка лежить на одній з осей проєкцій — Ox , Oy або Oz . У цьому разі відстані від точки до двох площин проєкцій, яким вона належить, дорівнюють нулю, тобто точку задають лише однією координатою. Дві проєкції такої точки збігаються з самою точкою, а третя лежить на початку осей — у точці O . На рис. 82, 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 проєкції збігаються з самою точкою C , а профільна проєкція C_3 лежить у точці O .

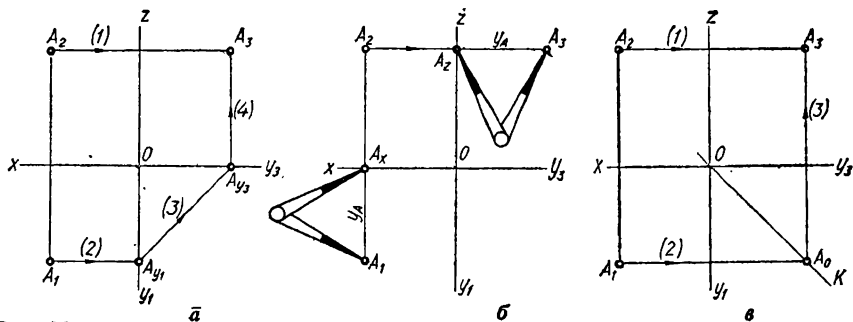


Рис. 83

8.7. Побудова третьої проекції точки за двома відомими 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:

Проекційний спосіб (рис. 83, а). З фронтальної проекції A_2 проводять горизонтальну лінію зв'язку. З горизонтальної проекції A_1 опускають перпендикуляр на вісь Oy_1 , дістають точку A_{y_1} і за допомогою циркуля або рівнобедреного прямокутного трикутника знаходять на осі Oy_3 положення точки A_{y_3} . З цієї точки проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з горизонтальною лінією, проведеною з A_2 . Точка A_3 і буде профільною проекцією точки A .

Координатний спосіб (рис. 83, б). З фронтальної проекції A_2 проводять горизонтальну лінію зв'язку. Вимірюють циркулем відстань від проекції A_1 до осі Ox (глибину точки, або координату y) і відкладають цей відрізок на лінії зв'язку праворуч від точки A_2 . Дістають профільну проекцію A_3 .

Спосіб з використанням постійної прямої креслення (рис. 83, в). З фронтальної проекції A_2 проводять горизонтальну лінію зв'язку. З горизонтальної проекції A_1 проводять горизонтальну лінію зв'язку до перетину в точці A_0 з постійною прямою K , тобто з бісектрисою кута y_1Oy_3 . З точки A_0 проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з лінією, проведеною з фронтальної проекції A_2 .

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

8.8. Читання комплексного креслення точки

До читання креслення можна включити розв'язання таких питань:

- знаходження третьої проекції за двома заданими;
- визначення координат і положення точки відносно площин проекцій;

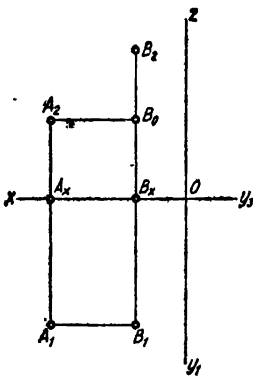


Рис. 84

Висота точок різна. Точка B лежить вище від площини проєкцій Π_1 на величину B_2B_0 .

в) побудова аксонометричного зображення точки за комплексним кресленням;

г) аналіз взаємного розташування кількох точок відносно площин проєкцій.

На рис. 84 задано проєкції точок A і B . Ці точки розташовані в просторі, бо жодна з координат точок не дорівнює нулю. З рисунка бачимо, що широта точки A більша за широту точки B , бо відрізок OA_x більший за відрізок OB_x . Отже, точка A лежить далі від площини проєкцій Π_3 , ніж точка B . Глибина точок A і B однакова, бо координати y (відрізки A_1A_x і B_1B_x) рівні. Звідси випливає, що ці точки однаково віддалені від площини проєкцій Π_2 .

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. У чому полягає суть центрального проєктування?
2. У чому полягає суть паралельного проєктування?
3. На які види поділяють паралельні проєкції?
4. Як називають і як позначають три основні площини проєкцій?
5. Як позначають осі проєкцій?
6. Як називаються промені AA_1 ; AA_2 ; AA_3 ?
7. Що таке комплексне креслення точки і як його дістають?
8. Сформулюйте основні положення проєктування точки.
9. Які виміри, або координати, має точка, що лежить у просторі? що лежить на площині проєкцій Π_3 ? що лежить на осі проєкцій Oy ?
10. У якій послідовності будують проєкції точки за її координатами?
11. Якими способами можна побудувати третю проєкцію точки за двома її відомими?
12. Візьміть на комплексному кресленні дві точки, розташовані на одному проєктуючому промені відносно площини проєкцій Π_2 . Запишіть координати цих точок.
13. Візьміть на комплексному кресленні дві точки, розташовані на однаковій відстані від площин проєкцій Π_2 і Π_3 . Запишіть їх координати.
14. Задано точки $A(40, 60, 10)$; $B(0, 18, 50)$; $C(60, 0, 30)$; $D(0, 30, 0)$. Побудуйте на комплексному кресленні три проєкції кожної з цих точок. Побудуйте наочне зображення цих точок у кабінетній проєкції.

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Проєктування точки». На кожне запитання запишіть номер правильної відповіді з тих, що подано в картці. Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми «Проєктування точки»

- | | |
|--|------------------------------------|
| 1. Як називається площина проєкцій Π_3 ? | 2. Як називається лінія A_1A_2 ? |
| I. Горизонтальна | I. Проєкційна лінія |
| II. Фронтальна | II. Лінія зв'язку |
| III. Профільна | III. Вертикальна лінія зв'язку |
| | IV. Постійна пряма |
| | V. Вісь проєкцій |

3. Як називається пряма K (рис. 1)?

- I. Проекційна пряма
- II. Похила пряма
- III. Лінія зв'язку
- IV. Постійна пряма

4. Які з точок лежать на площині проєкцій Π_3 (рис. 1)?

- I. A ; B III. C V. A ; C
- II. A ; D IV. E ; D VI. A

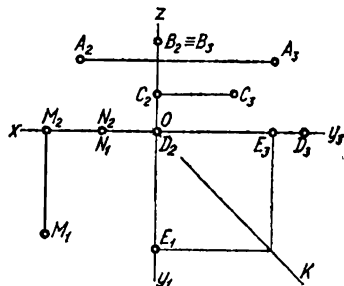


Рис. 1

5. Які з точок лежать на осі проєкцій Oy (рис. 1)?

- I. D III. M ; D V. D ; E
- II. D ; N IV. E VI. N

6. Яка з точок найбільше віддалена від площини Π_2 (рис. 1)?

- I. D III. M V. C
- II. E IV. B VI. A

7. Якими координатами задають точку, що лежить на площині проєкцій Π_1 ?

- I. x, y II. x, y, z III. x, z
- IV. y, z V. x VI. y

8. Скільки вершин має деталь, зображена на рис. 2?

- I. 8
- II. 12
- III. 14
- IV. 10
- V. 11



Рис. 2

9. Задано точки $A(45, 20, 80)$; $B(30, 60, 40)$; $C(80, 45, 10)$. Яка з них найбільшчужа до площини проєкцій Π_3 ?

- I. A II. B III. C

10. Яким способом знайдено проєкцію A_3 (рис. 3)?

- I. Проекційним
- II. Координатним
- III. За допомогою постійної прямої

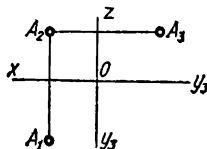


Рис. 3

§ 9. ПРОЕКТУВАННЯ ПРЯМОЇ ЛІНІЇ

9.1. Проектування прямої на три площини проєкцій

Пряму можна розглядати як результат перетину двох площин (рис. 85, а, б).

Пряма в просторі безмежна. Обмежена частина прямої називається відрізком.

Проектування прямої зводиться до побудови проєкцій будь-яких двох її точок, бо дві точки повністю визначають положення прямої в просторі. Провівши через точки A і B (рис. 85, а) перпендикуляри до площини Π_1 , на перетині знайдемо їх горизонтальні проєкції A_1 і B_1 . Відрізок A_1B_1 — горизонтальна проєкція прямої AB . Те саме матимемо й тоді, коли проведемо перпендикуляри до площини Π_1 з довільних точок прямої AB . Сукупність цих перпендикулярів (проектуючих променів) утворює горизонтально проектуючу площину α , яка перетинається з площиною Π_1 по прямої A_1B_1 , що є горизонтальною проєкцією прямої AB . Міркуючи аналогічно, знаходимо фронтальну проєкцію A_2B_2 прямої AB (рис. 85, б).

Одна проєкція прямої не визначає положення прямої в просторі. Справді, відрізок A_1B_1 (рис. 85, а) може бути проєкцією будь-якого

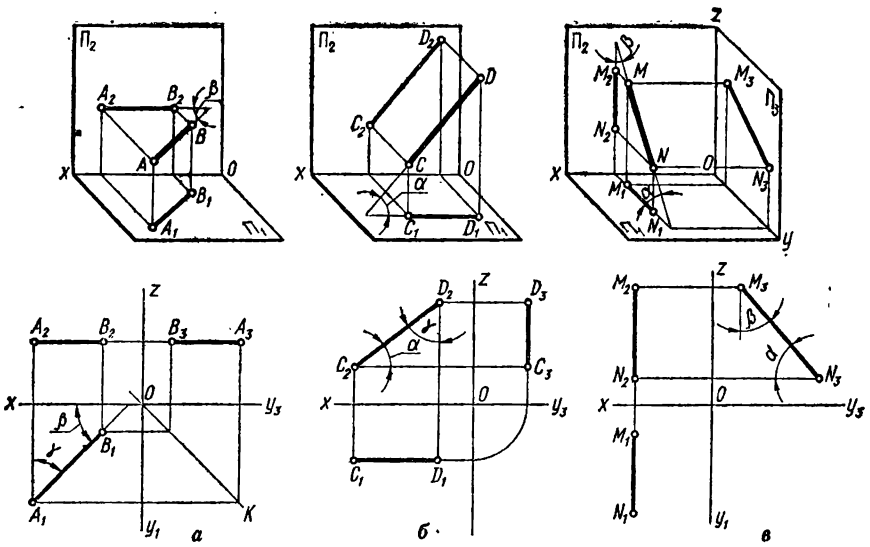


Рис. 87

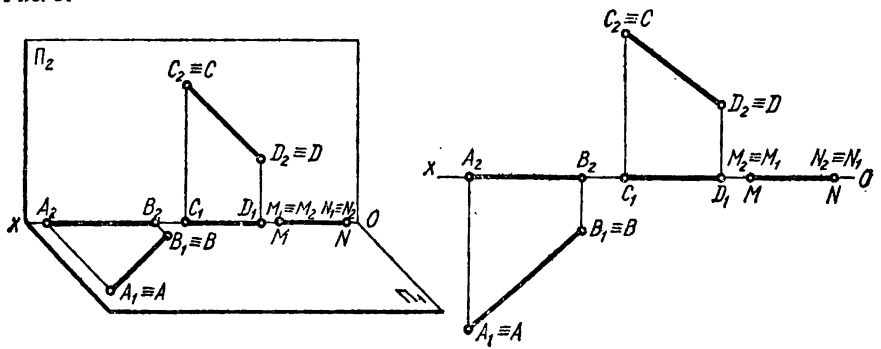


Рис. 88

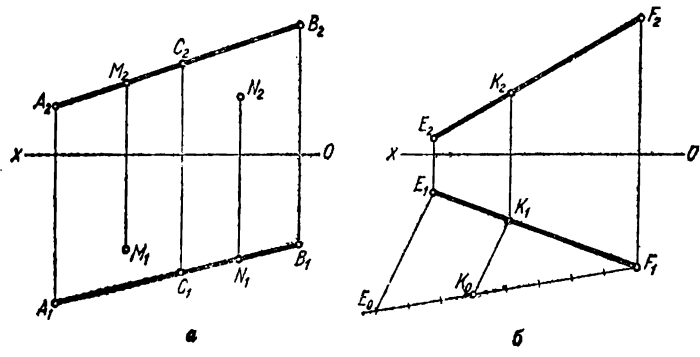
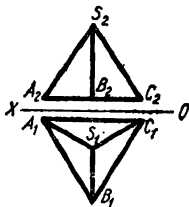


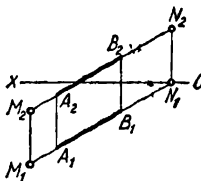
Рис. 89

9. Скільки ребер піраміди є прямими загального положення?



- I. 2
- II. 3
- III. 0
- IV. 4

10. Які сліди прямої AB побудовані правильно?



- I. Горизонтальний
- II. Фронтальний
- III. Горизонтальний і фронтальний

§ 10. ПРОЕКТУВАННЯ ПЛОЩИНИ

10.1. Зображення площини на комплексному кресленні

З елементарної геометрії відомо, що *через будь-які три точки, які не лежать на одній прямій, можна провести площину і притому тільки одну*. Отже, на комплексному кресленні площину можна зобразити проєкціями геометричних елементів, що повністю визначають її положення в просторі, а саме:

- а) трьох точок, що не лежать на одній прямій (рис. 93, а);
- б) прямої і точки, розташованої поза нею (рис. 93, б);
- в) двох прямих, що перетинаються (рис. 93, в);
- г) двох паралельних прямих (рис. 93, г);
- д) трикутника або іншої плоскої фігури (рис. 93, д).

З рисунків бачимо, що від одного виду зображення площини легко перейти до іншого. Так, щоб перейти від зображення площини прямою і точкою до зображення її трикутником, треба тільки сполучити точку з кінцями відрізка прямої.

Розглянемо ще один спосіб зображення площини — спосіб слідів. На рис. 93, е зображено площину σ , довільно розташовану в просторі. Прямі, по яких ця площина перетинається з площинами проєкцій, називаються *слідами площини*. Фронтальний слід σ_2 — це лінія перетину заданої площини σ з площиною проєкцій Π_2 ; горизонтальний слід σ_1 — лінія перетину площини σ з горизонтальною площиною проєкцій Π_1 ; профільний слід σ_3 — лінія перетину площини σ і Π_3 . Точки перетину заданої площини з осями проєкцій Ox , Oy і Oz називаються *точками збігу (сходження) слідів площини*. Позначають їх відповідно σ_x , σ_y і σ_z . На рис. 93, е площину, задану слідами, зображено на комплексному кресленні. З нього видно, що коли точка лежить на сліду (точки M і N), то одна проєкція (однойменна) збігається з самою точкою, а друга лежить на осі проєкцій.

10.2. Положення площини в просторі відносно площин проєкцій

Щоб навчитися читати креслення і будувати зображення складних технічних деталей (рис. 94), треба вміти аналізувати різні положення площин у просторі.

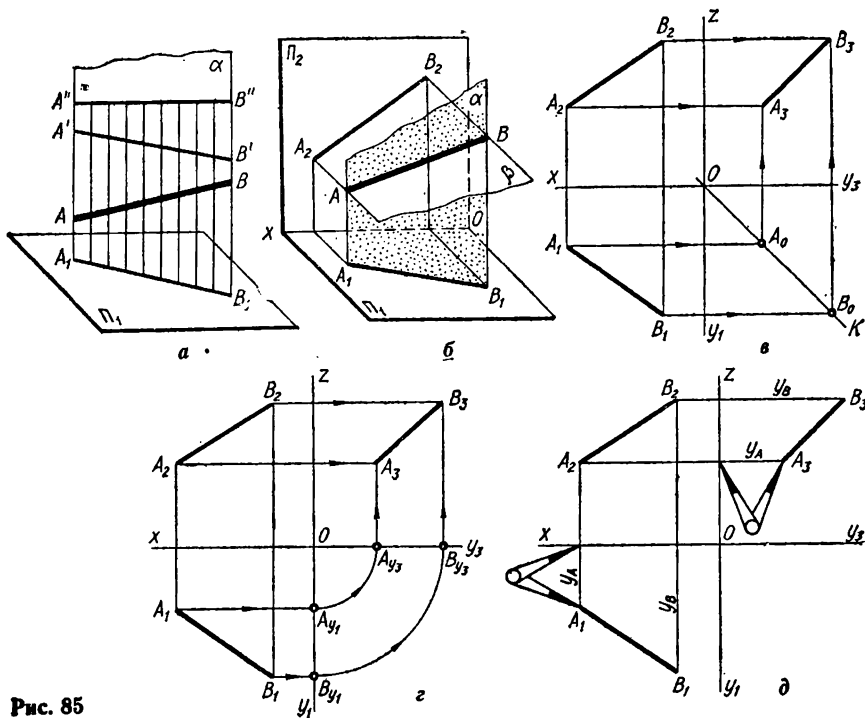


Рис. 85

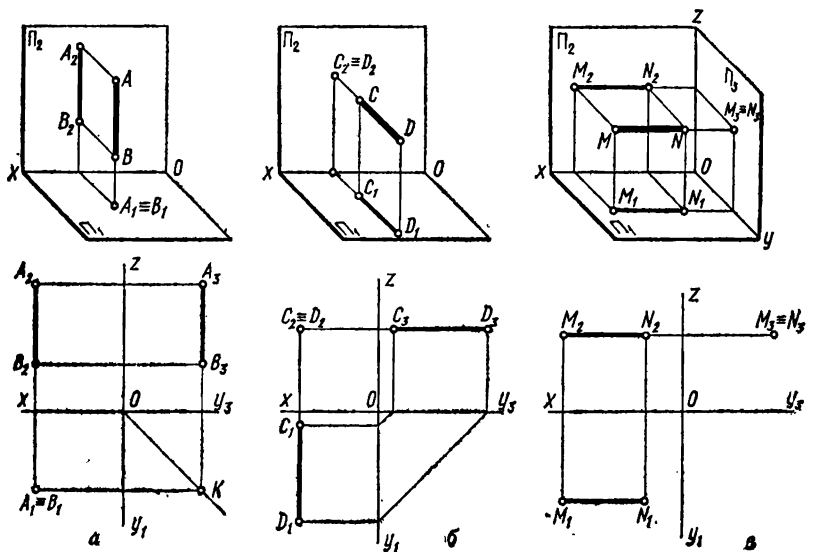


Рис. 86

відрізка, що лежить у проектуючій площині α . Положення прямої в просторі визначається сукупністю двох її проєкцій. Отже, знаючи положення горизонтальної A_1B_1 і фронтальної A_2B_2 проєкцій прямої (рис. 85, б), можна, поставивши з точок однієї і другої проєкцій перпендикуляри до площин Π_1 і Π_2 , дістати дві проектуючі площини α і β , які перетнуться по єдиній прямій AB .

На комплексному кресленні (рис. 85, в) зображено відрізок прямої AB загального положення (див. § 9.2), де A_1B_1 — горизонтальна, A_2B_2 — фронтальна і A_3B_3 — профільна проєкції його.

Для побудови третьої проєкції прямої за двома відомими можна використати ті самі способи, що й для побудови третьої проєкції точки: проєкційний (рис. 85, з), координатний (рис. 85, д) і з використанням постійної прямої креслення (рис. 85, е).

9.2. Положення прямої відносно площин проєкцій

На рис. 81 зображено паралелепіпед із зрізаною передньою верхньою вершиною і довільну трикутну піраміду. Ребра паралелепіпеда і піраміди займають різні положення в просторі відносно площин проєкцій. Щоб будувати і читати креслення, треба вміти аналізувати різні положення прямої в просторі.

За розташуванням у просторі розрізняють прямі окремого і загального положення.

Прямі окремого положення поділяють на проектуючі і прямі рівня.

Проектуючими називаються прямі, перпендикулярні до однієї з площин проєкцій, тобто паралельні двом іншим площинам. Пряма AB (рис. 86, а), перпендикулярна до площини проєкцій Π_1 , називається *горизонтально проектуючою прямою*; пряма CD (рис. 86, б), перпендикулярна до площини проєкцій Π_2 , називається *фронтально проектуючою прямою*; пряма MN (рис. 86, в), перпендикулярна до площини проєкцій Π_3 , називається *профільною проектуючою прямою*. На одній з площин проєкцій проектуюча 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.

Прямими рівня називаються прямі, паралельні одній з площин проєкцій. Пряма AB (рис. 87, а), паралельна горизонтальній площині проєкцій Π_1 , називається *горизонтальною прямою*, або, скорочено, *горизонталлю*. Пряма CD (рис. 87, б), паралельна фронтальній площині проєкцій Π_2 , називається *фронтальною прямою*, або, скорочено, *фронталлю*. Пряма MN (рис. 87, в), паралельна профільній площині проєкцій Π_3 , називається *профільною прямою*.

Прямі рівня проектуються на одну з площин проєкцій у натуральну величину, а на дві інші — у вигляді відрізків меншої величини, що займають на кресленні вертикальне або горизонтальне положення. За кресленням можна визначити справжню величину кутів нахилу прямої до площин проєкцій. Так, фронтальна проєкція A_2B_2 горизонталі паралельна осі проєкцій Ox , а горизонтальна A_1B_1 дорівнює натуральній величині відрізка прямої ($A_1B_1 = AB$). Кут β між

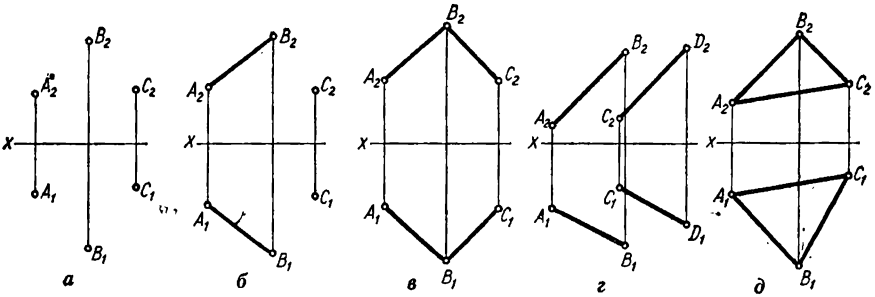


Рис. 93

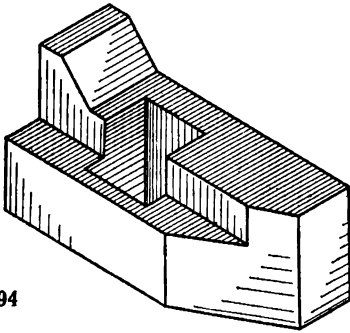
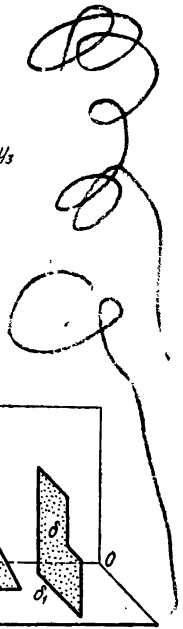
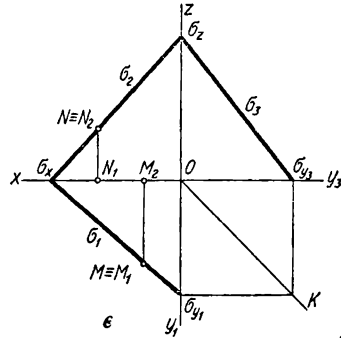
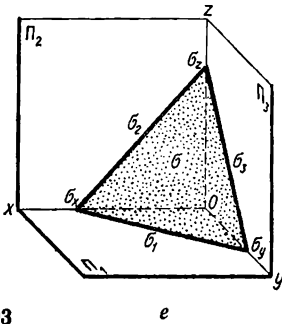


Рис. 94

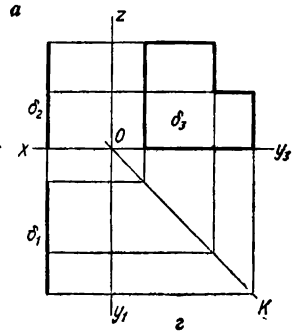
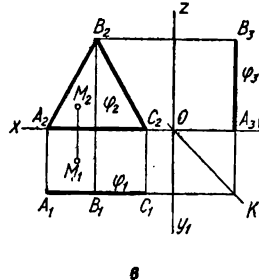
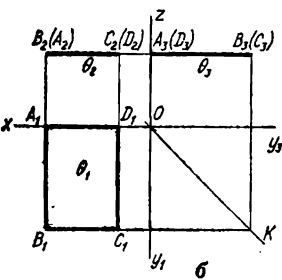
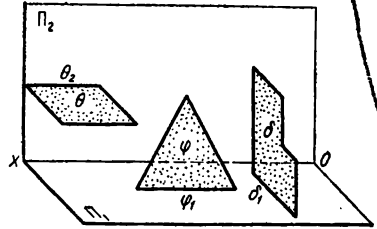


Рис. 95

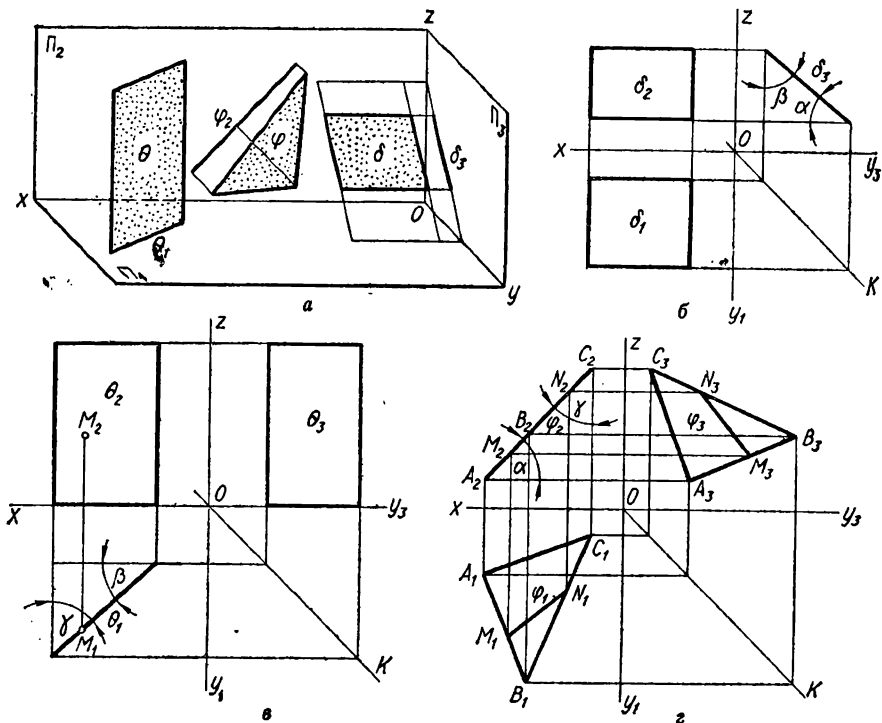


Рис. 96

За розташуванням у просторі розрізняють площини окремого і загального положення.

Площини окремого положення поділяють на площини рівня і проєктуючі.

Площина рівня паралельна одній або перпендикулярна до двох інших площин проєкцій. Розрізняють три види площин рівня: горизонтальну θ , тобто паралельну площині проєкцій Π_1 (рис. 95, а, б); фронтальну φ , паралельну площині проєкцій Π_2 (рис. 95, а, в), і профільну δ , паралельну площині Π_3 (рис. 95, а, г).

Розглянемо проєкційні ознаки площин рівня:

1. Довільна фігура, що лежить у площині рівня, проєктується в натуральну величину на ту площину проєкцій, якій ця площина рівня паралельна. На дві інші площини проєкцій фігура проєктується відрізками прямих, які займають вертикальне або горизонтальне положення. Так, прямокутник θ ($ABCD$) проєктується в натуральну величину на площину Π_1 (рис. 95, б), бо він лежить у горизонтальній площині рівня, а на площини проєкцій Π_2 і Π_3 він проєктується у вигляді горизонтальних відрізків θ_2 і θ_3 . Проєкцію площини рівня у вигляді прямої називають слідом-проєкцією.

2. Сліди-проєкції площин рівня мають збиральну властивість, яка полягає в тому, що проєкції точок, ліній, фігур, що лежать у цих площинах, розташовуються на слідах-проєкціях. Так, точка M (рис. 95, в)

не належить площині трикутника ABC , бо її горизонтальна проєкція M_1 не лежить на сліду-проєкції ϕ_1 площини трикутника.

4. Не обмежену певною фігурою площину рівня можна задавати лише одним слідом-проєкцією. Наприклад, горизонтальну площину можна задати слідом-проєкцією θ_2 , а фронтальну — слідом-проєкцією ϕ_1 (рис. 95, б, в).

Проектуючою називається площина, перпендикулярна до однієї з площин проєкцій. Розрізняють три види проектуючих площин: горизонтально проектуючу θ , перпендикулярну до площини проєкцій Π_1 (рис. 96, а, в), фронтально проектуючу ϕ , перпендикулярну до площини Π_2 (рис. 96, а, г), і профільно проектуючу δ , перпендикулярну до площини проєкцій Π_3 (рис. 96, а, б).

Основні проєкційні ознаки цих площин можна сформулювати так:

1. Проектуюча площина зображується прямою лінією (слідом-проєкцією) на перпендикулярній до неї площині проєкцій. На двох інших площинах проєкцій фігура, що лежить у проектуючій площині, зображується спотворено. Наприклад, трикутник ABC , що лежить у фронтально проектуючій площині (рис. 96, г), зображується на площині Π_2 у вигляді відрізка, нахиленого до осей проєкцій Ox і Oz , а його профільна проєкція $A_3B_3C_3$ і горизонтальна $A_1B_1C_1$ не дорівнюють справжній величині трикутника ABC .

2. Сліди-проєкції проектуючих площин мають збиральну властивість. Так, точка M (рис. 96, в) лежить у горизонтально проектуючій площині θ , бо її горизонтальна проєкція M_1 є на сліду-проєкції θ_1 . З тих самих міркувань і пряма MN належить площині трикутника ABC (рис. 96, г).

3. Проектуючу площину можна задати лише одним слідом-проєкцією.

4. За комплексним кресленням можна визначити кути нахилу проектуючої площини до площин проєкцій. Позначимо кути нахилу заданої площини до площин проєкцій Π_1 , Π_2 , Π_3 відповідно через α , β , γ . Кут α для горизонтально проектуючої площини дорівнює 90° , а кути β і γ нахилу до площин проєкцій Π_2 і Π_3 можна виміряти на комплексному кресленні (рис. 96, в). Сума кутів β і γ дорівнює 90° .

Вправа. Самостійно проаналізуйте кути, утворені проектуючими площинами з площинами проєкцій на рис. 96, б, г.

10.3. 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. 97, а), або через одну її точку паралельно іншій прямій, проведеної на площині (рис. 97, б).

З прямих, які лежать у площині, розглянемо прямі загального положення, горизонталі і фронталі.

Пряма загального положення. Припустимо, що в площині трикутника ABC треба провести довільну пряму DE (рис. 97, в). Побудову можна почати з будь-якої проєкції, наприклад з фронтальної D_2E_2 ,

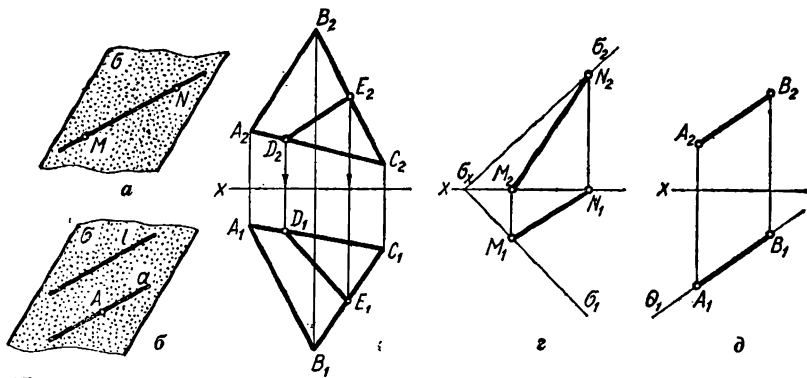


Рис. 97

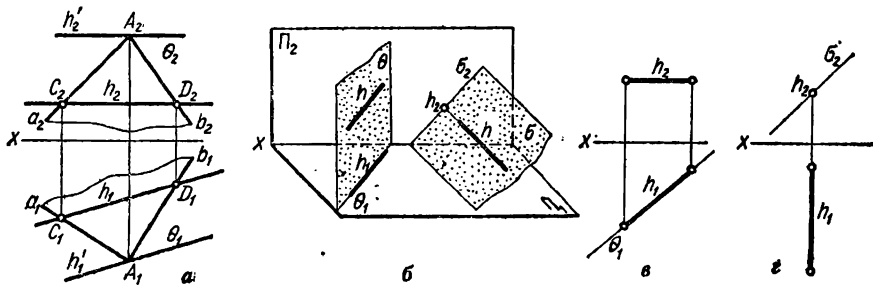


Рис. 98

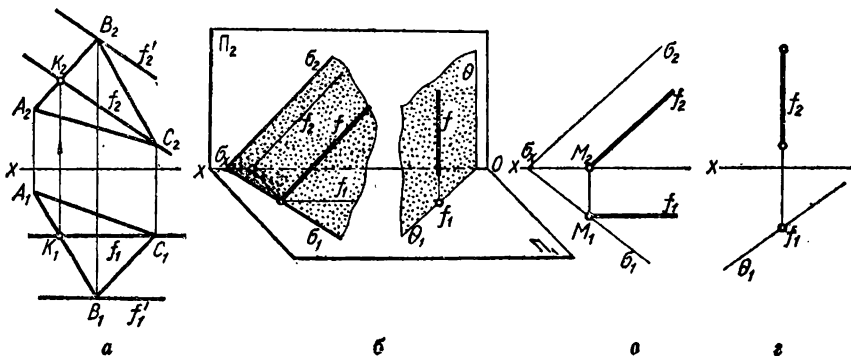


Рис. 99

Ця проєкція перетне трикутник в точках D_2 і E_2 . Провівши вертикальні лінії зв'язку, знайдемо горизонтальні проєкції D_1 і E_1 . Пряма D_1E_1 і є горизонтальною проєкцією шуканої прямої.

На рис. 97, з пряму загального положення побудовано в площині, заданій слідами. У цьому випадку користуються такою властивістю: якщо пряма лежить у площині, то сліди прямої лежать на **однорідних** слідах площини, тобто M_1 лежить на горизонтальному сліду σ_1 площини, а N_2 — на фронтальному сліду σ_2 .

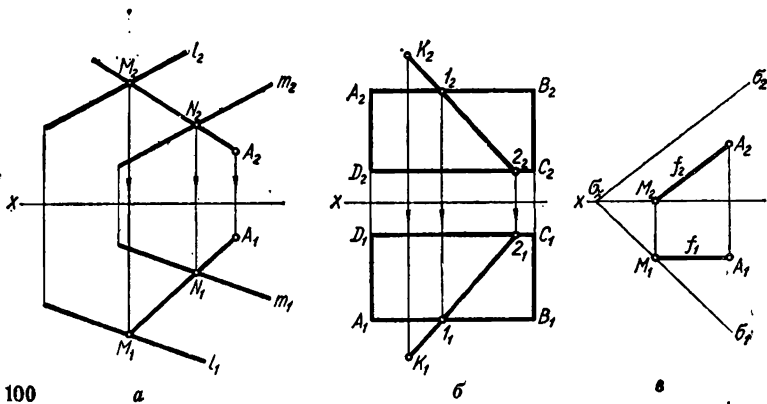


Рис. 100

Необхідною і достатньою умовою належності прямої площині окремого положення (рис. 97, д) є те, що проекція прямої (A_1B_1) має збігатися з однойменним слідом-проекцією (θ_1) площини. Фронтальна проекція A_2B_2 може займати довільне положення.

Горизонталь площини. Горизонталлю площини називається горизонталь (див. § 9.2), яка належить цій площині. Побудову горизонталі h площини θ , заданої пересічними прямими a і b (рис. 98, а), починаємо з проведення її фронтальної проекції h_2 , паралельної осі x . Ця проекція перетинає фронтальні проекції прямих a_2 і b_2 в точках C_2 і D_2 . Провівши вертикальні лінії зв'язку, знайдемо горизонтальні проекції C_1 та D_1 і сполучимо їх між собою. Пряма h_1 (C_1D_1) і є горизонтальною проекцією горизонталі h .

У площині можна провести безліч горизонталей, і всі вони будуть між собою паралельні. На рис. 98, а через точку A проведена ще одна горизонталь h' , причому $h'_1 \parallel h_1$, а $h'_2 \parallel h_2$. Горизонталь, що належить горизонтально проектуючій площині θ , зображено на рис. 98, б, в, а горизонталь, що лежить у фронтально проектуючій площині σ , — на рис. 98, б, г.

Фронталь площини. Фронталлю площини називається фронталь (див. § 9.2), що належить цій площині. Побудову фронталі f у площині трикутника ABC (рис. 99, а) починаємо з проведення її горизонтальної проекції f_1 , паралельної осі x . Ця проекція перетинає горизонтальні проекції A_1B_1 і B_1C_1 прямих у точках K_1 і C_1 . Провівши вертикальні лінії зв'язку, знайдемо фронтальні проекції K_2 і C_2 цих точок і сполучимо їх між собою. Пряма K_2C_2 — фронтальна проекція фронталі f .

У площині можна провести безліч фронталей, і всі вони будуть між собою паралельні. На рис. 99, а через точку B проведено ще одну фронталь f' . Фронталь, яка лежить у площині загального положення, заданій слідами, зображено на рис. 99, б, в, а фронталь, розміщену в горизонтально проектуючій площині θ , — на рис. 99, б, г.

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

На рис. 100, а площину задано паралельними прямими l і m . Треба знайти горизонтальну проекцію A_1 точки A , що лежить у цій площині,

коли відома її фронтальна проекція A_2 . Через A_2 проводять фронтальну проекцію M_2N_2 довільної допоміжної прямої, що належить площині. Знаходять горизонтальну проекцію M_1N_1 цієї прямої і проводять вертикальну лінію зв'язку A_2A_1 до перетину з M_1N_1 . Точка A_1 — горизонтальна проекція точки A , що належить заданій площині.

На рис. 100, б побудовано горизонтальну проекцію точки K , яка лежить у площині прямокутника $ABCD$, якщо відома її фронтальна проекція. На рис. 100, в за допомогою фронталі побудовані проекції точки A , що лежить у площині σ , заданій слідами.

10.4. 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 і т. п.). Більшість плоских технічних деталей має саме такі контури. Розглянемо проектування деяких плоских фігур.

Трикутник. На рис. 101, б зображено трикутник, що лежить у горизонтальній площині проекцій Π_1 , а на рис. 101, в — трикутник, площина якого паралельна Π_1 . 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. 101, а) і деяких інших фігурах. Трикутник на рис. 101, г розміщений у фронтально проектуючій площині. Його горизонтальна проекція не дорівнює справжній величині трикутника. Точка M належить площині трикутника ABC , бо її фронтальна проекція M_2 збігається із слідом-проекцією σ_2 цієї площини. На рис. 101, д зображено дві проекції трикутника загального положення — бічної грані піраміди (рис. 101, а). Фронтальну проекцію K_2 точки K , що належить трикутнику, знайдено за відомою горизонтальною проекцією K_1 проведенням допоміжної горизонталі 1—2.

Вправа. Розгляньте і поясніть різні випадки розташування і проектування прямокутників, зображених на рис. 102.

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.

Якщо горизонтальна і фронтальна проекції точок перетину діагоналей чотирикутника (рис. 103, а) розташовані на одному перпендикулярі до осі x , то чотирикутник є плоским. У нашому випадку ця умова не задовольняється, бо точки M_2 і K_1 не лежать на одній лінії зв'язку. Отже, точки A, B, C, D розташовані не в одній площині.

Інший спосіб перевірки такий (рис. 103, б): протилежні сторони чотирикутника AD і BC продовжено до взаємного перетину в точках K_2 і K_1 . Оскільки точки K_2 і K_1 лежать на одній вертикальній лінії зв'язку, то чотирикутник $ABCD$ є плоским.

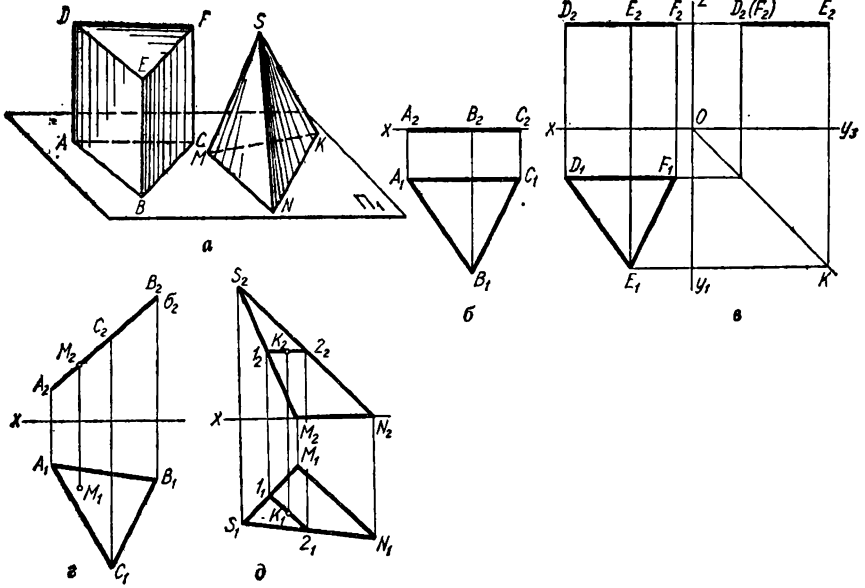


Рис. 101

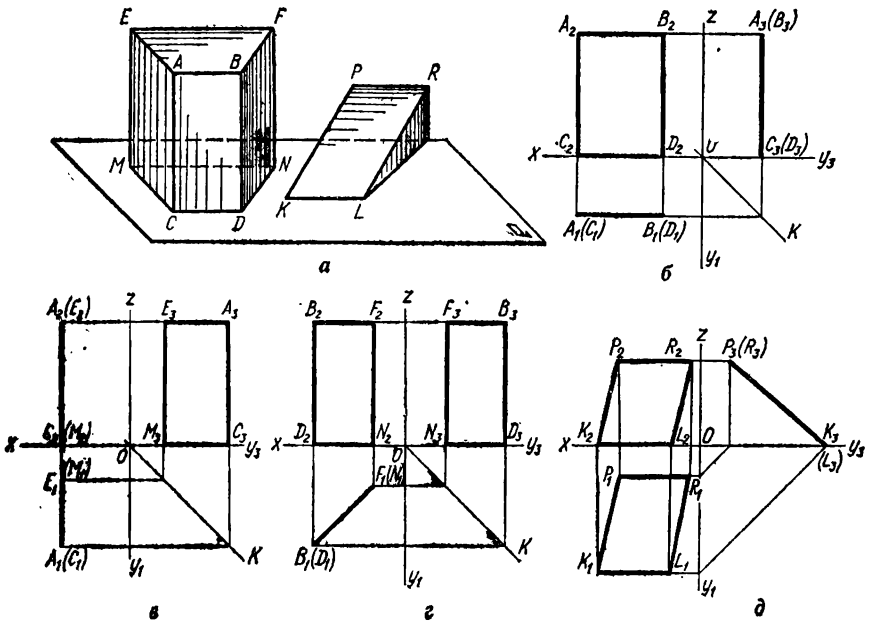


Рис. 102

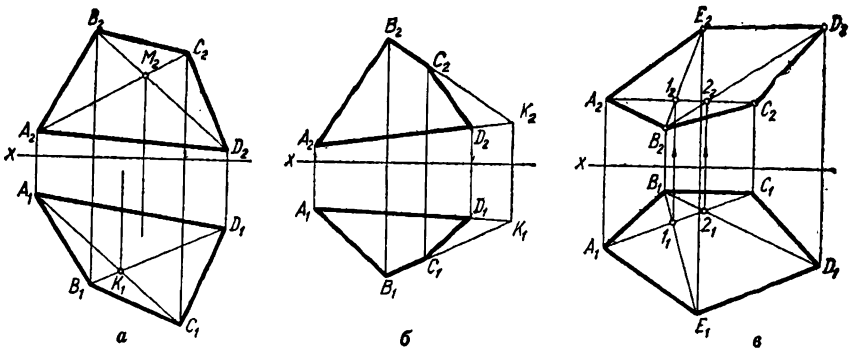


Рис. 103

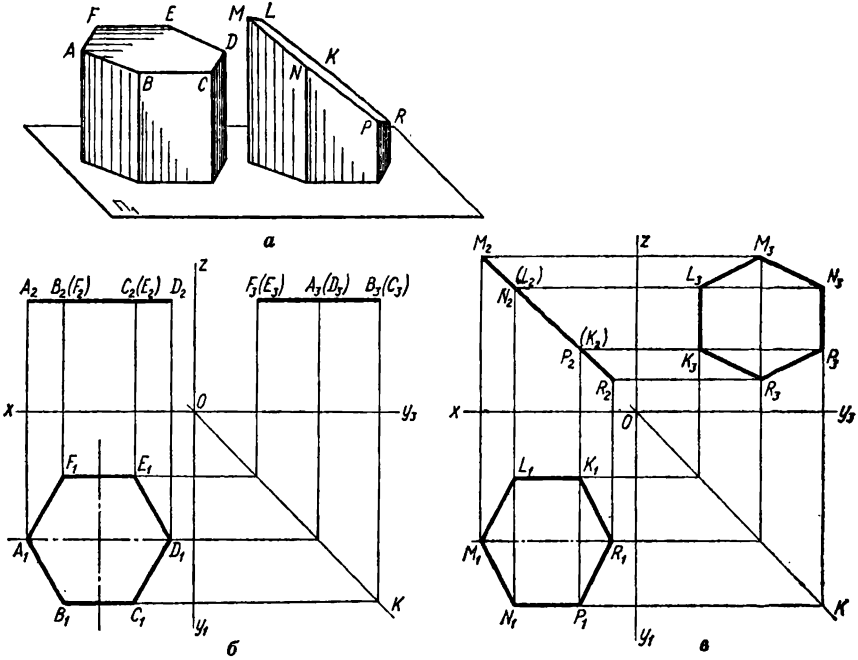


Рис. 104

На рис. 103, в повністю задано горизонтальну проекцію $A_1B_1C_1D_1E_1$ п'ятикутника і три точки A_2, B_2, C_2 його фронтальної проекції. Користуючись рисунком, поясніть, як за допомогою діагоналей знайдено проекції E_2 і D_2 .

Вправа. Проаналізуйте проектування правильних шестикутників (рис. 104, б, в), зображених на рис. 104, а.

Круг. Залежно від положення площини круга відносно площин проекцій він може проектуватись у вигляді кола, еліпса або прямолінійного відрізка. На рис. 105, а зображено проекції круга, площина якого паралельна площині проекцій Π_1 . На рис. 105, б площина круга

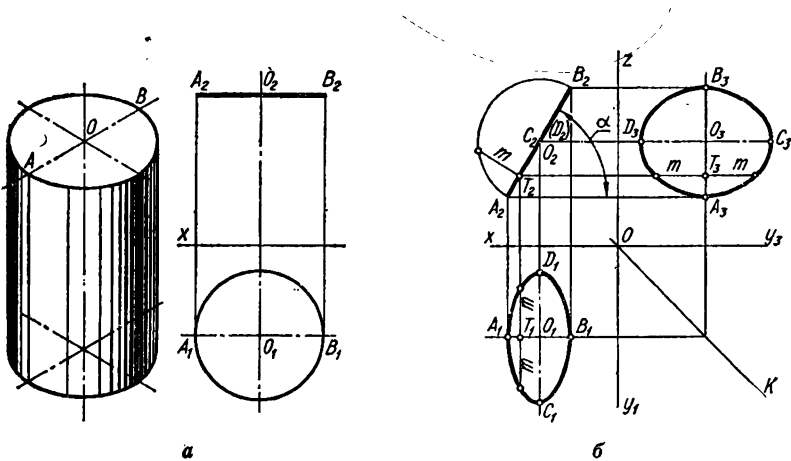


Рис. 105

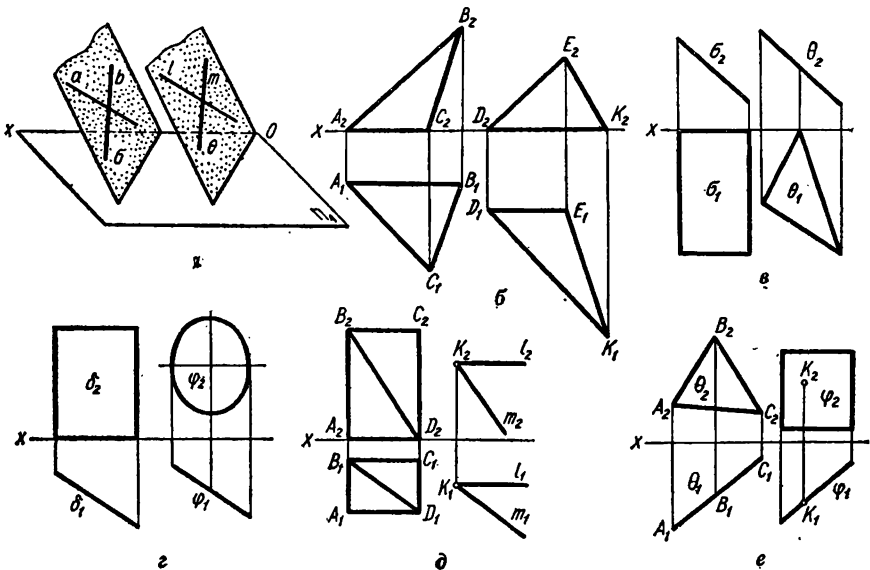


Рис. 106

займає фронтально проєктує положення. Тут на площині проєкцій Π_2 круг зобразиться відрізком A_2B_2 , нахиленим до осі Ox ; величина A_2B_2 дорівнює діаметру кола. На горизонтальну і профільну площини проєкцій круг проєктується у вигляді еліпсів. Велика вісь еліпса кола, тобто $C_1D_1 = A_2B_2$. Малу вісь A_1B_1 креслять, проводячи лінії зв'язку з точок A_2 і B_2 . Напрямок A_1B_1 паралельний осі проєкцій Ox , а величина її залежить від кута α нахилу площини кола.

За головними осями C_1D_1 і A_1B_1 способом, відомим з геометричної креслення, можна побудувати еліпс. Проміжні точки еліпса можна знайти також способом, показаним на рис. 105, б. З точки O_2 як із

центра проводять допоміжне півколо діаметра A_2B_2 . Довільна хорда цього півкола, перпендикулярна до A_2B_2 , визначає величину відрізка, що лежить у площині круга і паралельний горизонтальній площині проєкцій. Тому вимірюють величину, наприклад, хорди m , проведеної з довільної точки T_2 , і відкладають її в обидва боки від проєкції T_1 паралельно великій осі еліпса C_1D_1 . Побудову еліпса на профільній площині проєкцій видно з рис. 105, б.

10.5. Взаємне розташування площин

Дві площини в просторі можуть бути між собою паралельними і перетинатися.

Паралельні площини. Площини паралельні, якщо дві пересічні прямі однієї з них відповідно паралельні двом пересічним прямим другої (рис. 106, а). Трикутники ABC і DEK (рис. 106, б) паралельні між собою, бо 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-проєкції. На рис. 106, в зображено паралельні фронтально проєктуючі площини σ і θ , а на рис. 106, г — горизонтально проєктуючі площини δ і φ . 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. 106, д), досить через точку K провести дві прямі, нарізно паралельні двом прямим, що перетинаються і належать площині прямокутника. На рисунку через точку K проведено прямі l і m , відповідно паралельні стороні BC і діагоналі BD прямокутника.

Вправа. Поясніть, як через точку K (рис. 106, е) проведено площину, паралельну площині ABC .

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. 107, а, б зображено два прямокутники α і β , що перетинаються. Ці прямокутники (бічні грані призми) займають горизонтально проєктуюче положення, тобто перпендикулярні до площини проєкцій Π_1 . Лінією їх перетину буде пряма AB , яка також перпендикулярна до площини Π_1 . На рис. 107, а, в горизонтальна площина γ перетинається з горизонтально проєктуючою площиною α (верхня основа призми з бічною гранню). Площини перетинаються по прямій AC , проєкції якої збігаються з слідами-проєкціями цих площин, тобто з α_1 і γ_2 . На рис. 107, г, д зображено перетин двох фронтально проєктуючих площин α і β . Лінія їх перетину також буде фронтально проєктуючою прямою.

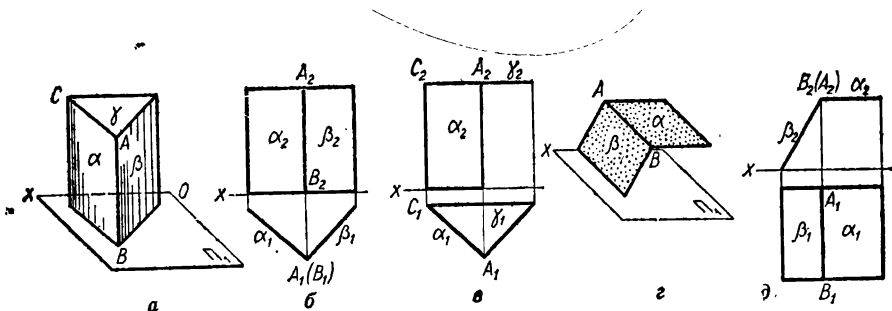


Рис. 107

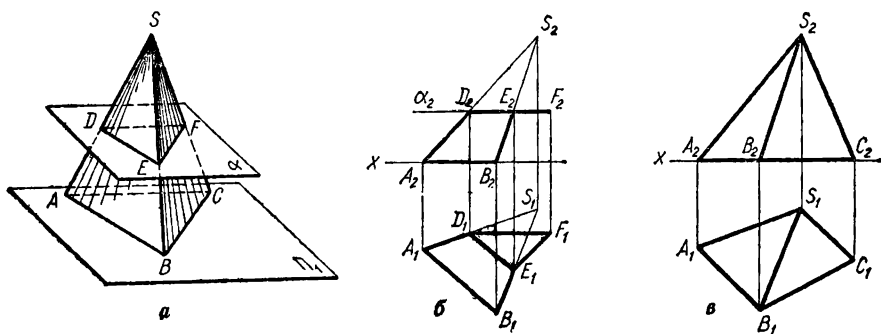


Рис. 108

Звідси можна зробити такі висновки:

а) дві площини, перпендикулярні до якої-небудь площини проєкцій, перетинаються по прямій, перпендикулярній до тієї самої площини проєкцій;

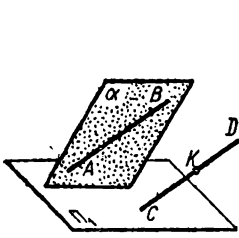
б) дві площини, перпендикулярні до різних площин проєкцій, перетинаються по прямій, проєкції якої збігаються із слідами-проєкціями площин.

На рис. 108, а, б зображено перетин горизонтальної площини рівня α з площиною загального положення — трикутником ABS . Фронтальна проєкція E_2D_2 лінії перетину збігається із слідом α_2 . Провівши в точок E_2 і D_2 лінії зв'язку, знайдемо горизонтальну проєкцію E_1D_1 лінії перетину. Дві площини загального положення, наприклад бічні грані піраміди (рис. 108, а), перетинаються також по прямій загального положення (рис. 108, в).

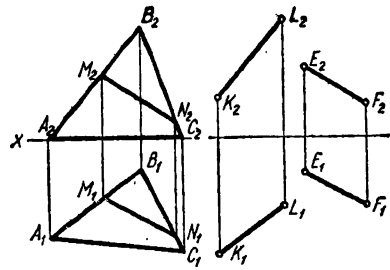
10.6. Пряма, паралельна площині. Перетин прямої з площиною

Пряма може лежати в площині, бути їй паралельною, перетинатися з нею або, нарешті, бути до неї перпендикулярною.

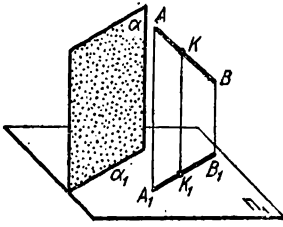
Пряма, паралельна площині. Коли пряма паралельна якій-небудь прямій, розміщеній на площині, то вона паралельна самій площині (рис. 109, а). Отже, якщо через точку в просторі треба провести пряму паралельну площині, то спочатку в цій площині намічають яку-небудь пряму, а потім через задану точку проводять другу пряму.



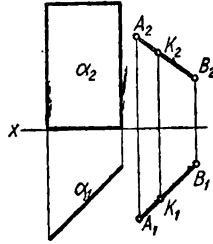
a



б

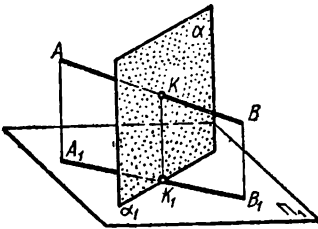


в

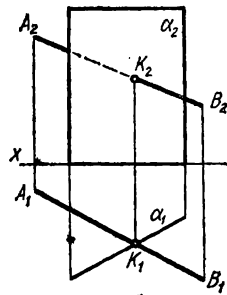


г

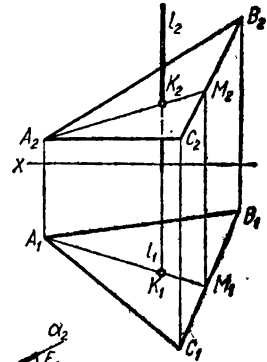
Рис. 109



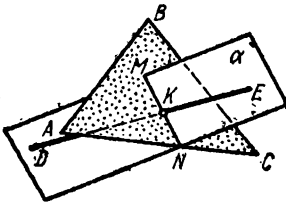
a



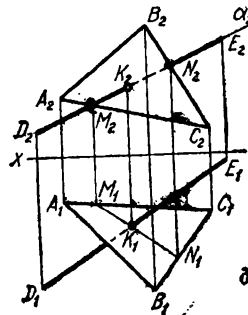
б



в



г



д

Рис. 110

паралельну першій. На рис. 109, б через точки K і E проведено прями, паралельні площині трикутника ABC . На рис. 109, в, г через точку K проведено пряму AB , яка паралельна горизонтально проєктуючій площині α . У цьому разі через K_1 проводимо горизонтальну проєкцію A_1B_1 шуканої прямої паралельно сліду-проєкції α_1 . Фронтальна проєкція A_2B_2 пройде через K_2 зовсім довільно. Отже, умова паралельності прямої і площини окремого положення полягає в тому, що проєкція прямої повинна бути паралельна однойменному сліду-проєкції площини.

Пряма, що перетинає площину. Спочатку розглянемо перетин прямої з площиною окремого положення. Пряма AB (рис. 110, а, б) перетинає горизонтально проєктуючу площину α . Горизонтальна проєкція K_1 точки перетину лежить на перетині проєкції A_1B_1 із слідом-проєкцією α_1 площини. Провівши з точки K_1 вертикальну лінію зв'язку до перетину з проєкцією A_2B_2 , знайдемо фронтальну проєкцію точки K_2 . Отже, якщо пряма перетинає проєктуючу площину, то відповідна проєкція точки перетину лежить на перетині сліду-проєкції площини з однойменною проєкцією прямої.

На рис. 110, в проєктуюча пряма l перетинає площину загального положення — трикутник ABC . Горизонтальна проєкція K_1 точки перетину збігається з горизонтальною проєкцією l_1 прямої. Фронтальну проєкцію K_2 точки перетину знайдено проведенням у площині допоміжної прямої AM .

На рис. 110, г, д пряма загального положення DE перетинається з площиною загального положення ABC . Завдання розв'язують за таким планом:

а) через задану пряму DE проводять допоміжну площину-посередник α ;

б) будують лінію перетину MN заданої площини з площиною-посередником;

в) на взаємному перетині цієї лінії із заданою прямою визначають положення шуканої точки K зустрічі.

Вправа. Розгляньте і поясніть побудову, виконану на рис. 111, а, б, де трикутник перетинається з площиною прямокутника.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які ви знаєте способи задання площини на комплексному кресленні?
2. Що таке сліди площини?
3. Які площини називаються площинами рівня? Які властивості цих площин?
4. Які площини називаються проєктуючими? Які властивості цих площин?
5. Сформулюйте умови належності прямої площині.
6. Які прями називаються горизонтальними площини? фронтальними?
7. Побудуйте проєкцію, якої не вистачає, точки, що лежить у площині (рис. 112, а).
8. Пряма AB належить площині. Побудуйте проєкцію, якої не вистачає, цієї прямої (рис. 112, б).
9. Побудуйте лінію перетину площини α і β (рис. 112, в).
10. Яка умова паралельності прямої і площини? двох площин?
11. Через точку K проведіть пряму, паралельну заданій площині (рис. 112, г).
12. Через точку K проведіть площину, паралельну заданій (рис. 112, е).

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Проєкування площини». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

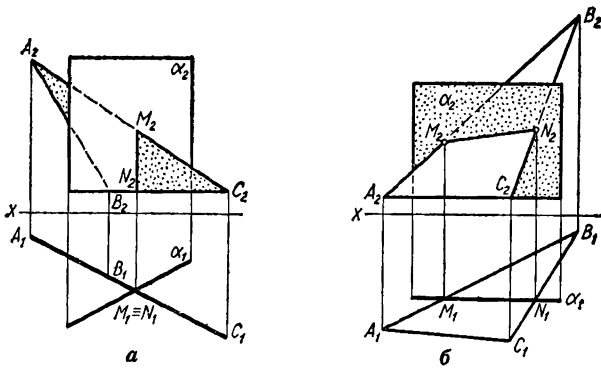


Рис. 111

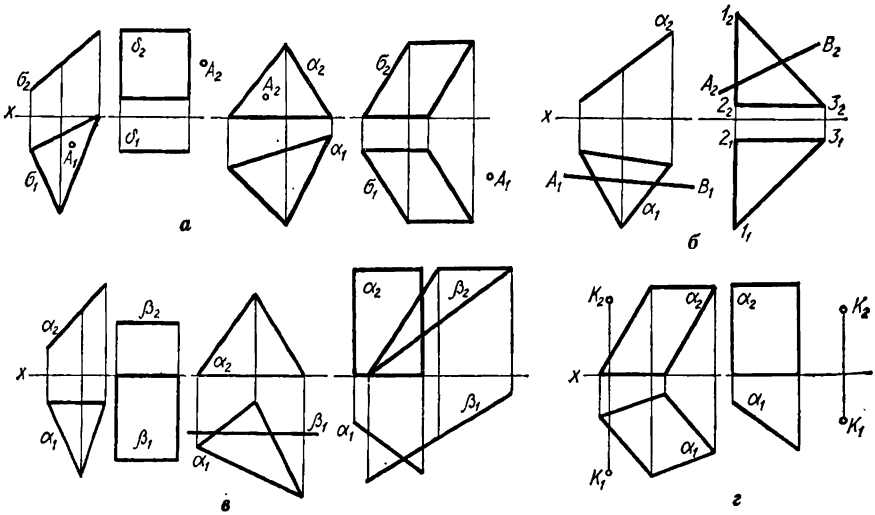


Рис. 112

Картка програмованого контролю з теми „Проектування площини“

1. Як називається площина, зображена на рис. 1?
2. Як називається площина, зображена на рис. 2?

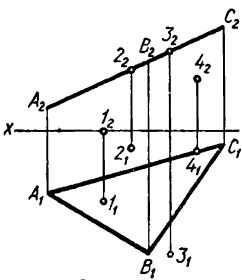


Рис. 1

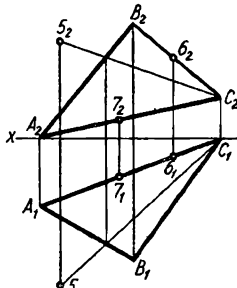


Рис. 2

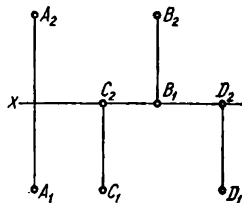


Рис. 3

3. Які з точок (рис. 1 і 2) належать трикутникам ABC ?
4. Чи належать чотири точки A, B, C, D одній площині (рис. 3)?
5. На яких рисунках (рис. 4—7) пряма a належить площині?
6. На яких рисунках (рис. 4—7) пряма a є горизонталлю площини?

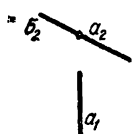


Рис. 4.

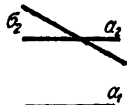


Рис. 5

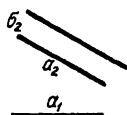


Рис. 6

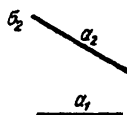


Рис. 7

7. На яких рисунках (рис. 8—12) пряма l паралельна площині?

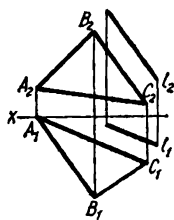


Рис. 8

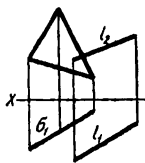


Рис. 9

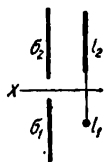


Рис. 10

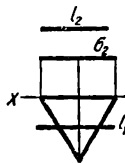


Рис. 11

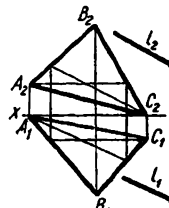


Рис. 12

8. На яких рисунках (рис. 13—16) площини паралельні між собою?

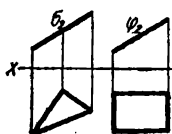


Рис. 13

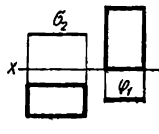


Рис. 14

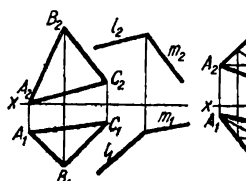


Рис. 15

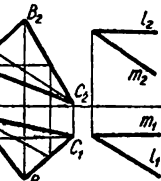


Рис. 16

§ 11. АКСОНОМЕТРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ ПЛОСКИХ ФІГУР

11.1. Суть і основні положення аксонометричного проектування

Комплексні ортогональні проекції мають ту перевагу, що в них два виміри, паралельні відповідній площині проєкцій, проєктуються на цю площину без скорочення, а третій, перпендикулярний до цієї площини, проєктується в точку. Зважаючи на це, досить просто побудувати комплексне креслення, за яким легко визначити розміри предмета і виготовити деталь на виробництві. Проте комплексні креслення не мають достатньої наочності. Треба мати досить розвинуте просторове уявлення, щоб за цими проєкціями відтворити в уяві справжню форму предмета.

Аксонометричні проєкції порівняно з комплексними мають істотну перевагу — наочність. Для порівняння наочності комплексних і аксонометричних проєкцій на рис. 113 показано креслення крокштейна і аксонометрію його. Як бачимо, зображення на аксонометрич-

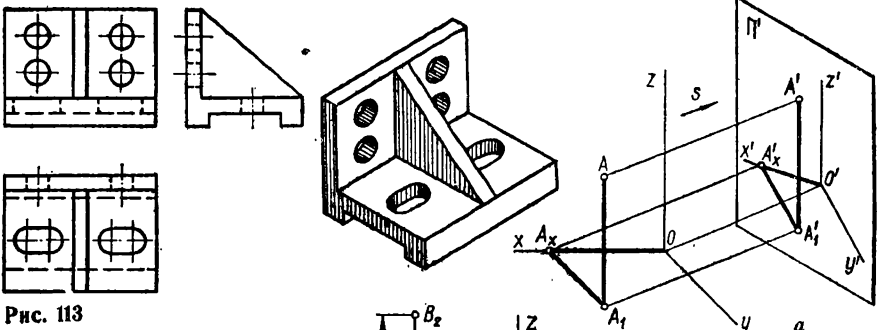


Рис. 113

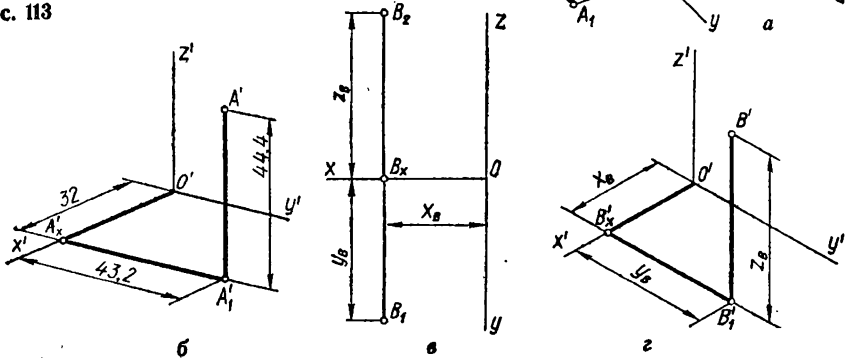


Рис. 114

ному кресленні справляе на нас майже таке саме враження, як і сама деталь. Слово «аксонометрія» означає «вимірювання по осях».

Суть аксонометричного проектування полягає в тому, що предмет відносять до системи координатних осей і проєктують його разом з цими осями на вибрану площину аксонометричних проєкцій.

На рис. 114, а точку A , яка є вершиною якогось предмета, віднесено до координатних осей $Oxyz$ і разом з ними спроєктовано на площину Π' . На площині Π' є осі $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ — зображення координатних осей, і точка A' — аксонометричне зображення точки A . Розглянемо деякі нові терміни, що стосуються аксонометричного проектування.

Площина Π' , на якій будують аксонометричну проєкцію, називається *площиною аксонометричних проєкцій*. Осі $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$, які утворилися внаслідок проектування координатних осей, називаються *аксонометричними осями*. Точка O' — *початок аксонометричних осей*, s — *напрямок аксонометричного проектування*. Точка A' — *аксонометрична проєкція точки A* , а точка A_1' — *вторинна проєкція 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 проєкцій.

Залежно від напрямку променів проектування і положення площини проєкцій Π' аксонометричне зображення буде дещо спотворене, тобто кожний з його трьох основних вимірів буде або 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. 114, а),

$$p = \frac{x'}{x} = \frac{O'A'_x}{OA_x}; \quad q = \frac{y'}{y} = \frac{A'_x A'_1}{A_x A_1}; \quad r = \frac{z'}{z} = \frac{A'_1 A'}{A_1 A}.$$

Отже, коефіцієнти спотворення показують, як змінюються координати точки при проектуванні на площину аксонометричних проекцій. Розглянемо два приклади:

1. Задано аксонометричні осі x' , y' , z' (рис. 114, б). Побудувати аксонометричне зображення точки A (40, 48, 60), якщо відомо, що коефіцієнти спотворення $p = 0,8$; $q = 0,9$; $r = 0,74$.

Знаходимо аксонометричні координати точки A : $x' = px = 0,8 \times 40 = 32$ мм; $y' = qy = 0,9 \cdot 48 = 43,2$ мм; $z' = rz = 0,74 \times 60 = 44,4$ 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 .

2. Точку B (рис. 114, в) задано двома проекціями на комплексно-кресленні. Побудувати аксонометричне зображення цієї точки на осях (рис. 114, 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 проектуючі промені можуть бути перпендикулярними або неперпендикулярними до площини аксонометричних проекцій. У першому випадку ці проекції називають *прямокутними* аксонометричними проекціями, а в другому — *косокутними*.

Якщо всі три коефіцієнти спотворення рівні між собою, то така аксонометрія називається *ізометричною*, або *ізометрією*. Аксонометрія при двох рівних коефіцієнтах спотворення і третьому, що не дорівнює їм, називається *диметричною*, або *диметрією*. Нарешті, коли всі три показники спотворення не дорівнюють один одному, це буде *триметрія*. Ми вивчатимемо такі види аксонометричних проекцій: прямокутну ізометрію, прямокутну диметрію, косокутну фронтальну диметрію, косокутну фронтальну і горизонтальну ізометрії (ГОСТ 2.317—69).

11.2. Прямокутна ізометрія

Прямокутну ізометрію, або, скорочено, ізометрію, широко використовують у практиці креслення. В ізометричній прямокутній проекції (рис. 115, а) аксонометричні осі $O'x'$, $O'y'$, $O'z'$ утворюють одна з одною кути 120° , а коефіцієнти спотворення по всіх трьох осях одна-

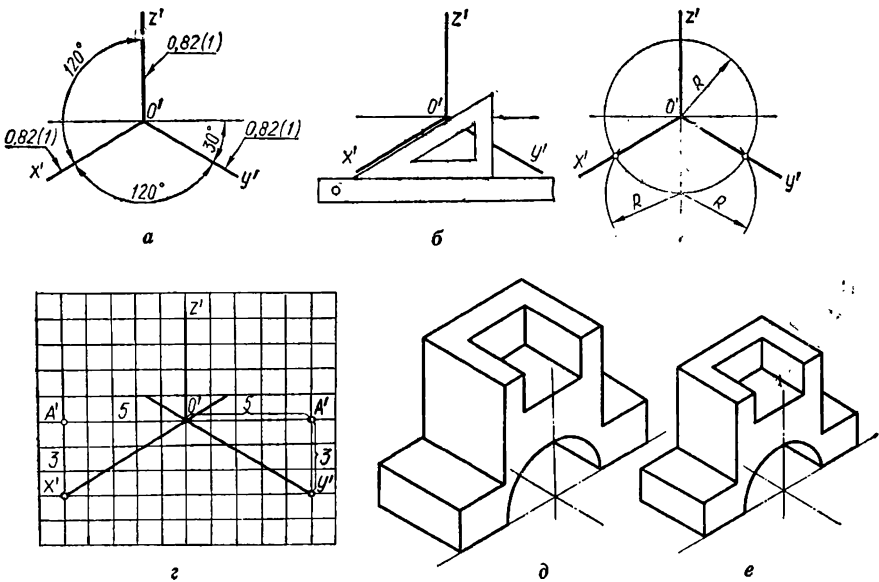


Рис. 115

кові дорівнюють $0,82$. Вісь $O'z'$ розміщується вертикально, а осі $O'x'$ і $O'y'$ — під кутом 30° до горизонтального напрямку. На рис. 115, б показано прийом побудовання ізометричних осей за допомогою косинця з кутом $30, 60, 90^\circ$; на рис. 115, в — за допомогою циркуля. На рис. 115, г показано, як побудувати ізометричні осі на папері в клітинку.

Щоб побудувати предмет в ізометрії, треба всі його лінійні розміри, паралельні координатним осям, помножити на коефіцієнт спотворення $0,82$. Таке зображення називається *нормальним*, або *точним*. Але за стандартом побудову ізометрії спрощують: відкладають по осях x', y', z' і паралельно їм натуральні розміри предмета. Утворюється збільшене зображення без порушення пропорційності його елементів. Таке зображення називається *збільшеним*. Це збільшення становить

$\frac{1}{0,82} \approx 1,22$ раза. На рис. 115, д ізометрію деталі побудовано за натуральними розмірами, а на рис. 115, е — з урахуванням коефіцієнта спотворення $0,82$. Як видно з порівняння рисунків, обидва зображення мають однакову наочність і відрізняються одне від одного тільки величиною. Усі наступні побудови ізометрії виконуватимемо тільки за натуральними розмірами, як це обумовлено ГОСТ 2.317—69.

Побудова ізометричної проекції многокутників. Оскільки плоска фігура має два виміри, то в побудові її аксонометричної проекції використовують дві осі залежно від того, якій площині проєкцій фігура паралельна. При паралельності площині Π_1 використовують осі x і y , при паралельності площині Π_2 — x і z , при паралельності площині Π_3 — осі y і z .

Розглянемо побудову в ізометрії прямокутника $ABCD$, що лежить у горизонтальній площині. Сумістимо осі координат x, y із сторонами

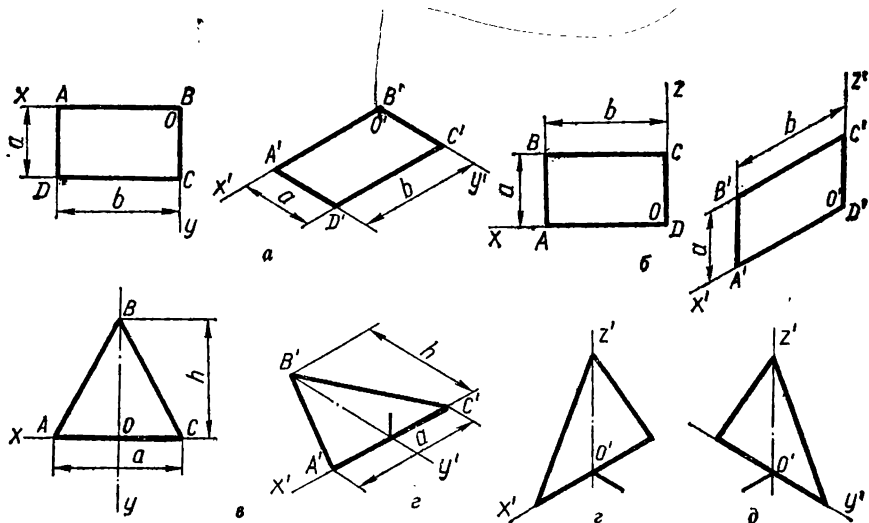


Рис. 116

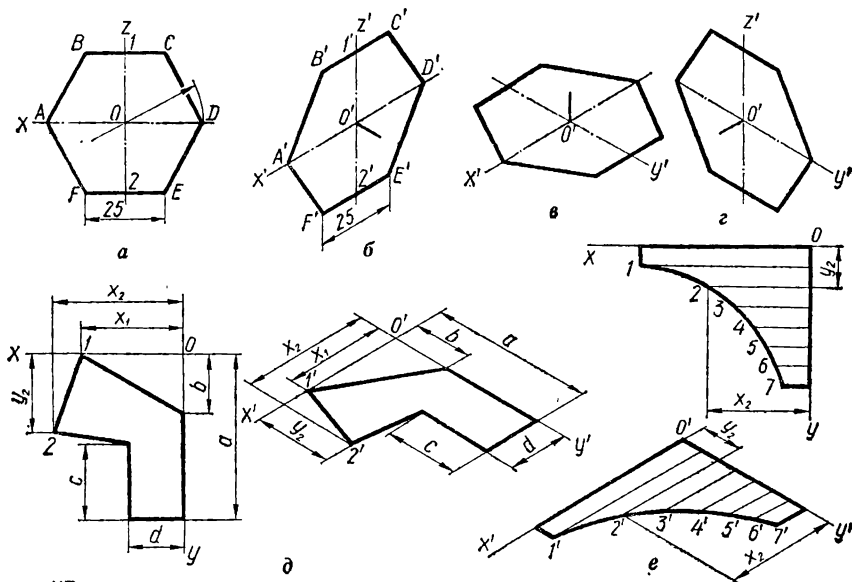


Рис. 117

AB , BC прямокутника (рис. 116, а). Побудуємо ізометричні осі $O'x'$ і $O'y'$ і відкладемо на них від точки O' відрізки, що дорівнюють розмірам сторін прямокутника ($A'B' = AB = b$; $B'C' = BC = a$). Із знайдених точок A' і C' проводимо прямі, паралельні аксонетричним осям, до взаємного їх перетину. Утворений паралелограм $A'B'C'D'$ і є ізометричною проекцією прямокутника. На рис. 116, б зображено ізометричну проекцію прямокутника $ABCD$, розміщеного паралельно площині проекцій Π_2 .

Вправа. Самостійно побудуйте ізометричну проекцію прямокутника, розміщеного паралельно площині проекцій Π_3 .

Вправа. Поясніть побудову в ізометрії трикутника, розташованого паралельно різним площинам проєкцій (рис. 116, *в* — *д*). Зверніть увагу на розташування координатних осей.

Розглянемо побудову в ізометрії правильного шестикутника, розташованого паралельно площині Π_2 (рис. 117, *а*, *б*). Коли плоска фігура має дві взаємно перпендикулярні осі симетрії, то їх доцільно взяти за осі координат. Будуємо осі $O'x'$ і $O'z'$ і 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 прями, паралельні осі $O'x'$, і на них в обидва боки від точок $1'$ і $2'$ відкладаємо половину довжини сторони шестикутника, наприклад відрізок $1'B' = 1B = \frac{25}{2}$ мм. Сполучаючи побудовані вершини шестикутника, дістанемо його ізометричну проєкцію $A'B'C'D'E'F'$. На рис. 117, *в* зображено в ізометрії шестикутник, розташований паралельно площині проєкцій Π_1 , а на рис. 117, *г* — паралельно площині Π_3 . Зверніть увагу на те, що в ізометрії, як і на комплексному кресленні, протилежні сторони шестикутника повинні бути паралельні між собою, тобто $A'B' \parallel E'D'$; $A'F' \parallel C'D'$. Коли цієї умови дотримано, побудову виконано правильно.

З рис. 117, *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, величина якого менша за 25 мм. Отже, коли який-небудь відрізок прямої не паралельний координатній осі, то будувати його в ізометрії або в іншій аксонометричній проєкції треба за координатами кінцевих точок відрізка, бо величину спотворення довільного напрямку визначити досить складно.

Приклад. На рис. 117, *д* побудовано ізометрію довільного плоского контуру, розташованого паралельно горизонтальній площині проєкцій. 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 проєкцію заданого контуру.

Вправа. На рис. 117, *е* в ізометрії побудовано плоску фігуру, обмежену кривою лінією. Розгляньте і поясніть побудову.

Побудова ізометричної проєкції кола. Ізометричними проєкціями кіл, розташованих у площинах проєкцій або в площинах, паралельних їм, є еліпси з однаковим співвідношенням осей (рис. 118, *а*). Великі осі цих еліпсів дорівнюють $1,22d$, а малі — $0,71d$, де d — діаметр зображуваного кола. Напрямок осей еліпсів залежить від положення проєктованого кола. Є таке правило: *в прямокутній аксонометрії велика вісь еліпса завжди перпендикулярна до тієї аксонометричної осі, якої немає в площині кола, а мала збігається з цією віссю або паралельна їй.* Наприклад, коло, що лежить у горизонтальній площині проєкцій, проєктується в ізометрії в еліпс, велика вісь якого перпендикулярна до осі $O'z'$, а мала збігається з нею.

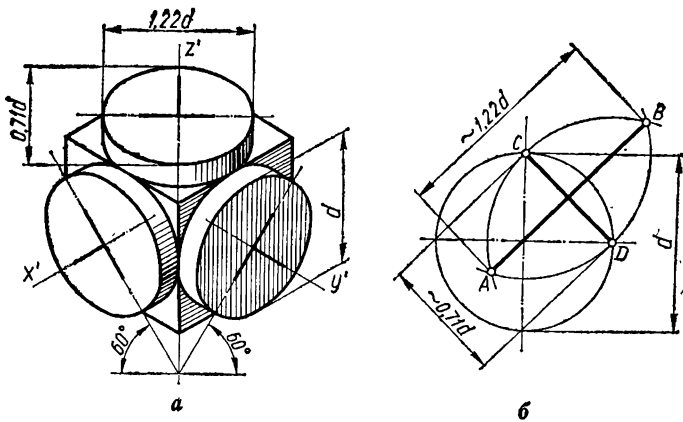


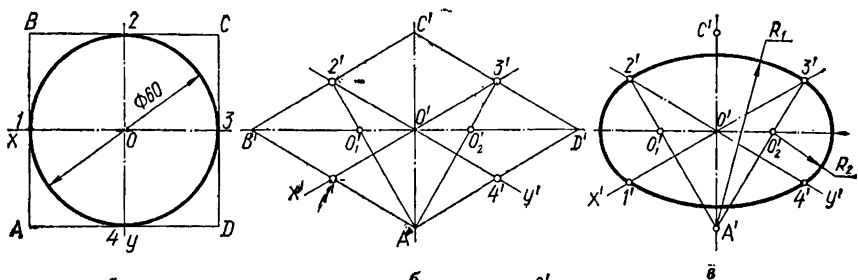
Рис. 118

Величину осей еліпса в ізометрії можна обчислити або знайти графічно. На рис. 118, б показано спосіб графічного знаходження величини осей еліпса 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, що наближено замінюють ізометричну проекцію кіл, розміщених у площинах проекцій або їм паралельних. Припустимо, що треба побудувати ізометричну проекцію кола діаметром 60 мм, розміщеного в площині проекцій Π_1 .

1-й спосіб (рис. 119, 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 $3'$. Перетин 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 $R_2 = O'_23'$. На рис. 119, г цим способом побудовано ізометричну проекцію кола, яке лежить у площині проекцій Π_2 , а на рис. 119, д — ізометричну проекцію кола, яке лежить у профільній площині Π_3 .

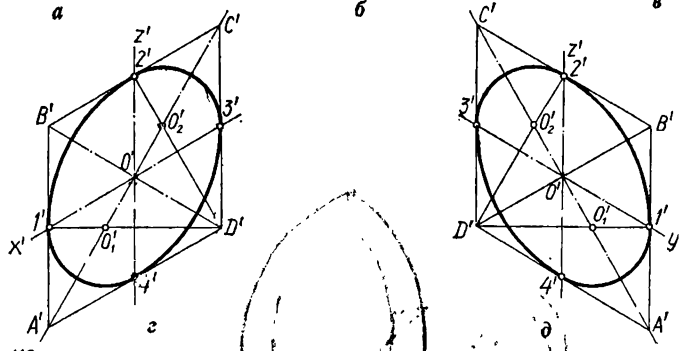
2-й спосіб (рис. 120, а, б). Знаходимо розміри великої і малої осей еліпса: $A'B' = 1,22d = 1,22 \cdot 60 = 73,2$ мм; $C'D' = 0,7d = 0,7 \times 60 = 42$ мм. Через точку O' — початок аксонометричних осей — проводимо дві взаємно перпендикулярні прямі. З точки O' циркулем проводимо два кола, діаметри яких дорівнюють великій і малій осям овала, тобто $1,22d$ і $0,71d$. 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 $O'_1O'_3$; $O'_1O'_4$; $O'_2O'_3$; $O'_2O'_4$, на



а

б

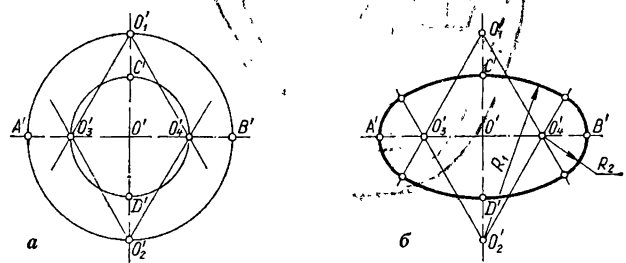
в



г

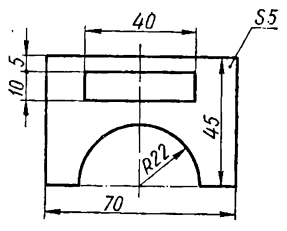
д

Рис. 119

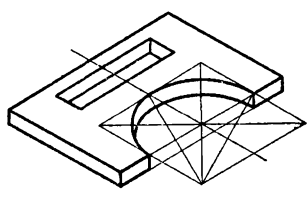


а

б



в



г

Рис. 120

яких розташовані точки спряження дуг овала. Дві дуги радіуса $R_1 = O_2C'$ описуємо з центрів O_1 і O_2 , а дві дуги радіуса $R_2 = O_4B'$ — із центрів O_3 і O_4 .

Вправа. Розгляньте і поясніть побудову в ізометрії пластинки, зображеної на рис. 120, а, г.

11.3. Прямокутна диметрія

Прямокутною диметрією називається аксонометрична проєкція з однаковими показниками спотворення по двох осях. За ГОСТом у кресленні застосовують прямокутну диметрію (рис. 121, а), в якій вісь $O'z'$ розміщена вертикально, вісь $O'x'$ нахилена під кутом $7^\circ 10'$, а вісь $O'y'$ — під кутом $41^\circ 25'$ до горизонтального напрямку. 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 напрямках, їм паралельних, відкладають справжні розміри, а по осі y' розміри скорочують удвоє. Величина збільшення при цьому дорівнює $\frac{1}{0,94} \approx 1,06$.

Для побудови осей диметрії можна використати два способи:

1-й спосіб (рис. 121, 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. 121, в). Будуємо осі за допомогою циркуля. Відкладаємо на вертикалі від точки O' угору два відрізки 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 радіуса R_2 в точці C' . Пряма $O'C'$ — напрям осі y' диметрії.

Побудова диметричної проєкції многокутників. На рис. 122, а, б в диметрії побудовано квадрат, що лежить у горизонтальній площині. Послідовність побудови така сама, як і в ізометрії (див. рис. 116, а, б), з тією лише відмінністю, що по осі $O'y'$ відкладаємо половину справжнього розміру сторони квадрата. На рис. 122, в зображено диметричну проєкцію квадрата, паралельного площині Π_2 , а на рис. 122, г — квадрата, паралельного площині Π_3 .

На рис. 122, д, е в диметрії побудовано правильний п'ятикутник, розміщений у площині Π_1 ; на рис. 122, е — п'ятикутник, розміщений у площині Π_2 , а на рис. 122, ж — п'ятикутник, розміщений у площині Π_3 .

Побудова кола в диметрії (рис. 123, а). Передня і задня грані куба, в які вписано кола, проєктуються в диметрії у вигляді ромбів, а інші грані — у вигляді паралелограмів. Малі осі еліпсів, що зображують

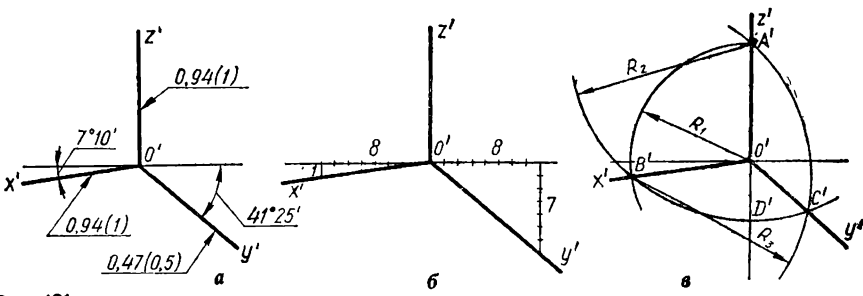


Рис. 121

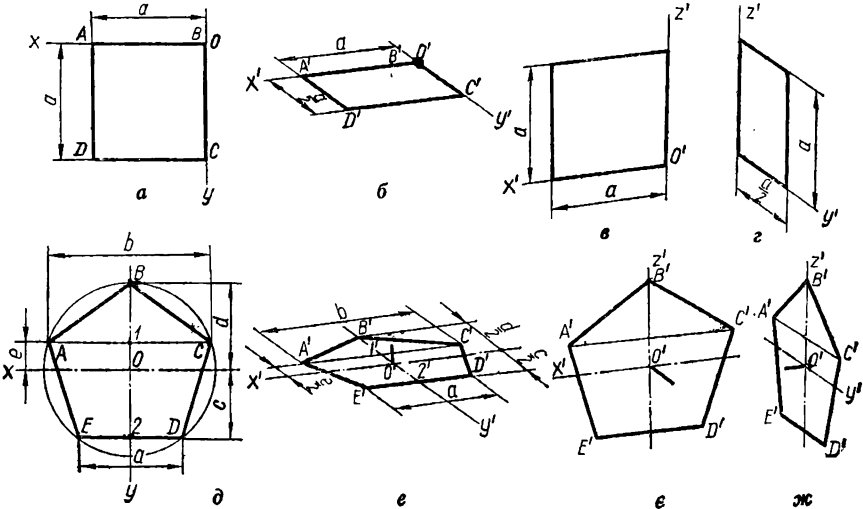


Рис. 122

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 (в збільшеній диметрії). Величина малої осі різна: для передньої і задньої граней куба, тобто для фронтальної площини проєкцій, величина малої осі становить 0,9 довжини великої осі або 0,95 діаметра кола ($0,95d$); для верхньої та лівої граней куба і граней, паралельних їм, величина малої осі становить $\frac{1}{3}$ довжини великої осі, тобто 0,35 діаметра кола ($0,35d$).

На рис. 123, *г* побудовано графік, за допомогою якого можна визначити розміри великої і малої осей для довільного діаметра кола. Самостійно розгляньте побудову цього графіка і поясніть, як ним користуватися.

На практиці еліпси замінюють чотирицентричними овалами. Розглянемо побудову овала, що замінює проєкцію кола, розміщеного в площинах Π_1 і Π_3 (рис. 123, *б*, *в*). Через точку O' — початок аксонометричних осей — проводимо дві взаємно перпендикулярні прямі і

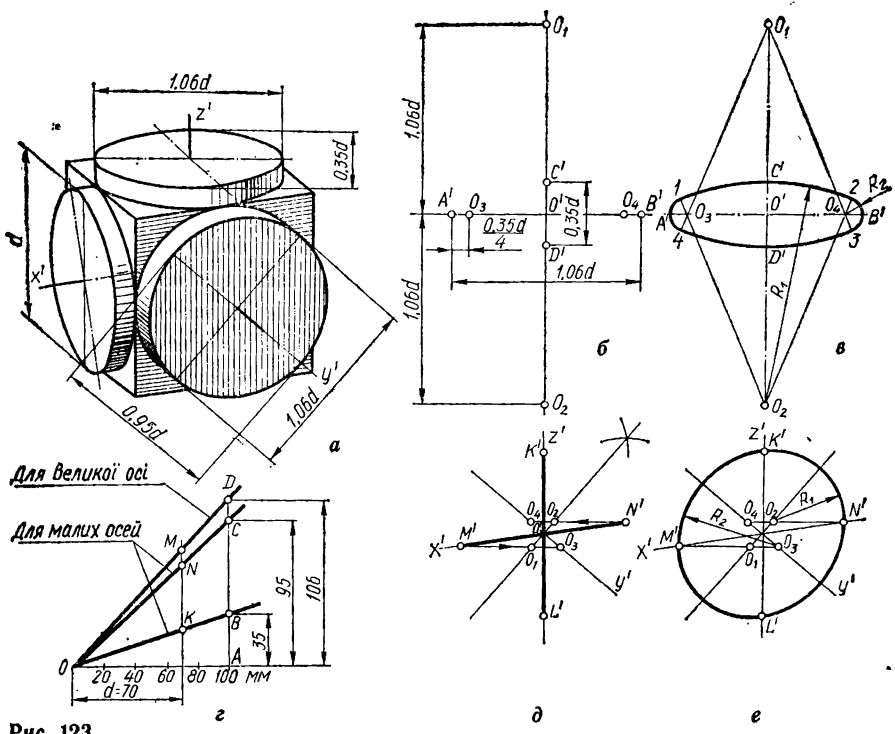


Рис. 123

відкладаємо на горизонтальній прямій величину великої осі $A'B' = 1,06d$, а на вертикальній — величину малої осі $C'D' = 0,35d$. 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 $\frac{1}{4}$ величини малої осі, тобто $\frac{C'D'}{4}$. 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 дуги овала радіусом $R_2 = O_3A' = O_4B'$.

Побудову овала, що замінює зображення кола, розміщеного в площині Π_2 , дано на рис. 123, 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 осі $O'y'$, а 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 .

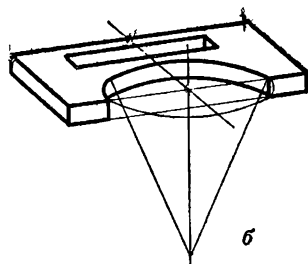
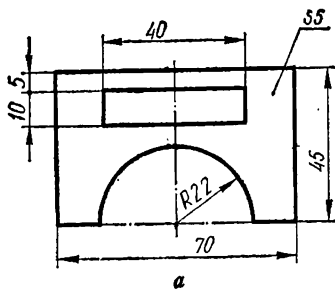


Рис. 124

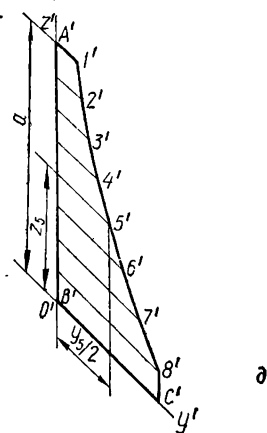
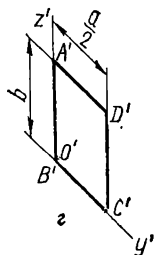
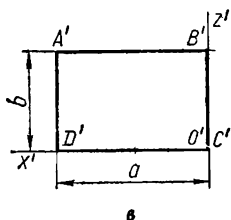
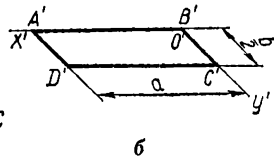
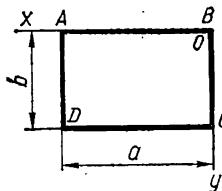
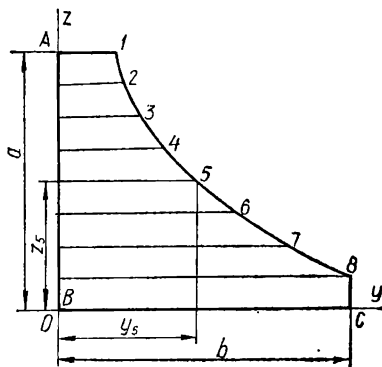
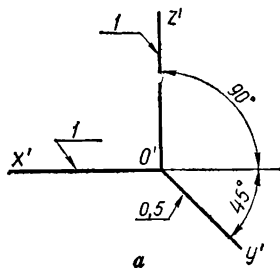


Рис. 125

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 $R_1 = O_2N'$.

Вправа. На рис. 124, а, б в прямокутній диметрії зображено пластинку. Пояснить виконану побудову — порівняйте цей рисунок з рис. 120, в, г.

11.4. Косокутна фронтальна диметрія

Косокутна фронтальна диметрія (скорочено — фронтальна диметрія) характеризується вертикальним розміщенням осі $O'z'$ і горизонтальним — осі $O'x'$. Вісь $O'y'$ у фронтальній аксонометрії нахилена

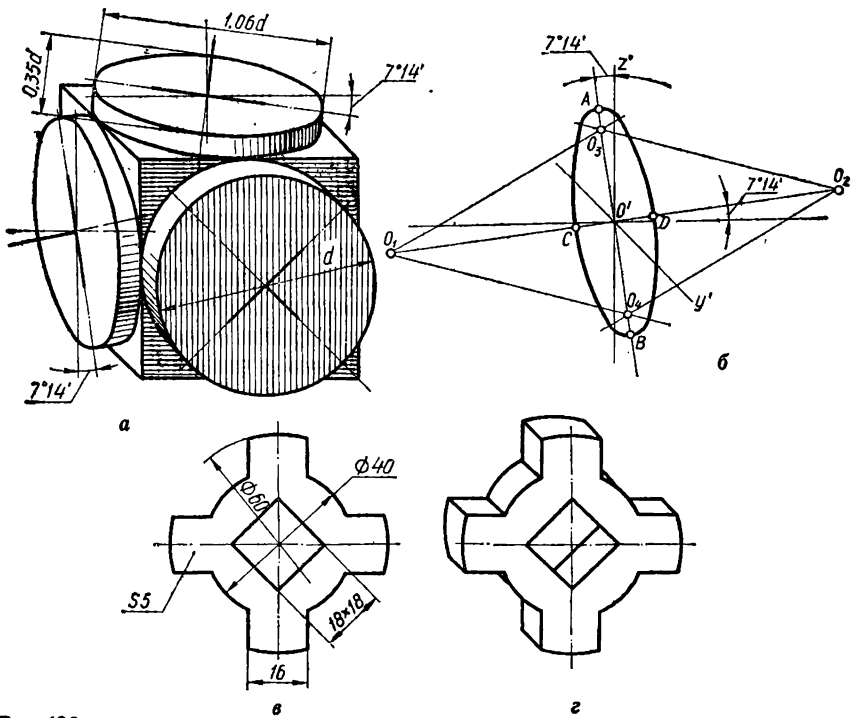


Рис. 126

до горизонтального напрямку під кутом 45° (рис. 125, *a*). 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 проєкцій, зображуються у фронтальній диметрії без спотворення розмірів і кутів.

Побудова плоских фігур у фронтальній диметрії. На рис. 125, *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 лише $\frac{b}{2}$. На рис. 125, *в* у фронтальній диметрії зображено прямокутник, площина якого паралельна Π_2 , а на рис. 125, *г* — площина якого паралельна Π_3 .

На рис. 125, *д* побудовано фронтальну диметрію плоскої фігури, розміщеної в профільній площині Π_3 . Ця фігура обмежена з правого боку довільною кривою $1-8$. Ділимо сторону AO та $A'O'$ на деяку кількість рівних частин, наприклад на вісім, і з точок поділу проводимо прямі, паралельні осі $O'y'$. На цих прямих відкладаємо відрізки, що дорівнюють половині координат y точок $1, 2, 3, 4, \dots$ (позначено координати для точки 5). Знайдені точки $1', 2', \dots, 8'$ сполучаємо плавною кривою.

Побудова фронтальної диметрії кола (рис. 126, *a*). Передню грань куба, в яку вписано коло, зображено у вигляді квадрата, тому ко-

ло передньої грані не спотворюється. Це зручно при побудові в цій проекції круглих предметів, в яких багато кіл, паралельних площині Π_2 . Верхня і ліва грані куба проектується у формі паралелограмів. Еліпси, що зображують розміщені на цих гранях кола, мають таку саму форму і розміри, як і в прямокутній диметрії, тобто велика вісь дорівнює $1,06d$, а мала — $0,35d$. На відміну від прямокутної диметрії, велика вісь еліпса в площині Π_1 нахилена до горизонтального напрямку під кутом $7^\circ 14'$. Велика вісь еліпса в площині Π_3 нахилена до вертикального напрямку під кутом $7^\circ 14'$. Спрощено побудову еліпсів як овалів виконують за тими самими правилами, що й у прямокутній диметрії. На рис. 126, б побудовано фронтальну диметрію кола, розміщеного в профільній площині проекцій.

Вправа. Поясніть побудову у фронтальній диметрії пластинки, розміщеної паралельно площині Π_2 (рис. 126, в, г).

11.5. Косокутні ізометричні проекції

За ГОСТ 2. 317—69 крім косокутної фронтальної диметрії застосовують дві ізометричні проекції.

Фронтальна косокутна ізометрична проекція. Напрямок аксонометричних осей показано на рис. 127, а. Дозволяється застосовувати фронтальну ізометрію з кутом нахилу осі y' у 30° і 60° . Усі три коефіцієнти спотворення по осях x' , y' і z' дорівнюють одиниці.

Кола, які лежать у площинах, паралельних фронтальній площині проекцій, проектується на аксонометричну площину проекцій у натуральну величину, а кола, що лежать у площинах, паралельних Π_1 і Π_3 , проектується в еліпси (рис. 127, в). Велика вісь еліпса 2 нахилена до горизонтального напрямку, а еліпса 3 — до вертикального під кутом $22^\circ 30'$. Великі осі цих еліпсів дорівнюють $1,3d$, а малі — $0,54d$, де d — діаметр зображуваного кола. Еліпси звичайно замінують овалами, які будують за двома відомими осями (див. § 6.6).

Горизонтальна косокутна ізометрична проекція. Напрямок аксонометричних осей показано на рис. 127, б. Дозволяється застосовувати горизонтальну ізометрію з кутом нахилу осі y' 45° і 60° , зберігаючи між осями x' і y' кут 90° . Коефіцієнти спотворення по осях x' , y' і z' дорівнюють одиниці.

Кола, які лежать у площинах, паралельних горизонтальній площині проекцій, проектується без спотворення, тобто в натуральну величину, а кола, що лежать у площинах, паралельних площинам Π_2 і Π_3 , — в еліпси (рис. 127, г). Велика вісь еліпса 1 нахилена до вертикального напрямку під кутом 15° , а еліпса 3 — під кутом 30° . Величина великої осі еліпса 1 дорівнює $1,37d$, а малої — $0,37d$; величина великої осі еліпса 3 дорівнює $1,22d$, а малої — $0,71d$. Спряжені діаметри еліпсів, тобто діаметри, паралельні аксонометричним осям, у всіх еліпсів дорівнюють d . Побудову еліпса 3 виконують за правилами побудови кіл у прямокутній ізометрії (див. § 11.2), а еліпс 1 будують як овал за двома відомими осями (див. § 6.6).

На рис. 127, д показано приклад виконання технічної деталі в косокутній горизонтальній ізометрії.

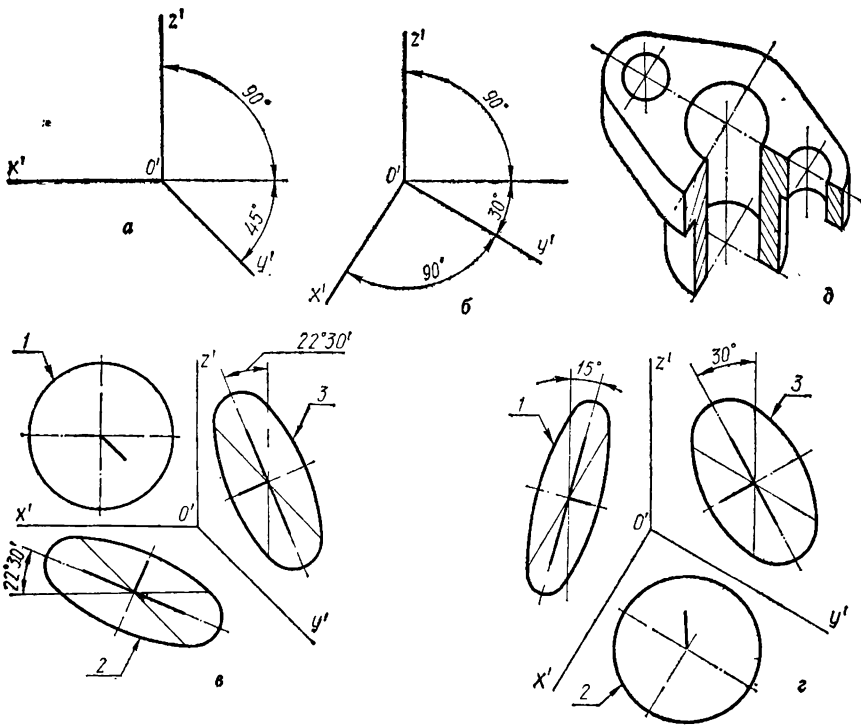


Рис. 127

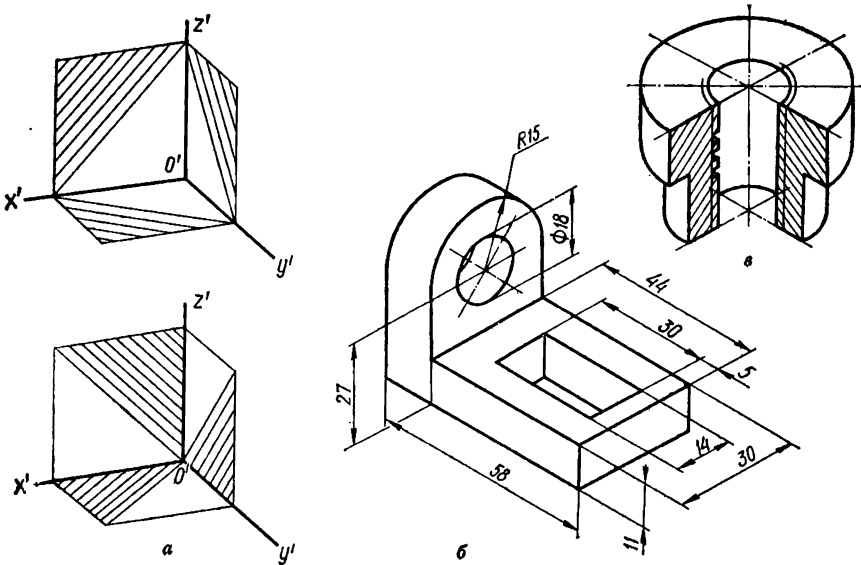


Рис. 128

11.6. Умовності і нанесення розмірів в аксонометрії

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. 128, 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. 128, б).

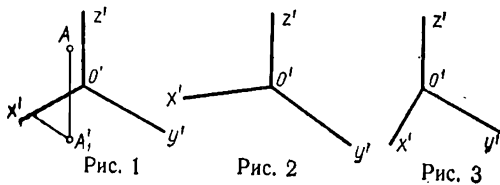
Різьбу в аксонометричних проекціях зображують за ГОСТ 2.311—68. Якщо потрібно, частково показують профіль різьби (рис. 128, в).

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. У чому перевага аксонометричних проекцій порівняно з комплексними?
2. У чому суть аксонометричного проектування?
3. Що називається коефіцієнтом спотворення?
4. Як класифікують аксонометричні проекції?
5. Як будувати осі в прямокутній ізометрії і чому дорівнюють показники спотворення по аксонометричних осях?
6. Як будувати осі в прямокутній диметрії і чому дорівнюють показники спотворення по аксонометричних осях?
7. Як побудувати коло в ізометрії, якщо площина кола паралельна площині проекцій Π_2 ? площині Π_1 ? площині Π_3 ?
8. Як будувати коло в прямокутній диметрії, якщо площина кола паралельна площині проекцій Π_3 ? площині Π_1 ? площині Π_2 ?
9. Як будувати коло у фронтальній диметрії при різному його розташуванні щодо площин проекцій?
10. Як будувати проекції кола у фронтальній косокутній ізометрії? у горизонтальній косокутній ізометрії?

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Аксонометричні проекції плоских фігур». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми «Аксонометричні проекції плоских фігур»



1. Як називаються аксонометричні проекції, осі яких зображено на рис. 1, 2, 3?
2. Чому дорівнюють коефіцієнти спотворення для аксонометрії, зображеної на рис. 2?
3. Як називається проекція A_1' (рис. 1)?
4. У чому різниця між прямокутними і косокутними аксонометричними проекціями?

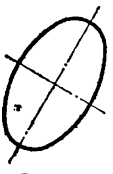


Рис. 4

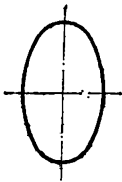


Рис. 5

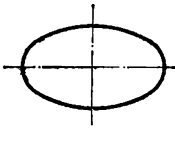


Рис. 6

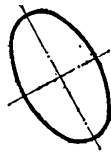


Рис. 7

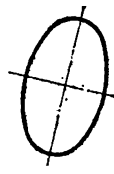


Рис. 8

5. На яких рисунках (рис. 4—8) правильно зображені проєкції кіл в ізометрії і яким площинам проєкцій вони відповідають?
6. Поясніть, що означають числа $1,06d$ і $0,95d$.
7. На яких рисунках правильно зображені проєкції кіл у прямокутній диметрії і яким площинам проєкцій вони відповідають (рис. 9—13)?

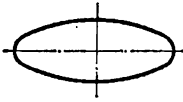


Рис. 9

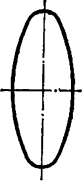


Рис. 10



Рис. 11

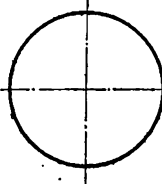


Рис. 12

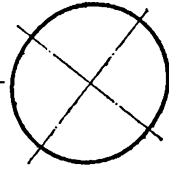


Рис. 13

8. У якій аносометрії зображено циліндр (рис. 14), якщо висота його дорівнює діаметру?
9. Які розміри на рис. 15 нанесено правильно?
10. Чи правильно виконано штриховку в прямокутній диметрії (рис. 16)?

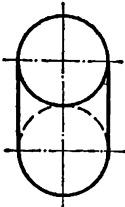


Рис. 14

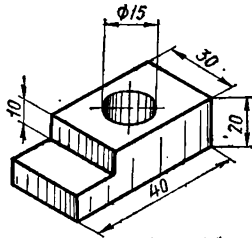


Рис. 15

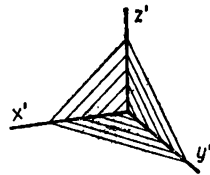


Рис. 16

§ 12. СПОСОБИ ПЕРЕТВОРЕННЯ ПРОЄКЦІЙ.

ВИЗНАЧЕННЯ НАТУРАЛЬНОЇ ВЕЛИЧИНИ ПЛОСКИХ ФІГУР

12.1. Загальні положення

У багатьох задачах, які бувають у кресленні, доводиться визначати справжні розміри фігури або її окремих елементів. Відомо, що при розміщенні фігури паралельно будь-якій площині проєкцій вона проєктується на цю площину в натуральну величину, тобто за проєкцією можна визначити довжину відрізків, площу фігури, величину кутів нахилу прямої до площин проєкцій тощо.

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

12.2. Спосіб обертання

Теорія способу обертання. Проведемо такий дослід: візьмемо олівець (рис. 129, а) і поставимо його в положення, перпендикулярне до горизонтальної площини проєкцій, наприклад до стола. Повернемо тепер олівець навколо його нижнього кінця (точки B) так, щоб площина обертання залишалася паралельною площині проєкцій Π_2 . Верхній кінець олівця (точка A) опише дугу кола, яка спроектується в справжню величину на фронтальну площину проєкцій. Після обертання олівець займе положення $B\bar{A}$. На горизонтальній площині проєкцій точка B_1 залишиться на місці, а точка A_1 переміститься в положення \bar{A}_1 , причому рух її буде паралельним осі Ox .

Такий самий дослід можна поставити, обертаючи невеличке колесо навколо осі, розташованої, наприклад, перпендикулярно до фронтальної площини проєкцій (рис. 129, б, в). Довільна точка M , зафіксована на ободі цього колеса, опише коло, площина якого перпендикулярна до осі обертання і паралельна площині Π_2 . Шлях точки M спроектується на Π_2 в натуральну величину, тобто у вигляді кола радіуса C_2M_2 , а на площину Π_1 — у вигляді відрізка прямої, паралельної осі Ox . Якщо ж точку M повернути лише на кут φ в положення \bar{M} , то її фронтальна проєкція повернеться по дузі кола на той самий кут φ , а горизонтальна пройде шлях $M_1\bar{M}_1$.

Отже, якщо точка обертається навколо осі, перпендикулярної до однієї з площин проєкцій, то проєкції точки переміщуються: на тій площині проєкцій, до якої вісь перпендикулярна, — по дузі кола, а на інших — по прямих, паралельних осям проєкцій.

Вправа. Розгляньте і сформулюйте умови обертання точки навколо осі, перпендикулярної до площини проєкцій Π_1 (рис. 130).

Розв'язуючи завдання способом обертання, треба показати на кресленні такі основні елементи обертання (рис. 129, в):

а) *вісь обертання* і — пряму, навколо якої обертається точка. Вісь обертання беруть перпендикулярною до площин проєкцій Π_1 або Π_2 ;

б) *площину обертання* σ , тобто площину, в якій переміщується точка і яка перпендикулярна до осі обертання. Якщо вісь обертання перпендикулярна до площини проєкцій Π_1 , то площина обертання

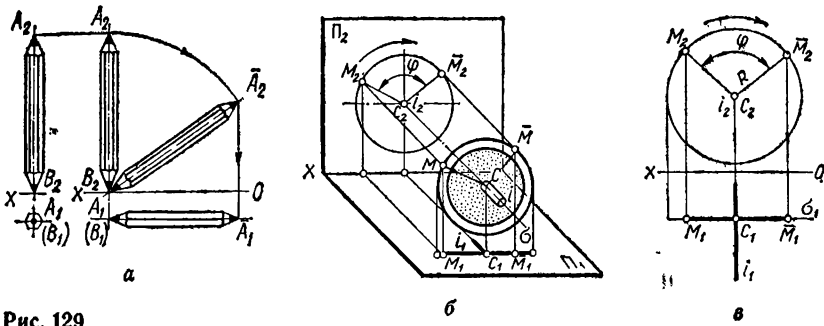


Рис. 129

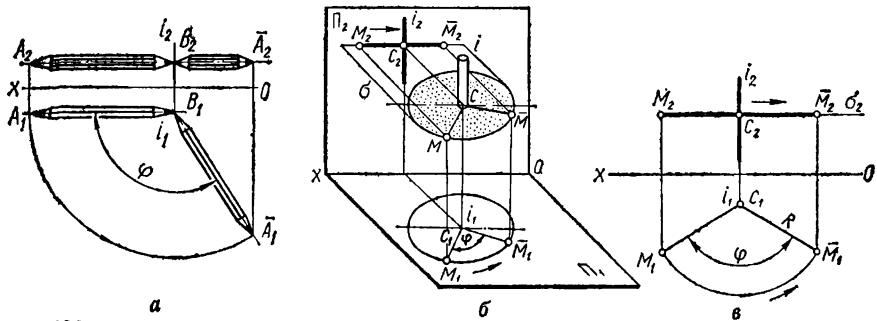


Рис. 130

буде горизонтальною; якщо ж вісь обертання перпендикулярна до Π_2 , то площина обертання буде фронтальною;

в) *центр обертання* — точку C перетину осі з площиною обертання;

г) *радіус обертання* $R = C_2M_2$ — відстань точки від центра обертання. Радіус проєктується в справжню величину на ту площину проєкцій, перпендикулярно до якої вибрано вісь обертання.

Обертання відрізка прямої. При обертанні 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 AB (рис. 131, а), повернемо його в положення, паралельне фронтальній площині проєкцій. Вісь обертання проводимо через точку A , перпендикулярно до площини Π_1 . Точка A , що лежить на осі обертання, свого положення не змінює. Горизонтальна проєкція відрізка займе положення $A_1\bar{B}_1 \parallel O_x$. Фронтальна проєкція B_2 точки B переміститься по прямій, паралельній осі O_x , і займе нове положення \bar{B}_2 . Інакше кажучи, точка B переміщується навколо осі обертання i в площині σ , перпендикулярній до цієї осі. $A_2\bar{B}_2$ — справжня величина відрізка AB , а кут α — кут нахилу прямої до площини проєкцій Π_1 .

Вправа 1. На рис. 131, б знайдено натуральну величину відрізка CD і кут β . Поясніть це.

Вправа 2. На рис. 131, в зображено стовп, закріплений трьома розтяжками. Визначте, скільки метрів дроту піде на виготовлення розтяжок і під якими кутами вони нахилені до площини землі.

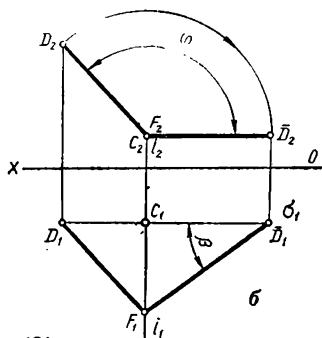
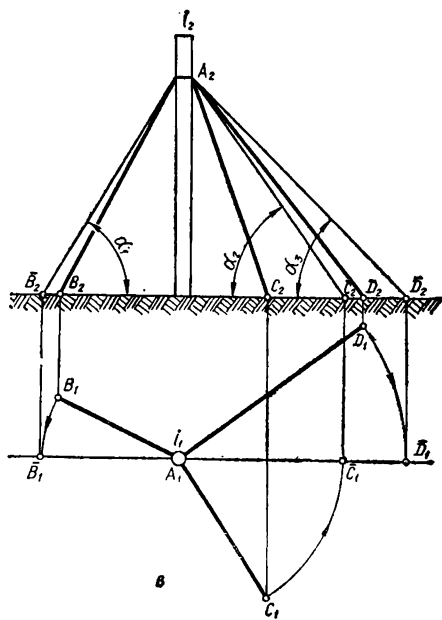
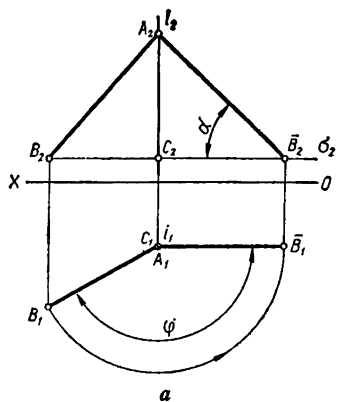


Рис. 131

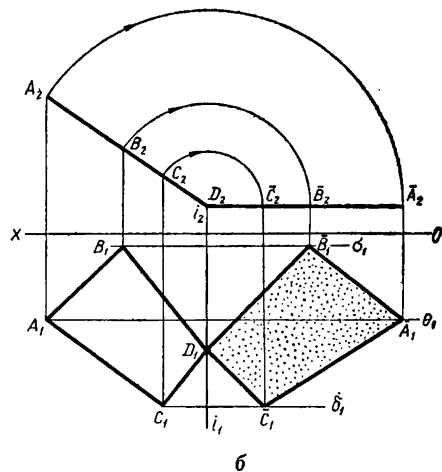
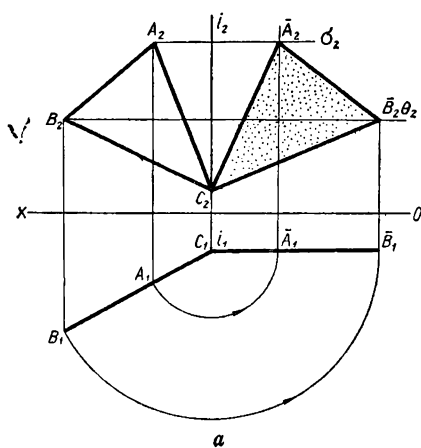


Рис. 132

Обертання плоскої фігури. Потрібно визначити натуральну величину трикутника ABC , що лежить у горизонтально проектуючій площині (рис. 132, *a*). Обертають трикутник навколо осі i , перпендикулярної до площини проєкцій Π_1 , до положення, паралельного площині проєкцій Π_2 . Щоб полегшити побудову, вісь проводять через вершину трикутника, наприклад через точку C . Після обертання горизонтальна проєкція трикутника займе положення $C_1\bar{A}_1\bar{B}_1$, паралельне осі Ox . Вершини трикутника A і B переміщуються в площинах σ і θ , перпендикулярних до осі обертання. Фронтальні проєкції A_2 і B_2 після повороту займуть положення \bar{A}_2 і \bar{B}_2 . Ці точки лежать на вертикальних лініях зв'язку з точками \bar{A}_1 і \bar{B}_1 . Трикутник $C_2\bar{A}_2\bar{B}_2$ дорівнює натуральній величині оригіналу ABC .

Вправа. Поясніть побудову, виконану на рис. 132, *b*.

12.3. Спосіб суміщення

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

Внаслідок суміщення плоска фігура і її елементи зображуються без спотворення. Проєкції точок після суміщення позначають цифрами або буквами з верхньою рисою ($\bar{A}_1, \bar{A}_2, \bar{B}_1, \dots$).

Для побудови натурального вигляду трикутника ABC , розміщеного в горизонтально проектуючій площині σ (рис. 133, *a*), використаємо спосіб суміщення площини σ з площиною проєкцій Π_1 обертанням навколо сліду σ_1 . Фронтальний слід σ_2 після суміщення займе положення $\bar{\sigma}_2$, перпендикулярне до σ_1 . Вершини A і B трикутника, що лежать на осі обертання, тобто на σ_1 , при суміщенні свого положення не змінять. Щоб знайти суміщене положення точки C , проводимо через цю точку горизонталь $h(CN)$. Після суміщення горизонталь займе положення \bar{h} , паралельне сліду σ_1 . Відстань $\sigma_x N_2$ залишається незмінною, а тому точку \bar{N}_2 знаходимо за допомогою дуги, описаної з точки σ_x . З точки C_1 опускаємо перпендикуляр до перетину з \bar{h} і знаходимо суміщене положення \bar{C} вершини трикутника. $A_1\bar{C}B_1$ — натуральна величина трикутника ABC .

На рис. 133, *b* побудова натурального вигляду трикутника ABC здійснена обертанням навколо фронтального сліду σ_2 до суміщення з площиною проєкцій Π_2 . Горизонтальний слід σ_1 площини трикутника в новому положенні $\bar{\sigma}_1$ зіллється з віссю Ox . Вершини A і B трикутника, що лежать на сліду σ_1 , займуть положення \bar{A} і \bar{B} . Горизонтальна проєкція C_1 точки C переміститься по дузі кола, описаної з центра σ_x , і займе положення \bar{C}_1 . Суміщене положення \bar{C} вершини C трикутника визначиться на перетині прямої, проведеної з точки C_2 паралельно осі Ox , з перпендикуляром із \bar{C}_1 до цієї осі. $\bar{A}\bar{B}\bar{C}$ — натуральний вигляд трикутника ABC .

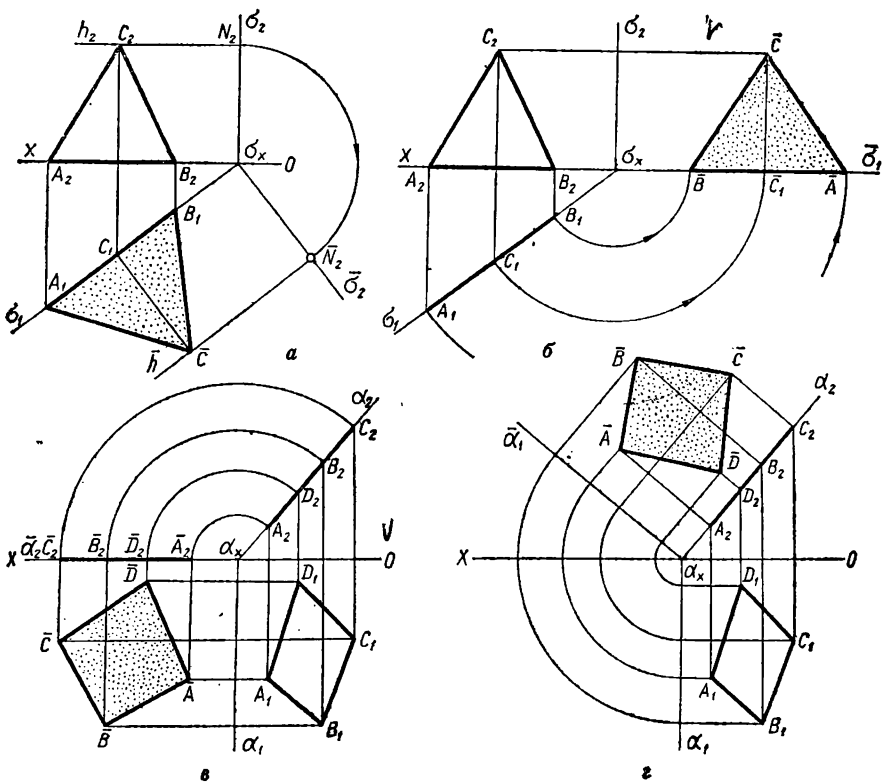


Рис. 133

Натуральний вигляд чотирикутника знайдено на рис. 133, в суміщенні з площиною Π_1 . Послідовність побудови така:

а) з точки сходження слідів α_x як із центра зроблено засічки на осі Ox радіусами $\alpha_x A_2$, $\alpha_x D_2$ і т. д. $\alpha_x \bar{C}_2$ — суміщений фронтальний слід площини α ;

б) через знайдені точки $\bar{A}_2, \bar{B}_2, \dots$ проведено допоміжні прямі, перпендикулярні до осі Ox , а через горизонтальні проекції $A_1 B_1, \dots$ вершин чотирикутника — прямі, паралельні осі Ox ;

в) точки $\bar{A}, \bar{B}, \bar{C}, \bar{D}$ взаємного перетину цих прямих визначають вершини чотирикутника в суміщеному з площиною Π_1 положенні. Сполучивши ці точки, дістаємо натуральний вигляд чотирикутника.

Вправа. Поясніть побудову натурального вигляду чотирикутника, виконану суміщенням його із фронтальною площиною проєкцій Π_2 (рис. 133, д).

12.4. 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 проєкцій.

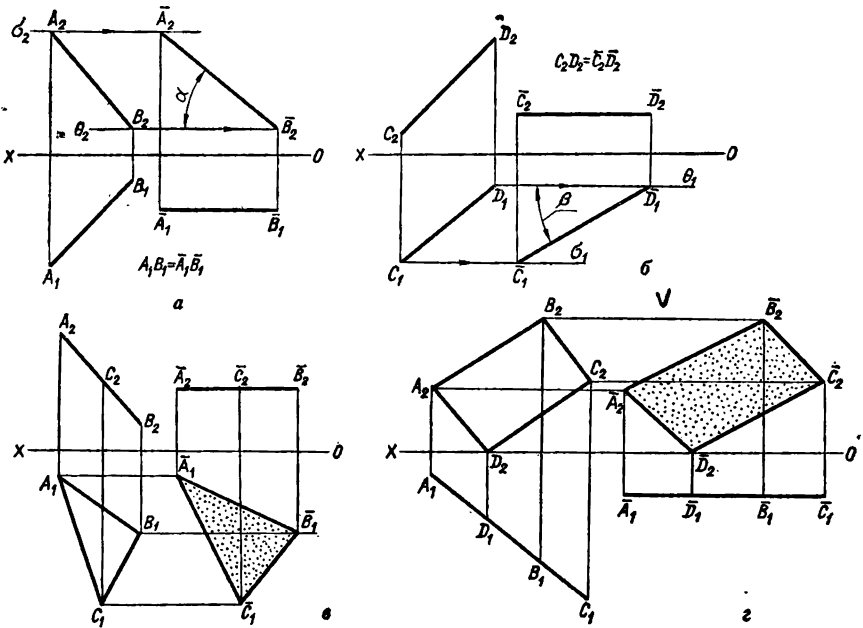


Рис. 134

Основні теоретичні положення цього способу такі:

а) при плоско-паралельному переміщенні фігури відносно площини проєкцій Π_1 фронтальні проєкції точок переміщуються по прямих, паралельних осі Ox , а горизонтальна проєкція фігури залишається незмінною за своєю величиною і формою;

б) при плоско-паралельному переміщенні фігури відносно площини Π_2 горизонтальні проєкції точок переміщуються паралельно осі Ox , а фронтальна проєкція залишається незмінною за своєю величиною і формою.

Переміщення відрізка прямої (рис. 134, а). Щоб визначити натуральну величину відрізка прямої AB , виконують його переміщення, наприклад відносно площини проєкцій Π_1 , до положення, паралельного площині Π_2 . Для цього горизонтальну проєкцію A_1B_1 , не змінюючи її величини, розташовують на вільному полі креслення паралельно осі проєкцій Ox ($\bar{A}_1\bar{B}_1 = A_1B_1$). З фронтальних проєкцій точок A_2 і B_2 проводять прями, паралельні осі Ox , до перетину з вертикальними лініями зв'язку, проведеними з точок \bar{A}_1 і \bar{B}_1 . $\bar{A}_2\bar{B}_2$ (фронтальна проєкція переміщеного відрізка AB) дорівнює натуральній величині самого відрізка, бо в новому положенні пряма AB стала паралельною площині проєкцій Π_2 . Кут α є кутом нахилу прямої AB до горизонтальної площини проєкцій.

Вправа. Поясніть побудову натуральної величини відрізка CD (рис. 134, б).

Переміщення площі фігури. На рис. 134, в способом плоско-паралельного переміщення відносно площини проєкцій Π_2 визначе-

на натуральна величина трикутника ABC , що лежить у фронтально проектуючій площині. Для цього фронтальну проекцію $A_2C_2B_2$, не змінюючи її величини і форми, перемістили в положення, паралельне осі Ox ($\overline{A_2C_2B_2} = A_2C_2B_2$), на вільне місце креслення. Із горизонтальних проекцій A_1, B_1, C_1 вершин трикутника провели прямі, паралельні осі Ox , а з точок $\overline{A_2}, \overline{B_2}, \overline{C_2}$ — вертикальні лінії зв'язку. Точки взаємного перетину цих прямих визначають горизонтальну проекцію $\overline{A_1}\overline{B_1}\overline{C_1}$ трикутника після переміщення. Ця проекція дорівнює натуральній величині трикутника ABC , бо його площина після переміщення стала паралельною площині проекцій Π_1 .

Вправа. Поясніть побудову натуральної величини чотирикутника (рис. 134, з),

12.5. 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 проекції так, щоб проектуванням на неї можна було визначити натуральну величину певних геометричних елементів або розв'язати якісь інші завдання.*

На рис. 135, а задано систему площин проекцій $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$. Щоб розв'язати якесь завдання, треба замінити площину проекцій Π_2 новою площиною Π_4 , тобто від системи площин проекцій $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ перейти до системи $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$. Нова площина Π_4 повинна залишитися перпендикулярною до площини проекцій Π_1 . На комплексному кресленні (рис. 135, б) виникає нова вісь x_1 як наслідок перетину площин Π_4 і Π_1 . Зверніть увагу на те, як позначають осі проекцій у старій і новій системах площин проекцій. На рис. 135, в горизонтальна площина Π_1 замінена новою площиною Π_4 , перпендикулярною до площини проекцій Π_2 . На комплексному кресленні (рис. 135, з) зображено і позначено стару і нову осі проекцій.

Заміна площин проекцій при проектуванні точки. Нехай точку A рис. 136, а) задано її проекціями в системі площин $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$. Треба побудувати проекції точки, коли площину Π_2 замінено новою вертикальною площиною Π_4 .

Горизонтальна проекція A_1 залишається незмінною, бо не змінюється положення площини проекцій Π_1 . Щоб знайти нову фронтальну проекцію A_4 , проводимо з точки A перпендикуляр до перетину з площиною проекцій Π_4 . Точка перетину A_4 — нова фронтальна проекція точки A . Отже, у системі площин проекцій $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ проекціями були A_1 і A_2 , а в новій системі $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ проекціями точки стають A_1 і A_4 . З рис. 136, а бачимо, що $A_4A_{x_1} = A_2A_x$, тобто відстань від нової проекції точки до нової осі дорівнює відстані від заміненої проекції до попередньої осі. Відстань A_2A_x є координатою z точки A — z_A . Отже,

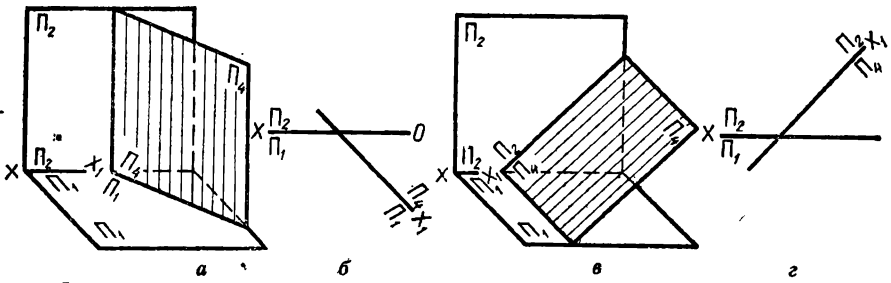


Рис. 135

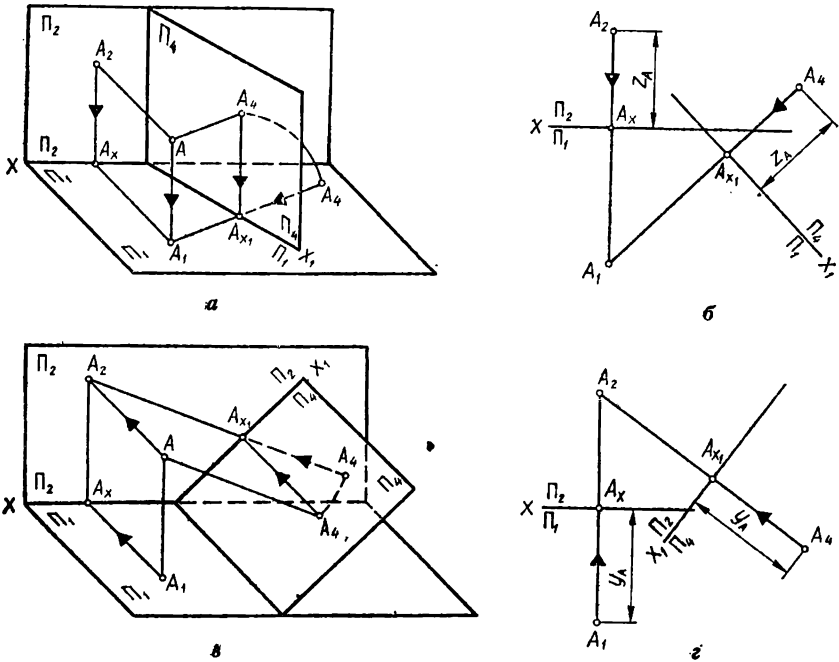


Рис. 136

при заміні фронтальної площини проєкцій незмінними залишаються координати z точок фігури.

На рис. 136, б цю побудову виконано на комплексному кресленні. Для цього з точки A_1 проводять перпендикуляр до нової осі проєкцій x_1 і від A_{x_1} відкладають на ньому координату z_A точки A , тобто $A_4A_{x_1} = A_2A_x$.

Висновки:

а) при заміні фронтальної площини проєкцій Π_2 новою площиною Π_4 горизонтальна проєкція точки залишається незмінною;

б) щоб визначити нову фронтальну проєкцію, треба з горизонтальної проєкції опустити перпендикуляр на нову вісь і відкласти на ньому відрізок, що дорівнює відстані заміненої проєкції від попередньої осі (тобто координату z заданої точки).

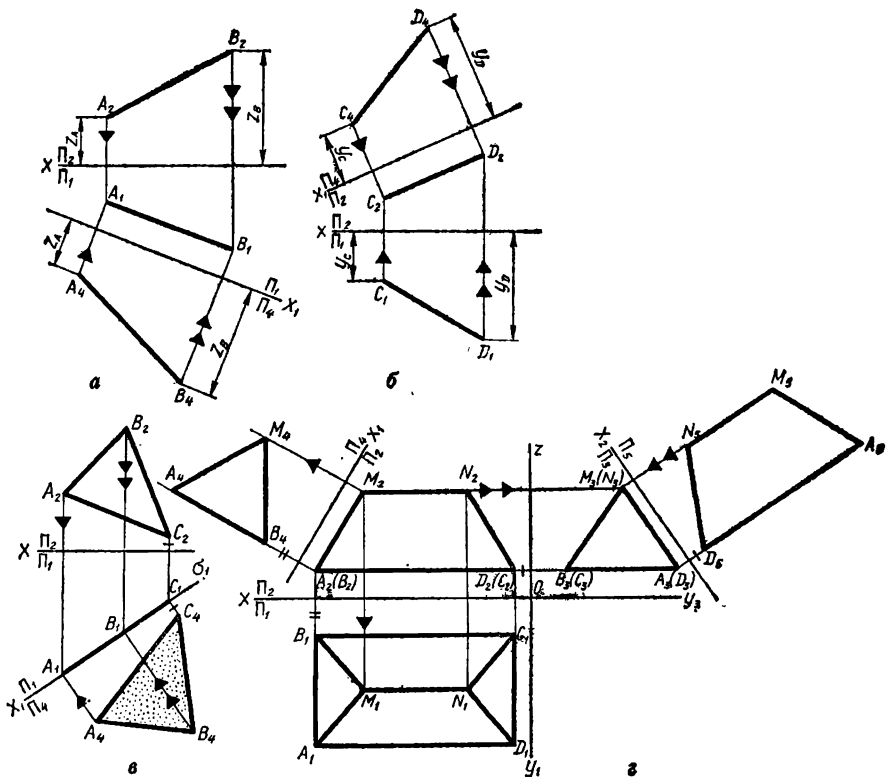


Рис. 137

Вправа. Поясніть побудову проєкцій точки на рис. 136, в, г, де зроблено перехід від системи площин проєкцій $\frac{\Pi_2}{\Pi_1}$ до системи $\frac{\Pi_3}{\Pi_4}$.

Спосіб заміни площин проєкцій для відрізка прямої (рис. 137, а). Щоб знайти справжню величину відрізка прямої AB , заміняють фронтальну площину проєкцій Π_2 новою вертикальною площиною Π_4 так, щоб вона була паралельна відрітку AB і залишалась перпендикулярною до площини проєкцій Π_1 . На площину Π_4 відрізок спроектується в натуральну величину. Проекцію A_4B_4 на комплексному кресленні (рис. 137, а) будують в такій послідовності:

а) на довільній відстані від лінії A_1B_1 проводять нову вісь x_1 , паралельну горизонтальній проєкції відрізка;

б) з точок A_1 і B_1 проводять лінії проєкційного зв'язку в системі площин $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$, перпендикулярні до осі x_1 ;

в) 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 проєкцій Π_2 ;

г) знайдені точки A_4 і B_4 сполучають прямою. Відрізок A_4B_4 є натуральною величиною відрізка AB , оскільки він паралельний новій площині проєкцій Π_4 .

Вправа. Поясніть визначення натуральної величини відрізка прямої (рис. 137, б).

Спосіб заміни площини проєкцій для визначення натуральної величини плоскої фігури. Треба визначити натуральну величину трикутника ABC , що лежить у горизонтально проєктуючій площині σ (рис. 137, в). Проводять нову вертикальну площину проєкцій Π_4 перпендикулярно до площини Π_1 і паралельно площині трикутника ABC . При цих умовах вісь x_1 системи площин проєкцій $\frac{\Pi_4}{\Pi_1}$ треба провести паралельно сліду-проєкції $A_1B_1C_1$ на довільній відстані. В окремому випадку площина Π_4 може збігатися з площиною трикутника і тоді вісь проєкцій x_1 зіллється з проєкцією $A_1B_1C_1$ (рис. 137, в). Через точки A_1, B_1, C_1 проводять лінії зв'язку нової системи площин проєкцій і відкладають на них від осі x_1 координати z точок A, B і C (тобто відстані точок A_2, B_2 і C_2 від осі Ox). Визначені проєкції A_4, B_4, C_4 сполучають прямими в трикутник, який і буде шуканою натуральною величиною оригіналу ABC .

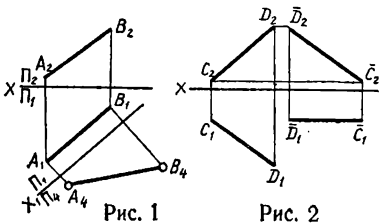
Вправа. На рис. 137, г знайдено розміри схилів даху. Поясніть зроблену побудову.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть способи перетворення проєкцій, які застосовуються в кресленні.
2. У чому суть способу обертання навколо осей, перпендикулярних до площин проєкцій?
3. Які основні елементи способу обертання?
4. Визначте способом обертання справжні величини відрізка прямої і трикутника.
5. У чому суть способу суміщення?
6. Знайдіть способом суміщення справжню величину трикутника, що лежить у горизонтально проєктуючій площині.
7. У чому суть способу плоско-паралельного переміщення?
8. Знайдіть способом плоско-паралельного переміщення справжні величини відрізка прямої і трикутника, що лежить у фронтально проєктуючій площині.
9. У чому суть способу заміни площин проєкцій?
10. Знайдіть способом заміни площин проєкцій справжню величину трикутника, що лежить у профільно проєктуючій площині.

Вправа. Розв'яжіть картку програмованого контролю з теми «Способи перетворення проєкцій». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми «Способи перетворення проєкцій»



1. Яким способом знайдено справжню величину відрізка AB прямої (рис. 1)?
2. Яким способом знайдено натуральну величину відрізка CD прямої (рис. 2)?
3. На яких рисунках правильно знайдено справжню величину трикутника ABC (рис. 3—6)?
4. Відносно якої площини проєкцій виконано переміщення на рис. 5?

5. Як називається пряма i (рис. 6)? Що являє собою лінія A_2A_2 (рис. 6)?
6. Яку площину проєкцій замінено на рис. 3?
7. Відносно якої лінії виконано обертання на рис. 4?

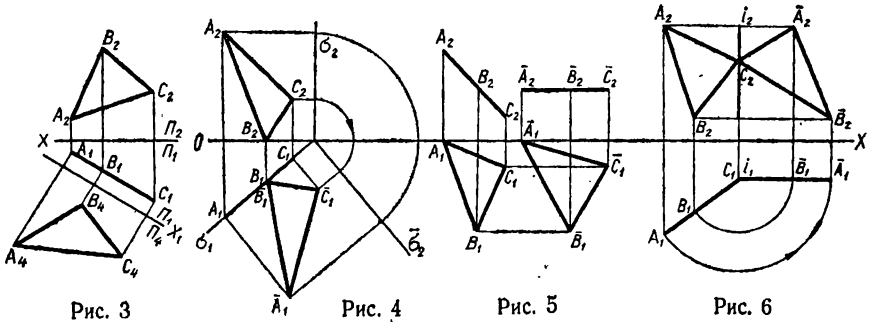


Рис. 3

Рис. 4

Рис. 5

Рис. 6

8. Чи правильно знайдено справжню величину трикутника ABC на рис. 7?
9. За заданими розмірами (рис. 8) побудуйте пряму AB і знайдіть її натуральну величину в міліметрах способом плоско-паралельного переміщення.
10. За заданими розмірами (рис. 9) побудуйте трикутник ABC і знайдіть його площу в квадратних міліметрах способом плоско-паралельного переміщення.

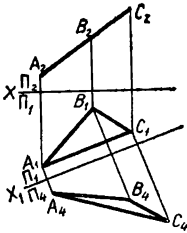


Рис. 7

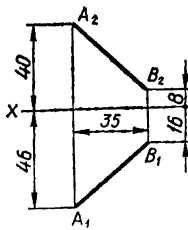


Рис. 8

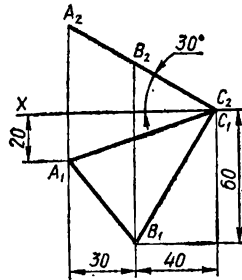


Рис. 9

§ 13. ПРОЕКТУВАННЯ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ

13.1. Загальні положення

Щоб накреслити складну технічну деталь, треба навчитися будувати проєкції простих геометричних тіл, з яких складаються деталі — призми, циліндри, конуси, кулі тощо. Зобразити і прочитати креслення геометричного тіла означає не тільки вміти за розмірами побудувати проєкції, а й провести повний аналіз фігури. Останнє означає, що треба вміти визначити і показати на кресленні ребра, грані, вершини, твірні, їх розташування між собою і по відношенню до площин проєкцій, показати видимі і невидимі елементи, знайти проєкції точок, що лежать на поверхні тіла, проставити розміри тощо.

13.2. Призма

Якщо твірна ковзає по довільній напрямній замкненій ламаній лінії так, що окремі її положення залишаються між собою паралельними, то утворюється призматична поверхня.

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

Дві грані призми (*основи*) є однаковими многокутниками з відповідно паралельними сторонами, а *бічні грані* в загальному випадку — паралелограми (рис. 138, б). Лінії перетину граней називаються *ребрами*. Ребра призми поділяють на *бічні* і *ребра основи*. Точки перетину ребер, або точки, в яких сходяться грані, називаються *вершинами многогранника*.

Призма називається *прямою* (рис. 138, а, в, г), коли бічні ребра перпендикулярні до основи, і *похилою* (рис. 138, 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 многокутник. За формою основи призми бувають трикутні, чотирикутні, шестикутні і т. д. Коли в основі призми лежить прямокутник або паралелограм, вона називається *паралелепіпедом*. Прямий паралелепіпед, в основі якого лежить прямокутник, називається *прямокутним* (рис. 138, в).

Побудова проєкцій призми на комплексному кресленні (рис. 139, а). Треба побудувати проєкції прямої правильної трикутної призми, що стоїть на площині Π_1 . Основа вписана в коло діаметром 50 мм, висота призми — 48 мм. На площину проєкцій Π_1 призма проєктується рівностороннім трикутником, який є проєкцією нижньої і верхньої основ призми. Сторони трикутника є проєкціями бічних граней призми, а його вершини — проєкціями бічних ребер. На площині проєкцій Π_2 призма зобразиться у вигляді прямокутника, величина якого дорівнює грані, паралельній площині Π_2 . Проєкція переднього ребра призми ділить прямокутник навпіл. На площину Π_3 призма проєктується у вигляді прямокутника, величина якого буде меншою за натуральну величину бічної грані призми. На рис. 139, а побудову профільної проєкції виконано за допомогою постійної прямої креслення.

Аналіз креслення призми. Призма, зображена на рис. 139, а має 5 граней, 9 ребер і 6 вершин. Грань ABC — нижня основа призми — лежить у площині проєкцій Π_1 , а верхня основа EFD паралельна площині Π_1 і віддалена від неї на 48 мм. На горизонтальну площину проєкцій верхня і нижня основи призми проєктуються в натуральну величину. Бічна грань $AEDC$, паралельна площині проєкцій Π_2 , зобразиться на ній в натуральну величину. Ліва і права грані $AEFE$ і $FDCB$ — горизонтально проєктуючі площини — на фронтальній профільній проєкціях зображені скороченими. Величина скорочення залежить від кута нахилу грані до відповідної площини проєкцій. Чим більший кут нахилу, тим більше скорочення цієї грані. Грані $AEFB$ і $FDCB$ розміщено до площини Π_2 під кутом 60° , а до площини Π_3 — під кутом 30° . Тому величина скорочення цих граней на фронтальній проєкції дорівнює половині їхньої натуральної величини.

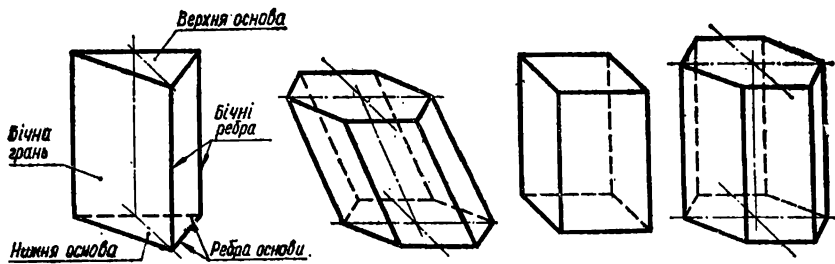


Рис. 138

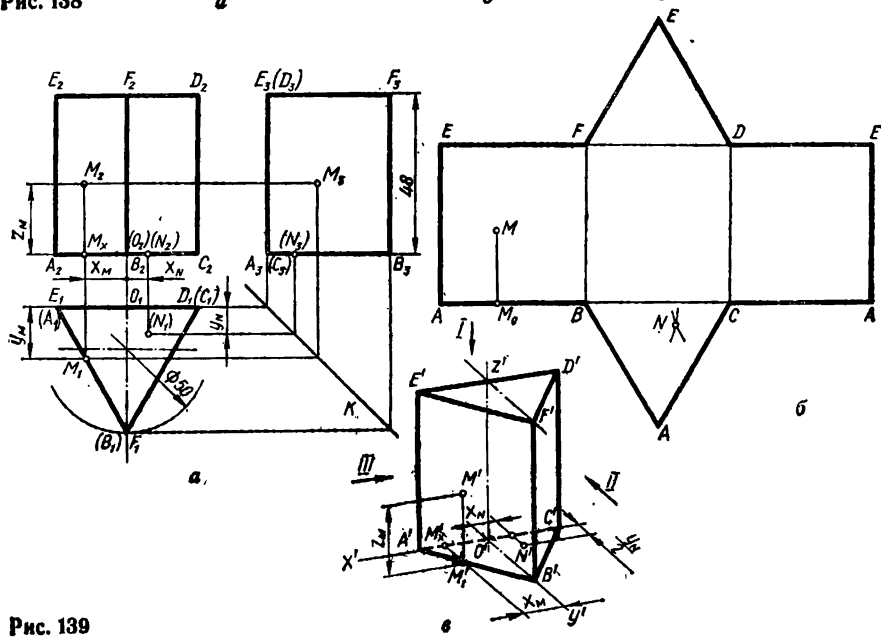


Рис. 139

тальній площині проєкцій більша порівняно із скороченням на профільній проєкції (тобто площа прямокутника $A_2E_2F_2B_2$ менша за площу $A_3E_3F_3B_3$).

Шість ребер призми є ребрами верхньої і нижньої основ. Ребра AB, BC, CA лежать у горизонтальній площині Π_1 , а ребра EF, FD, DE паралельні цій площині і проєктуються на Π_1 у натуральну величину. Ребра AC і ED — профільно проєктуючі прямі, які на Π_1 і Π_2 зображені відрізками, паралельними осі Ox . Бічні ребра призми — горизонтально проєктуючі прямі. На площину Π_1 вони проєктуються у вигляді точок, а на Π_2 і Π_3 — у вигляді відрізків, перпендикулярних до осей проєкцій Ox і Oy_3 . Ці відрізки дорівнюють натуральній величині ребер призми.

Видимість елементів призми. Горизонтальна проєкція — це зображення призми в напрямі стрілки I (рис. 139, в). Тому на площині Π_1 видимою буде лише верхня основа призми. Стрілка II показує напрям променів зору при побудові фронтальної проєкції; отже, на цій проєкції грані $A_2E_2F_2B_2$ і $F_2D_2C_2B_2$ видимі, а грань $A_2E_2D_2C_2$ — невидима.

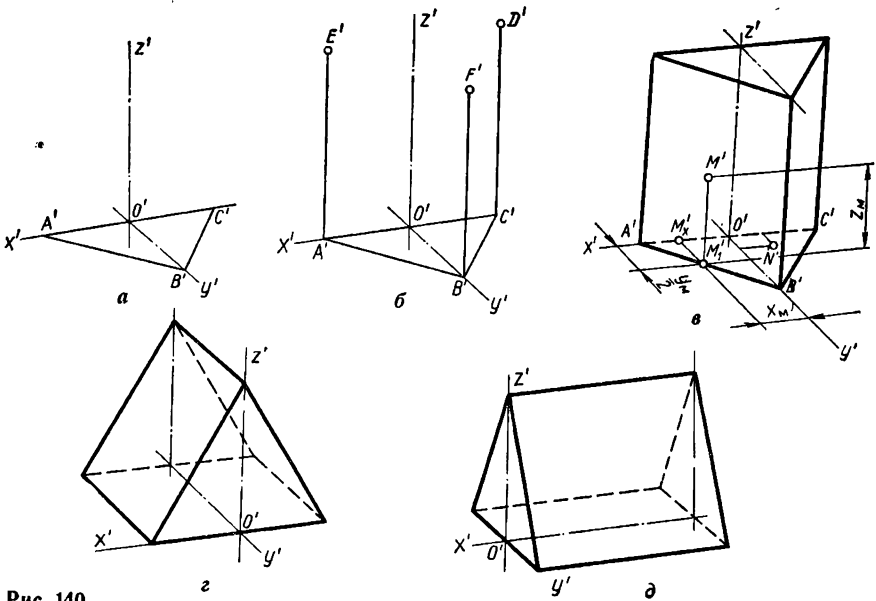


Рис. 140

На профільній площині видимою буде лише бічна грань $A'EFB'$, бо напрям зору відповідає стрілці III .

Визначення проєкцій точок, що лежать на поверхні призми. На рис. 139, а задано фронтальну проєкцію M_2 точки, яка лежить на лівій бічній грані призми. Ця грань перпендикулярна до площини Π_1 і проєкується на неї відрізком A_1B_1 . Отже, горизонтальна проєкція M_1 точки лежить на цьому відрізку. Проєкцію M_3 знайдено за допомогою постійної прямої креслення. На цьому самому рисунку побудовано фронтальну і профільну проєкції невидимої точки N , яка лежить на нижній основі призми. Побудова зрозуміла з креслення.

Розміри призми. З розмірів, що характеризують правильну пряму призму, досить показати на кресленні висоту призми і діаметр кола, в яке вписано рівносторонній трикутник основи.

Побудова розгортки призми (рис. 139, б).

Розгорткою многогранника 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 $AM_0 = A_1M_1$ і через точку M_0 проводять пряму, паралельну напрямку бічних ребер призми. Відкладають на цій прямій відрізок M_0M , що дорівнює відрізку M_2M_2 . Точку N побудовано способом засічок. Вимірюють циркулем на горизонтальній проєкції відрізки B_1N_1 і C_1N_1 і з точок B та C як із центрів проводять дуги до взаємного їх перетину в точці N . На прямокутнику розгортки лінії перегину (ребра призми) креслять суцільною тонкою лінією.

Побудова аксонометричного зображення призми. На рис. 139, *в* призма зображена в прямокутній диметрії. Послідовність побудови показано на рис. 140, *а—в*. Проводять аксонометричні осі x', y', z' і будують зображення нижньої основи призми (рис. 140, *а*). Відкладають по осі x' відрізки $O'A'$ і $O'C'$, що дорівнюють відповідно O_1A_1 і O_1C_1 , і дістають вершини A' і C' трикутника (рис. 140, *а*). По осі y' відкладають половину висоти трикутника основи, тобто $O'B' = \frac{O_1B_1}{2}$. Сполучаючи точки A', B', C' , дістають зображення нижньої основи призми. З вершин основи проводять прямі, паралельні осі z' (рис. 140, *б*), і відкладають на них відрізки, що дорівнюють довжині бічних ребер призми, наприклад $A'E' = A_2E_2$. Сполучаючи кінцеві точки цих відрізків, мають зображення верхньої основи призми (рис. 140, *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_1 . З утвореної вторинної проєкції M_1 проводять пряму, паралельну осі z' , і відкладають на цій прямій відрізок M_1M' , який дорівнює z_M . Лінія $O'M'_xM_1M'$, що складається з трьох ланок, кожна з яких дорівнює відповідно одній з координат точки M , є *триланковою координатною ламаною лінією*.

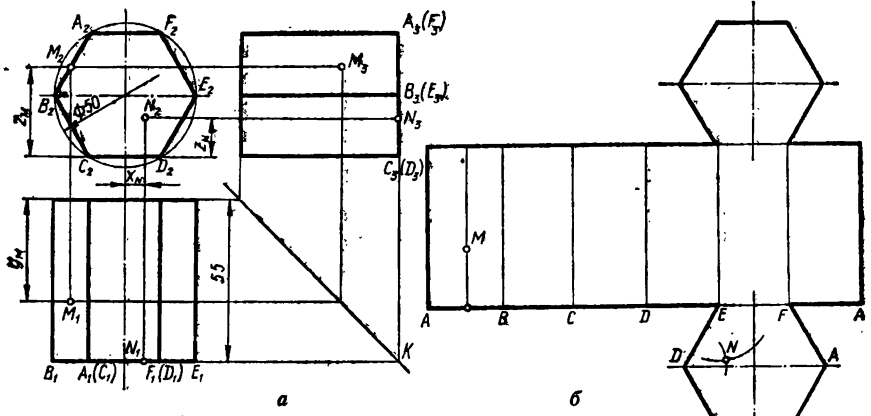
Самостійно пояснить побудову точки N . На рис. 140, *г* трикутну призму показано в положенні, перпендикулярному до площини Π_2 , а на рис. 140, *д* — перпендикулярному до площини проєкцій Π_3 .

Вправа. Розгляньте і зробіть аналіз призми, зображеної на рис. 141.

На рис. 142 побудовано призму, основи якої мають форму трапеції і паралельні профільній площині Π_3 . Призма розсічена горизонтальною площиною α і профільною β . Площина α перерізає призму по прямокутнику, довжина якого дорівнює довжині уступу, а ширину можна знайти на профільній площині проєкцій. Для цього вимірюють відрізок y_A і відкладають його на горизонтальній проєкції в обидва боки від осі симетрії. На бічній невидимій грані призми лежить точка M . Задано її фронтальну проєкцію M_2 . Самостійно розгляньте, як побудовані проєкції M_1 і M_3 .

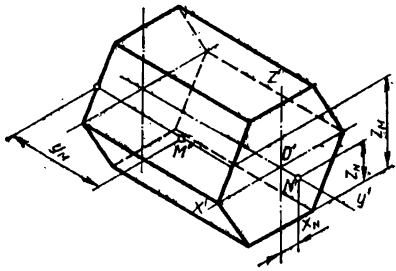
На рис. 143, *а* зображено деталь, яка складається з комбінації призматичних форм. Виготовлення деталі можна собі уявити так: з бруска розмірами $50 \times 32 \times 40$ мм, що має форму прямокутного паралелепіпеда, вирізано у верхній частині два паралелепіпеди I розмірами $10 \times 10 \times 40$ мм (рис. 143, *б*), а з нижньої частини вирізано призму II з трапецеїдальною основою розмірами $20 \times 30 \times 11 \times 40$ мм (рис. 143, *в*). У середній частині, що залишилася, вирізано отвір, який має форму прямокутного паралелепіпеда III розмірами $15 \times 15 \times 21$ мм (рис. 143, *г*).

Такий аналіз потрібний для того, щоб краще зрозуміти форму деталі і правильніше підійти до проставляння розмірів.

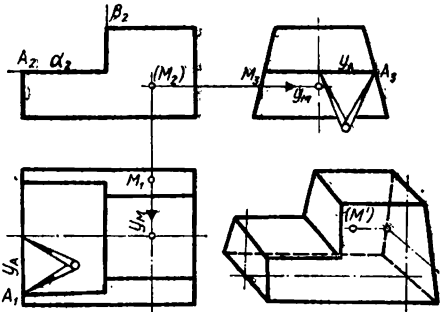


a

б



в

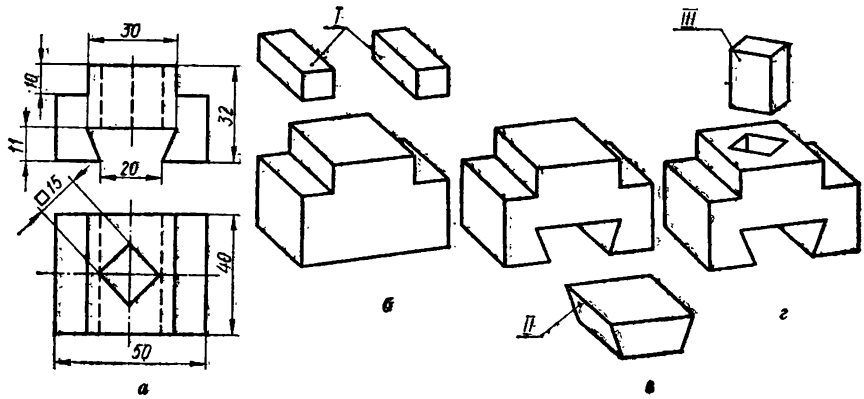


a

б

Рис. 141

Рис. 142



a

б

в

Рис. 143

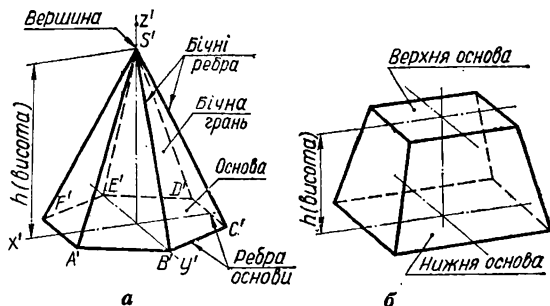


Рис. 144

13.3. Піраміда

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

Отже, *пірамідою називається многогранник (рис. 144, а), одна грань якого (основа) є многокутник, а бічні грані — трикутники, що мають спільну точку — вершину піраміди.*

Лінії перетину граней називаються *ребрами*. Ребра піраміди поділяють на *бічні і ребра основи*.

За формою основи піраміди бувають трикутні, чотирикутні, п'ятикутні і т. д. Піраміда називається *правильною*, коли в її основі лежить правильний многокутник і вісь проходить через центр основи. Бічні грані правильної піраміди — рівнобедрені 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. 144, б). Сторони верхньої і нижньої основ зрізаної піраміди паралельні між собою. Зрізана піраміда називається *правильною*, коли в її основах лежать правильні многокутники.

Побудова проєкцій піраміди на комплексному кресленні. Треба побудувати проєкції піраміди, в основі якої лежить прямокутник із сторонами 32, 54 мм і висотою 50 мм (рис. 145, а). Горизонтальна проєкція піраміди є прямокутником, поділеним діагоналями на трикутники. За формою і розмірами цей прямокутник дорівнює основі піраміди. Трикутники є проєкціями бічних граней піраміди. На площині проєкцій Π_2 піраміда зображується трикутником з основою 54 мм і висотою 50 мм, що дорівнює висоті піраміди. Трикутник $A_2S_2B_2$ є проєкцією передньої видимої грані піраміди. На площині Π_3 піраміда зображується також трикутником з основою 32 мм і висотою 50 мм. Трикутник $D_3S_3A_3$ є проєкцією лівої бічної грані.

Аналіз креслення піраміди. Піраміда, зображена на рис. 145, а, має 5 граней, 8 ребер, вершину S і чотири вершини прямокутника основи. Грані SAD і SBC — фронтально проєктуючі площини, які на

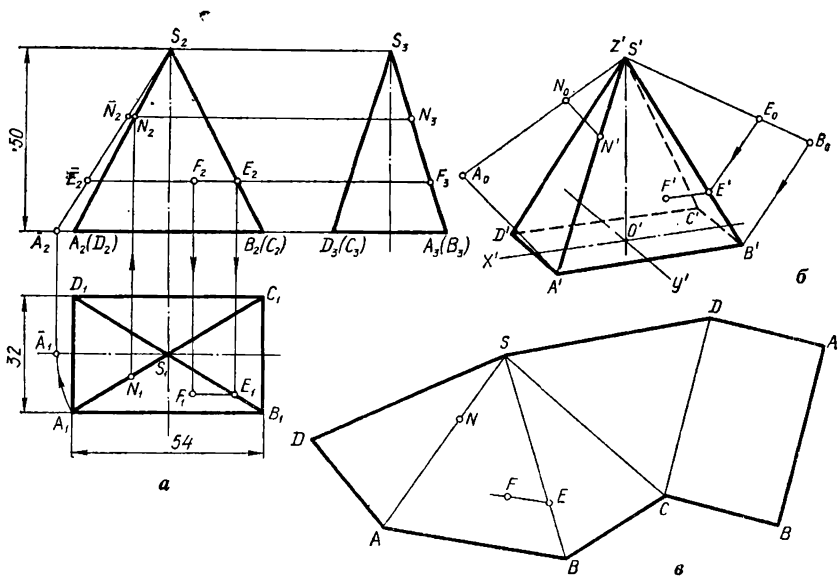


Рис. 145

площині Π_2 зображуються відрізками прямих, а на площинах Π_3 і Π_1 — трикутниками зменшеної величини. Величина зменшення залежить від кута нахилу цих граней до площин Π_1 і Π_3 (див. § 13.2). Грані SAB і SDC — профільно проєктуючі площини, які на Π_3 зображуються відрізками прямих, а на Π_1 і Π_2 — трикутниками зменшеної величини. Основа піраміди $ABCD$ лежить у площині Π_1 і проєктується на неї в натуральну величину. Ребра AB і CD — профільно проєктуючі, а ребра AD і BC — фронтально проєктуючі прямі. Бічні ребра SA, SB, SC, SD — прямі загального положення, які на жодну з площин проєкцій не проєктуються в натуральну величину.

Видимість елементів піраміди. На горизонтальній проєкції видимими будуть усі чотири бічні грані, на площині Π_2 видимою буде грань ASB , а на площині Π_3 — грань ASD . Грані ASD і BSC проєктуються відрізками прямих на площину Π_2 , а грані CSD і ASB — на площину Π_3 . Задня невидима грань CSD зливається з контуром передньої грані ASB на фронтальній площині, а грань CSB з ASD — на профільній.

Визначення проєкцій точок, що лежать на поверхні піраміди. На рис. 145, *a* задано горизонтальну проєкцію N_1 точки, яка лежить на ребрі AS . Виходячи з умови, що точка лежить на прямій, коли її проєкції лежать на однойменних проєкціях цієї прямої, проводять вертикальну і горизонтальну лінії зв'язку і знаходять фронтальну N_2 і профільну N_3 проєкції.

Задано також фронтальну проєкцію F_2 точки, яка лежить на передній грані ASB . Горизонтальну проєкцію F_1 можна знайти двома способами. Перший полягає в тому, що використовують збиральні властивості профільно проєктуючої грані ASB . На площині Π_3 ця

грань зобразиться відрізком A_3S_3 . Провівши з F_2 лінію зв'язку, знаходять профільну проекцію F_3 і за двома проекціями визначають горизонтальну проекцію F_1 . При другому способі через задану точку в площині грані ASB проводять допоміжну пряму (рис. 145, а). Фронтальна проекція F_2E_2 цієї прямої проведена паралельно A_2B_2 , тому й горизонтальна її проекція F_1E_1 піде паралельно A_1B_1 . Опустивши з F_2 вертикальну лінію зв'язку до перетину з E_1F_1 , знаходять горизонтальну проекцію F_1 точки F .

Розміри піраміди. Пряму піраміду з прямокутною основою характеризують три розміри: 32 і 54 мм, що визначають основу піраміди, і 50 мм, що визначає висоту піраміди (рис. 145, а).

Побудова розгортки піраміди. Для побудови розгортки піраміди треба визначити натуральну величину всіх її ребер. Ребра основи проектується в справжню величину на площину проєкцій Π_1 . Натуральну величину одного з бічних ребер, наприклад SA , знаходять способом обертання (рис. 145, а) навколо осі, що проходить через вершину піраміди S перпендикулярно до її основи. Горизонтальна проекція ребра після обертання займе положення $S_1\bar{A}_1$, паралельне осі Ox . На фронтальній площині проєкцій точка A_2 переміщується в положення \bar{A}_2 . Пряма $S_2\bar{A}_2$ — натуральна величина бічного ребра піраміди.

З довільної точки S (рис. 145, в) радіусом, що дорівнює натуральній величині бічного ребра, тобто $SD = S_2\bar{A}_2$, проводять дугу кола, на якій засікають чотири хорди, що відповідно дорівнюють розмірам сторін основи піраміди, наприклад $AD = A_1D_1$; $AB = A_1B_1$ тощо. Сполучаючи точки S, D, A, B, C, D, S , дістають розгортку бічної поверхні. Добудовують прямокутник основи піраміди. При обертанні ребра SA до положення, паралельного фронтальній площині проєкцій, точка N , що лежить на цьому ребрі, переміститься в положення \bar{N} . Вимірюють величину відрізка $S_2\bar{N}_2$ і відкладають її на розгортці ($SN = S_2\bar{N}_2$). Якщо обертати ребро BS до положення, паралельного площині проєкцій Π_2 , точка E_2 переміститься паралельно осі Ox і займе положення \bar{E}_2 . Відкладають на ребрі BS розгортки відрізок $SE = S_2\bar{E}_2$. З точки E проводять пряму EF , паралельну ребру AB , і знаходять на цій прямій точку F ($EF = E_1F_1$).

Побудова аксонометричного зображення. На рис. 145, 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 проєкція і для неї зберігаються всі закони паралельного проєктування, зокрема правило пропорційного ділення). З точки S' під довільним кутом проводять пряму, на якій відкладають

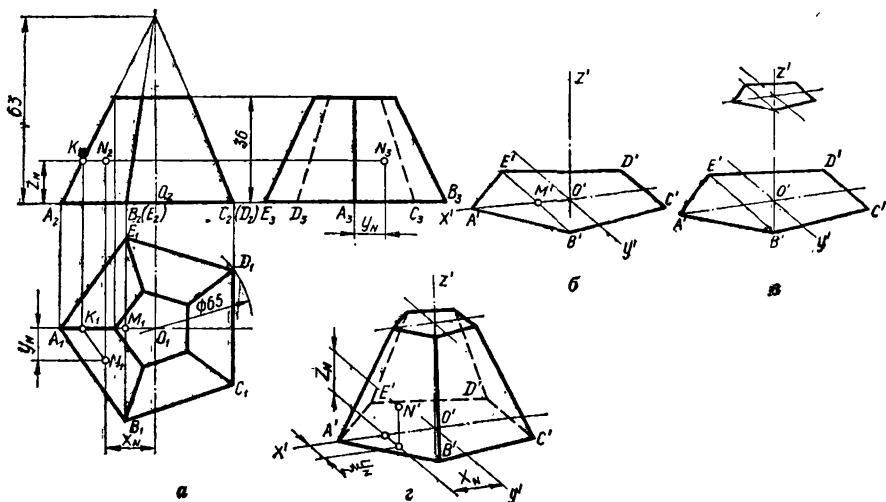


Рис. 146

відповідно відрізки $S'N_0 = S_2N_2$ і $N_0A_0 = N_2A_2$. Точки 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 $E'F' \parallel A'B'$ і відкладають відрізок $E'F' = E_1F_1$.

Вправа. Зрізана п'ятикутна правильна піраміда зображена на комплексному кресленні і в аксонометрії (рис. 146). Аксонометричну побудову показано послідовно. Розгляньте і поясніть її.

18.4. Циліндр

Якщо прямокутник $ABCD$ (рис. 147, 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).

Пряма i — *вісь циліндра*, а AB — його *твірна*. Відстань між площинами основ називається *висотою*. Циліндри поділяють на *прямі* (рис. 147, а) і *похилі* (рис. 147, б). Прямим називається циліндр, в якого твірні перпендикулярні до основи. Технічні деталі найчастіше мають форму прямих кругових циліндрів.

Побудова проєкції прямого кругового циліндра на комплексному кресленні. Треба побудувати проєкції прямого кругового циліндра, діаметр основи якого дорівнює 40 мм, а висота 50 мм. Вісь циліндра перпендикулярна до площини Π_1 (рис. 148, а). На горизонтальну площину циліндр проєктується у вигляді круга діаметром 40 мм, на площини Π_2 і Π_3 — у вигляді прямокутників, висота яких дорівнює висоті циліндра (50 мм), а ширина — діаметру основи (40 мм).

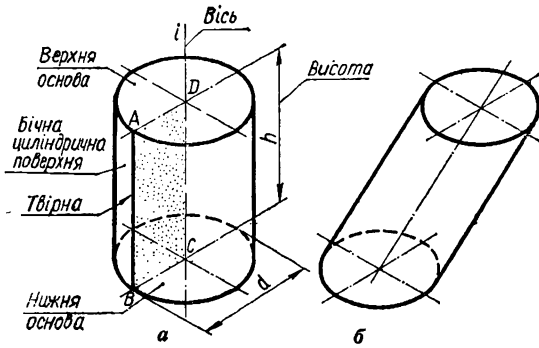


Рис. 147

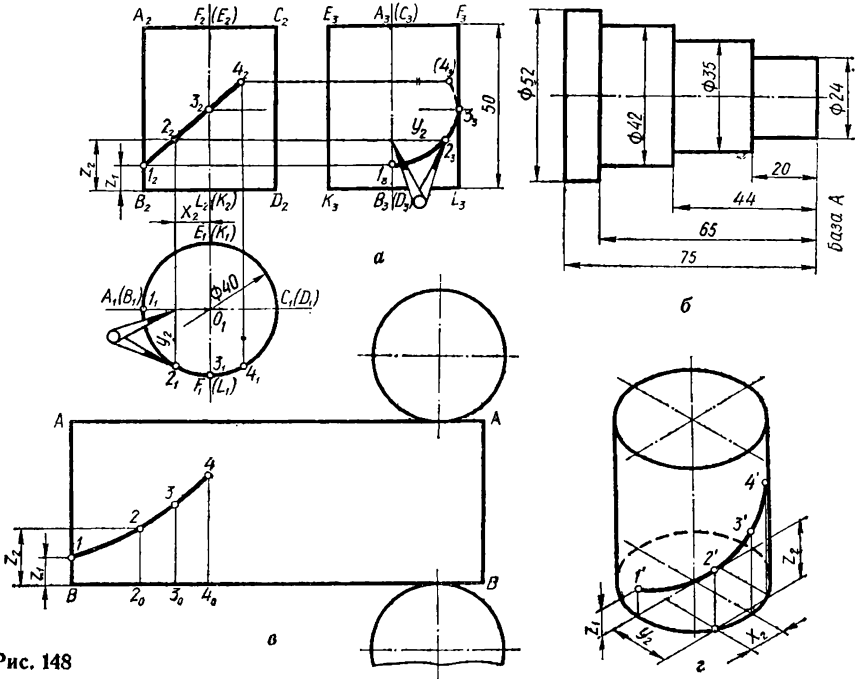


Рис. 148

Аналіз креслення циліндра. Нижня основа циліндра лежить у площині проєкцій Π_1 , а верхня паралельна цій площині і розміщена від неї на відстані 50 мм. На горизонтальну площину проєкцій обидві основи проєктуються в натуральну величину, тобто у вигляді круга діаметром 40 мм. Коло, що обмежує основу, є проєкцією бічної циліндричної поверхні. Твірні цієї поверхні займають горизонтально проєктуюче положення і проєктуються на Π_2 у вигляді точок. Коло основи на Π_2 є слідом-проєкцією циліндричної поверхні і має збіральні властивості. Це означає, що на цьому колі розміщені горизонтальні проєкції довільних точок, ліній, фігур, які лежать на бічній циліндричній поверхні. Твірні AB і CD , що обмежують прямокутник на фронтальній площині, називаються *обрисними*. На площині Π_3 проєкції

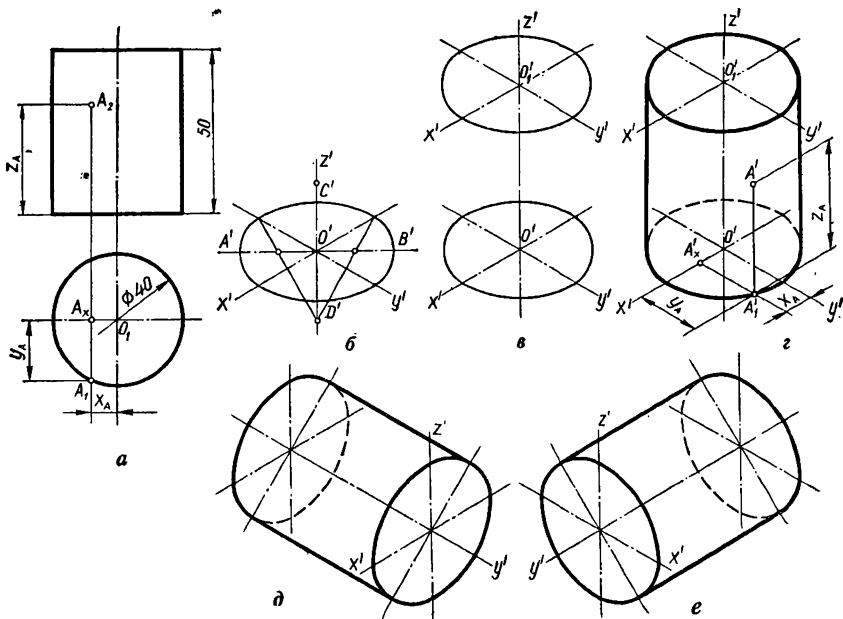


Рис. 149

цих твірних зливаються з віссю симетрії. Твірні EK і FL є обрисни-ми відносно профільної площини проєкцій.

Видимість елементів циліндра. На площині Π_1 видимою буде лише верхня основа циліндра. На фронтальній площині проєкції видимою є передня частина циліндричної поверхні. Межами, що відокремлюють видиму частину поверхні від невидимої, є проєкції обрисних твірних A_2B_2 і C_2D_2 . На профільній площині видимою є ліва частина циліндра.

Знаходження проєкцій точок, що лежать на поверхні циліндра. Замість однієї точки побудуємо проєкцію лінії, що лежить на бічній поверхні циліндра. Беремо на цій лінії ряд точок (рис. 148, а). Характерними є крайні точки 1, 4 і точки 1, 3, що лежать на обрисних твірних. Точка 2 — проміжна, або випадкова. Горизонтальні проєкції всіх цих точок зливаються з проєкцією поверхні циліндра (з колом), що обмежує основу циліндра. Координатним способом знаходять профільні проєкції точок і сполучають їх плавною кривою. Частина кривої 3_34_3 буде невидимою, бо вона лежить на невидимій половині поверхні циліндра — за обрисною твірною.

Розміри і кількість проєкцій циліндра. Прямий круговий циліндр визначається двома розмірами: діаметром кола основи і висотою. Якщо технічна деталь має циліндричну форму, то для її зображення досить однієї проєкції, бо значок « \emptyset » свідчить про те, що деталь має форму тіла обертання.

На рис. 148, б в одній проєкції 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 на 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 (рис. 148, в). Розгорткою бічної поверхні циліндра є прямокутник, довжина якого дорівнює довжині кола основи циліндра, тобто в нашому випадку $\pi d = 3,14 \cdot 40 = 125,6$ 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 $B1 = z_1; 2_02 = z_2$ і т. д. Точки 1, 2, 3, 4 сполучають плавною кривою.

Побудова аксонометричного зображення циліндра. На рис. 148, г циліндр зображено в прямокутній ізометрії. Послідовність побудови видно з рис. 149. Проводять аксонометричні осі x', y', z' і будують зображення нижньої основи циліндра. Коло проектується в еліпс, який спрощено будують як овал (див. § 11.2). З точки O' на осі z' відкладають відрізок $O'O'_1$ (висоту 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 (див. § 13.2), знаходять зображення точок $1', 2', 3', 4'$ (рис. 148, г) в ізометрії (на рис. 149, г позначено координати лише точки A). Знайдені точки сполучають плавною кривою. На рис. 149, д циліндр показано в положенні, перпендикулярному до площини Π_2 , а на рис. 149, е — в положенні, перпендикулярному до Π_3 .

Три проєкції циліндра, в якому зроблено виріз горизонтальною площиною γ і двома профільними площинами α і β , зображено на рис. 150, а. Площина γ перерізає циліндр по колу, діаметр якого дорівнює діаметру основи циліндра. На площині Π_1 проєкція кола перерізу збігається з проєкцією основи циліндра. Профільна площина α перерізає бічну поверхню по твірних AC і BD . Відкладаючи циркулем-вимірником розмір y_D , знаходять профільні проєкції A_3C_3, B_3D_3 цих твірних. Переріз горизонтальної площини γ з площиною α дає пряму CD , перпендикулярну до фронтальної площини проєкцій. На профільній проєкції ця лінія буде невидимою і тому наведено її штриховою лінією. Аналогічну картину матимемо від перерізу циліндра площиною β .

Вправа 1. Пояснить побудову зрізаного циліндра (рис. 150, б). Побудуйте розгортку цього циліндра.

Вправа 2. На рис. 151 зображено технічну деталь, яка складається з комбінації циліндричних форм. Знайдіть проєкції видимих точок, яких не вистачає і які лежать на поверхні деталі.

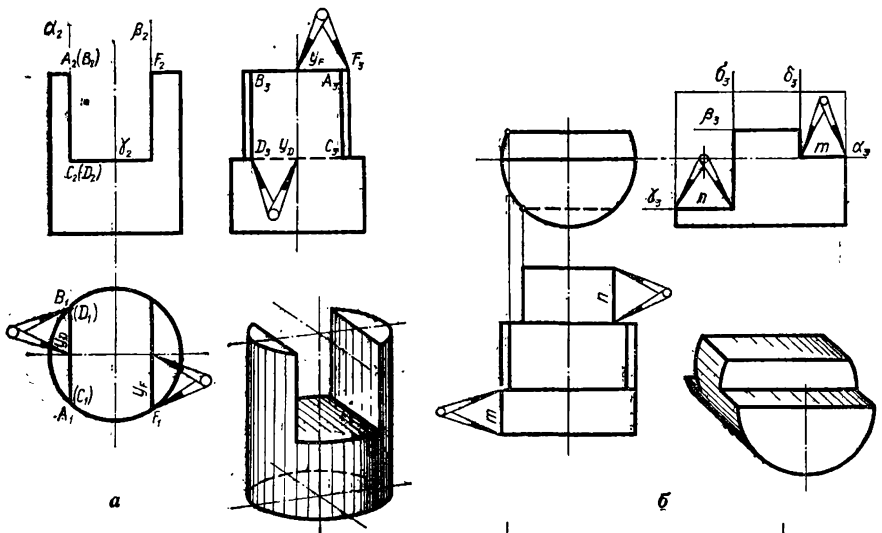


Рис. 150

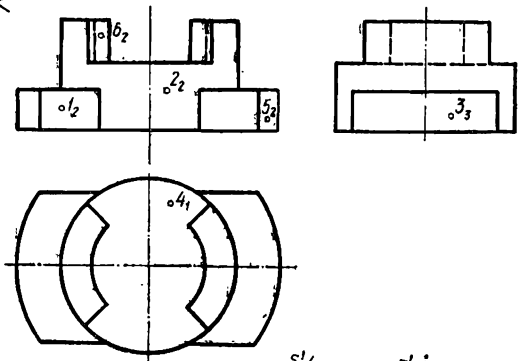


Рис. 151

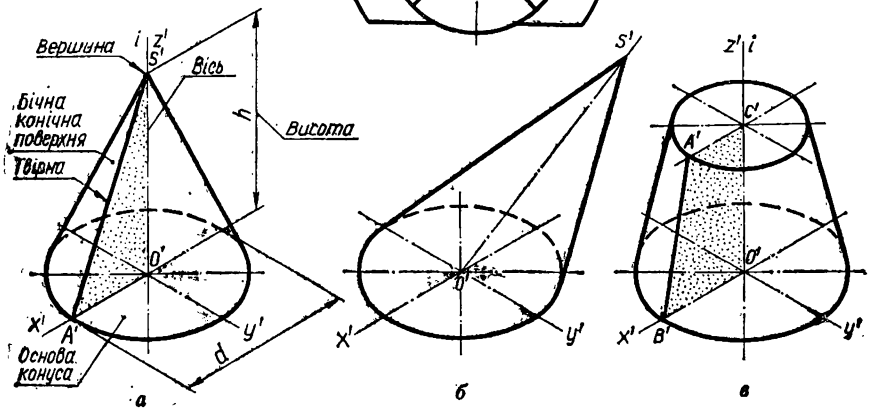


Рис. 152

13.5. Конус

Якщо прямокутний трикутник $A'S'O'$ (рис. 152, а) обернути навколо одного з його катетів, наприклад $S'O'$, як навколо осі, то гіпотенуза $A'S'$ 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. 152, а) і *похилі* (рис. 152, б). Прямим круговим називається конус, в основі якого лежить круг, а висота проходить через центр основи. На рис. 152, в зображено зрізаний конус, який можна розглядати як тіло, утворене обертанням прямокутної трапеції навколо бічної сторони $O'C'$, перпендикулярної до основи.

Побудова проєкцій конуса на комплексному кресленні. Треба побудувати проєкції прямого кругового конуса, діаметр основи якого дорівнює 50 мм, а висота — також 50 мм. Вісь конуса перпендикулярна до площини Π_1 (рис. 153, а). На горизонтальну площину проєкцій конус проєктується у вигляді круга діаметром 50 мм, центр якого є проєкцією вершини конуса. На площинах Π_2 і Π_3 конус зобразиться рівнобедреним трикутником, основа якого дорівнює діаметру кола (50 мм), а висота — висоті конуса (50 мм).

Аналіз креслення конуса. Основа конуса лежить у площині Π_1 і проєктується 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 SB є обрисними твірними відносно площини проєкцій Π_2 , а твірні SC і SD — обрисні відносно площини Π_3 . Ці твірні є лініями рівня і тому проєктуються на Π_2 і Π_3 в натуральну величину. Усі інші твірні займають у просторі загальне положення.

Видимість елементів конуса. На площині Π_1 видимою буде вся бічна поверхня конуса. На фронтальній площині проєкцій видимою є передня частина конічної поверхні. Межею, що відокремлює видиму частину поверхні від невидимої, є проєкції S_2A_2 і S_2B_2 обрисних твірних. На профільній площині видимою є ліва частина конуса.

Знаходження проєкцій точок, що лежать на поверхні конуса. Для цього використовують твірні або кола, що лежать на поверхні конуса. Наприклад, треба знайти горизонтальну і профільну проєкції точки 1 , якщо відома її фронтальна проєкція 1_2 (рис. 153, а). Через S_2 і 1_2 проводять фронтальну проєкцію S_2K_2 твірної конуса. Знаходять її горизонтальну проєкцію S_1K_1 і на перетині цієї проєкції з лінією зв'язку, проведеною з 1_2 , знаходять шукану проєкцію 1_1 . За координатою y_1 цієї точки визначають профільну проєкцію 1_3 .

Горизонтальну проєкцію точки 2 знайдено іншим способом. Через точку 2_2 будують на конусі допоміжне коло. На фронтальній проєкції це коло має вигляд горизонтальної прямої. Діаметр його визначається відрізком E_2T_2 , розміщеним між крайніми твірними конуса.

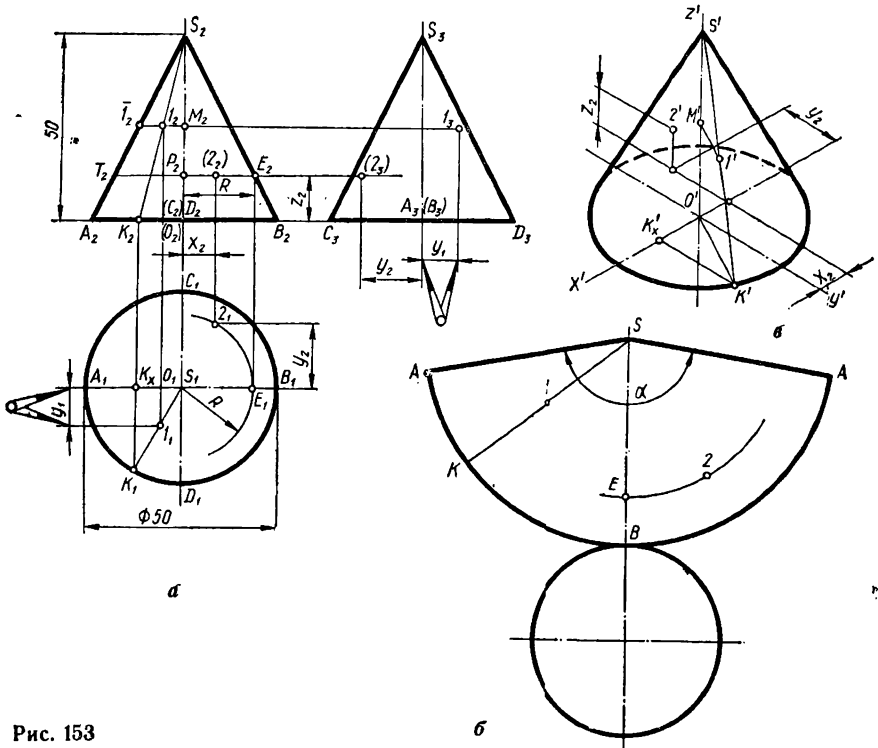


Рис. 153

Вимірявши радіус R , будують цим радіусом на площині Π_1 коло з центра O_1 . Перетин лінії зв'язку, проведеної з точки 2_2 , з допоміжним колом визначить проєкцію 2_1 . Профільну проєкцію 2_3 знаходять координатним способом.

Розміри і кількість проєкцій конуса. Прямий круговий конус визначається двома розмірами: діаметром кола основи і висотою. Для зображення технічної деталі, що має форму конуса, досить однієї проєкції, бо значок « \oslash » діаметра свідчить, що деталь має форму тіла обертання.

Розгортка конуса (рис. 153, б). Бічна поверхня конуса в розгорнутому вигляді є сектором круга, радіус якого дорівнює натуральній величині твірної конуса AS , а кут α при вершині обчислюється за формулою $\alpha^\circ = 180^\circ \frac{d}{l}$. У нашому вигадку довжина твірної, виміряна на рисунку, $l = 55$ мм, а діаметр $d = 50$ мм, отже $\alpha^\circ = 180^\circ \frac{50}{55} \approx 164^\circ$. Прибудувавши основу — круг діаметром 50 мм, мають повну розгортку конуса.

На розгортці треба показати положення точок 1 і 2. Для цього знаходять на розгортці твірну SK , відкладаючи величину дуги \widehat{AK} ($\widehat{AK} = \widehat{A_1K_1}$). Роблять це, як правило, наближено, ділячи дугу $\widehat{A_1K_1}$ на дві-три невеликі частини і замінюючи розмір дуги розміром

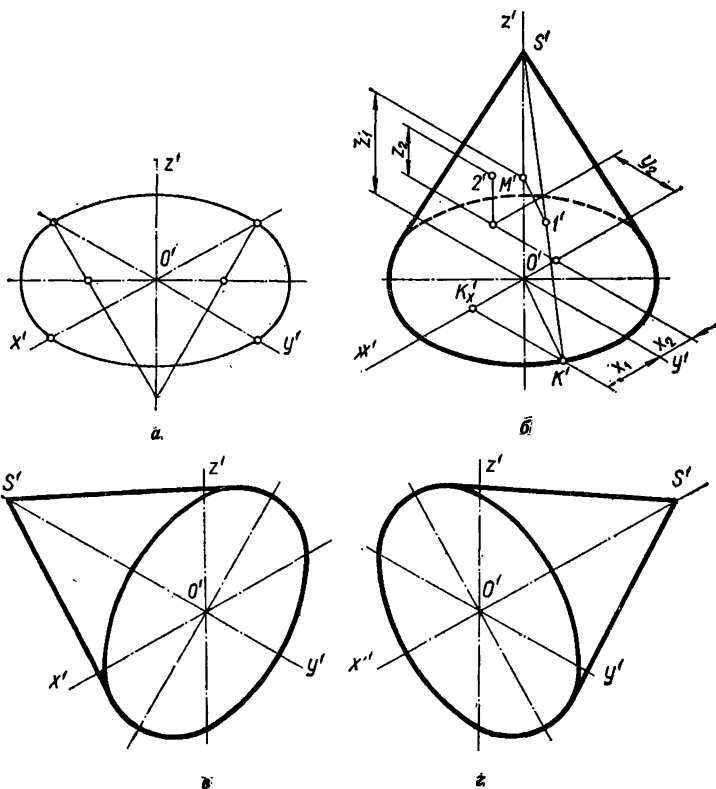


Рис. 154

Відповідної хорди. Знайдену точку K сполучають з вершиною S . На твірній KS треба відкласти справжню величину відстані від вершини до точки I . Щоб знайти цю величину, повертають твірну на комплексному кресленні навколо осі, що проходить через вершину конуса перпендикулярно до площини Π_1 , до збігу з обрисом твірною AS . Тоді точка I переміститься в положення \bar{I} і відстань $S_2\bar{I}_2$ буде шуканою натуральною відстанню. Відкладають відрізок $S\bar{I} = S_2\bar{I}_2$. Щоб знайти на розгортці точку 2, з вершини S як із центра проводять дугу кола радіусом $SE = S_2E_2$ і на проведеній дузі відкладають відрізок $\widehat{E2} = \widehat{E_22_2}$.

Побудова ізометричного зображення конуса (рис. 154). Проводять аксонометричні осі x', y', z' і будують зображення основи конуса (рис. 154, а). З точки O' (рис. 154, б) відкладають по осі z' висоту конуса і із знайденої вершини S' проводять дотичні до основи.

Щоб знайти в ізометрії зображення точки I , відкладають по осі x' відрізок $O'K'_x = O_1K_x$ і з точки K'_x проводять пряму, паралельну осі y' . Знайдену точку K' сполучають із S' . Пряма $S'K'$ — твірна, на якій лежить точка I . Відкладають по осі z' координату z_1 цієї точки ($O'M' = z_1 = O_2M_2$) і з точки M' проводять пряму $M'I' \parallel O'K'$

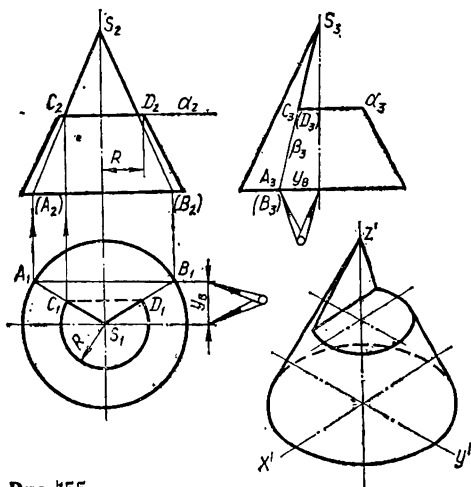


Рис. 155

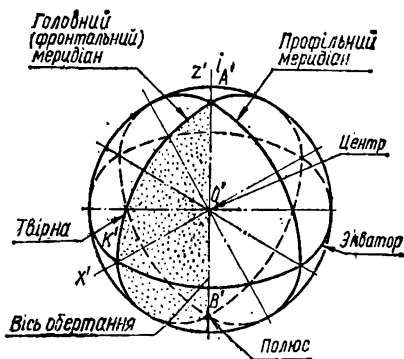


Рис. 156

($O'K'$ — вторинна проекція твірної SK). Точку $2'$ на рис. 154, б знайдено координатним способом.

На рис. 154, в зображено конус у положенні, перпендикулярному до площини проєкцій Π_2 , а на рис. 154, г — у положенні, перпендикулярному до площини Π_3 .

Вправа. На рис. 155 конус розсічено двома площинами — горизонтальною α і профільною проєктуючою β . Розгляньте і поясніть виконану побудову.

13.6. Куля (сфера)

Якщо півколо $A'K'B'$ обертати навколо діаметра $A'B'$ (рис. 156), 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 *вісю симетрії* поверхні. На кулі виділяють такі характерні лінії:

1) *паралелі* — кола, утворені в перерізі кулі площинами, перпендикулярними до її вертикальної осі. *Паралель, яка проходить через центр, називається екватором.*

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

Побудова проєкцій кулі. На всі три площини проєкцій Π_1 , Π_2 і Π_3 куля проєктується у вигляді жбл, діаметри яких дорівнюють діаметру великого кола кулі (рис. 157). На рисунку зображено проєкції кулі діаметром 55 мм. Коло, в яке проєктується куля на горизонтальну площину, є екватором, фронтальною і профільною проєкцією якого будуть відрізки C_2D_2 і E_3F_3 . Фронтальний меридіан проєктується в коло на площину Π_2 , а на площини Π_1 і Π_3 — у відрізки C_1D_1 і A_3B_3 ,

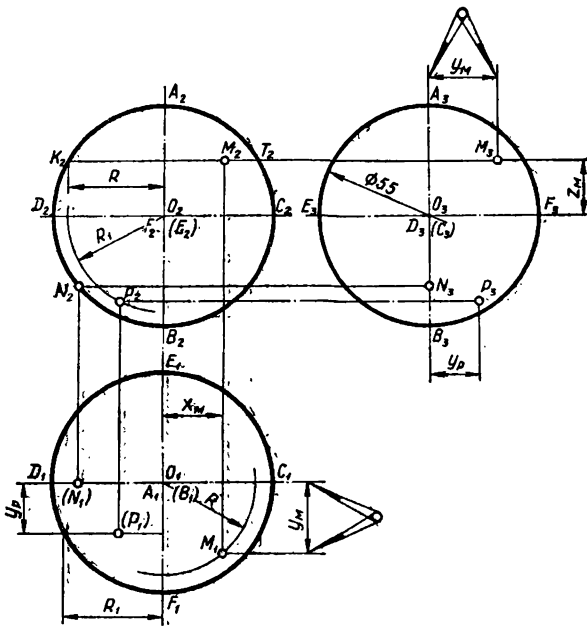


Рис. 157

які паралельні осям проекцій і дорівнюють діаметру кола. Профільний меридіан проектується в коло на площину Π_3 , а на Π_1 і Π_2 — у відрізки A_2B_2 і E_1F_1 .

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. 157 задано фронтальну проекцію M_2 точки M . Щоб знайти дві інші її проекції, проводять через точку M допоміжне коло — паралель кулі. Діаметр цієї паралелі визначається відрізком K_2T_2 . Вимірявши радіус R , будують коло на площині проекції Π_1 і проводять з проекції M_2 лінію зв'язку до перетину з дугою цього кола в точці M_1 . Профільну проекцію знаходять координатним способом.

Самостійно розгляньте і поясніть знаходження 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. 158, а—г). Будуючи овали, якими замінюють еліпси, слід пам'ятати, що мала вісь кожного овала збігається з аксонометричною віссю,

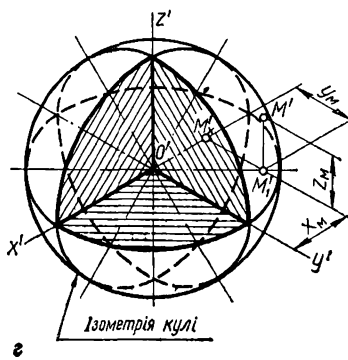
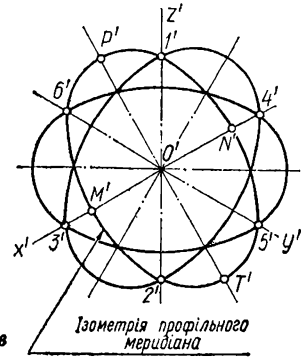
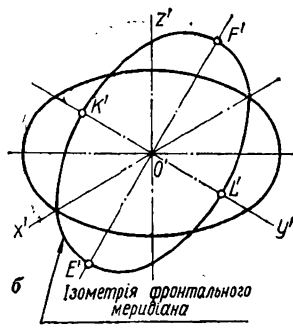
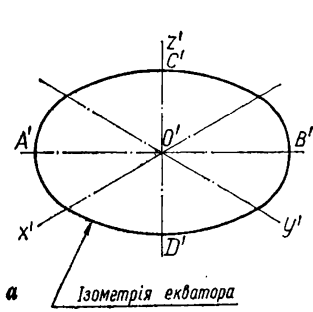


Рис. 158

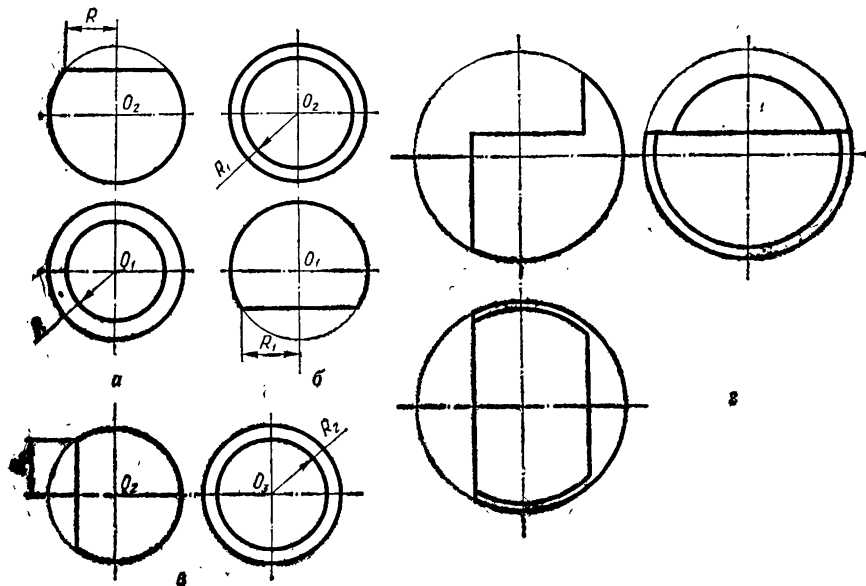


Рис. 159

перпендикулярною до площини зображуваного кола. Характерні точки перетину меридіанів і екватора з аксонометричними осями позначені $1', 2', 3', \dots$. Зверніть увагу на видимі і невидимі лінії зображення кулі в ізометрії. На рис. 158, *г* частину кулі вирізано. Точку M побудовано на аксонометричному зображенні координатним методом.

Вправа. На рис. 159 зображено кулі, розсічені кількома площинами. Розгляньте і поясніть виконані побудови.

13.7. Тор

Тором називається поверхня, утворена обертанням кола навколо осі, що лежить у площині цього кола, але не проходить через його центр (рис. 160).

Можливі такі випадки утворення торової поверхні:

1. Вісь i перетинає коло в точках E і F ; обертається більша дуга \widehat{EAF} кола (рис. 160, *а*). Утворюється поверхня, яка за формою нагадує яблуко.

2. Вісь i перетинає коло в точках E і F ; обертається менша дуга \widehat{EAF} кола (рис. 160, *б*). У цьому випадку утворюється поверхня, яка за формою нагадує лимон.

3. Вісь i розміщена зовні кола, тобто не перетинає його (рис. 160, *в*). При обертанні утворюється поверхня, яка називається кільцем. Поверхня торового кільця нагадує рятувальний круг або камеру автомобіля.

4. Вісь обертання торкається обрису кола (рис. 160, *г*). Утворюється поверхня, яка є перехідною від поверхні рис. 160, *а* до поверхні рис. 160, *в*.

На торовій поверхні, як і на кулі, виділяють *паралелі* і *меридіани*. Найбільша паралель називається *екватором*, а меридіани, паралельні площинам P_2 і P_3 , називаються відповідно *фронтальним* і *профільним*. Самостійно знайдіть ці лінії на рис. 160, *в*.

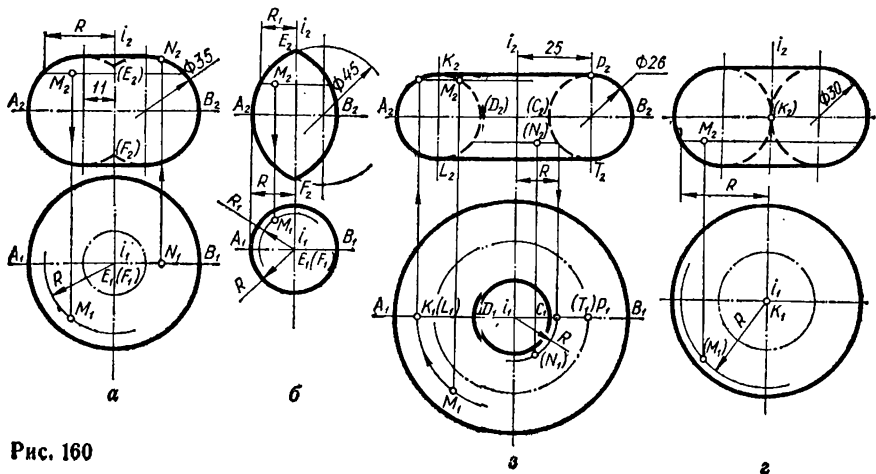


Рис. 160

Нобудову проєкцій тора в усіх випадках показано на рис. 160 а—г. Видимість поверхні тора. На горизонтальній площині Π_1 видимою буде та частина поверхні тора, яка лежить вище від екватора. Дуга \widehat{AKD} кола (рис. 160, в) при обертанні описує видиму на Π_1 частину поверхні тора, а дуга \widehat{ALD} — невидиму. На площині Π_2 видимою

Проектування геометричних тіл

Картка програмованого контролю № 1. На рис. 161 і 162 зображено моделі прямокутної форми. Знайдіть, яким комплексним зображенням рис. 161 відповідають аксонометричні зображення на рис. 162. Зразок запису: «Рис. 1 відповідає рис. 9А». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

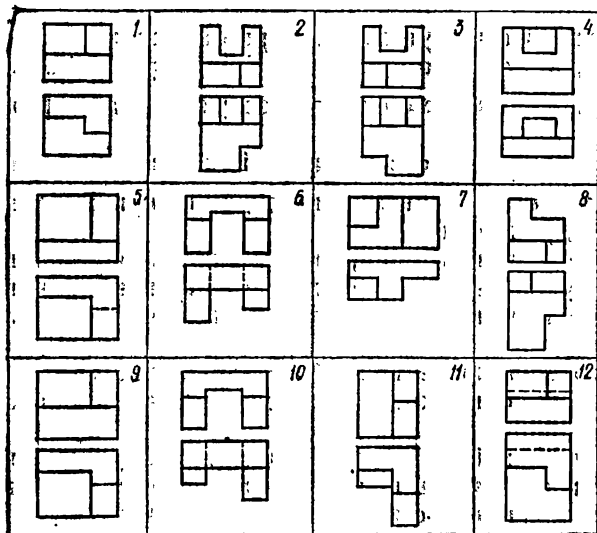


Рис. 161

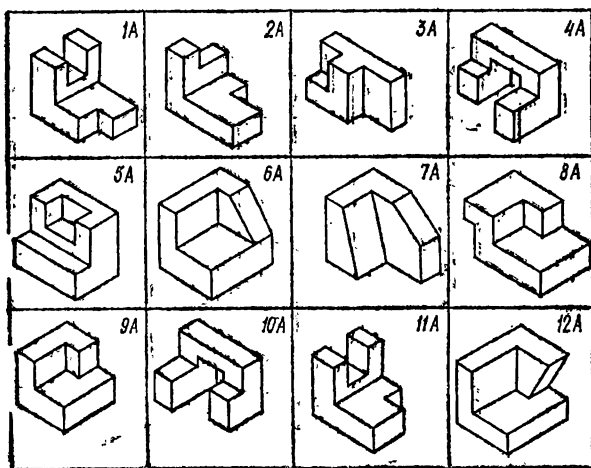


Рис. 162

буде та частина поверхні, яку описує дуга \widehat{KAL} , а невидимою — частиною поверхні, утвореною дугою \widehat{KDL} .

Знаходження проєкцій точок, що лежать на поверхні тора. Роблять це за допомогою паралелей, як у кулі. Самостійно розгляньте рис. 160, в, на якому побудовано проєкції точок M , N .

Картка програмованого контролю № 2. На рис. 163 і 164 зображено моделі циліндричної форми. Знайдіть, яким комплексним зображенням рис. 163 відповідають аксонометричні зображення на рис. 164. Зразок запису: «Рис. 1 відповідає рис. 4А». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

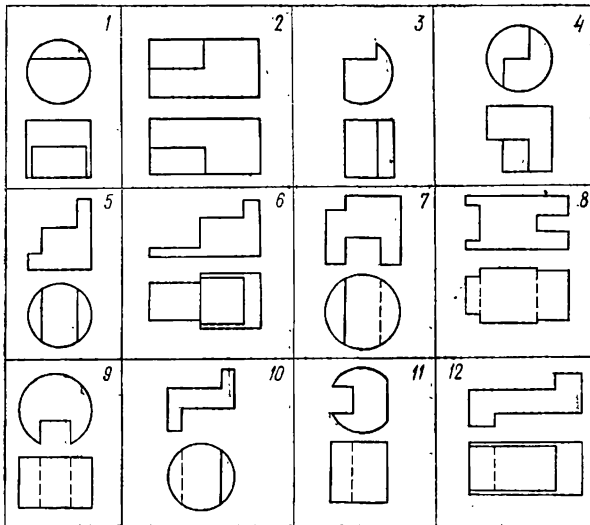


Рис. 163

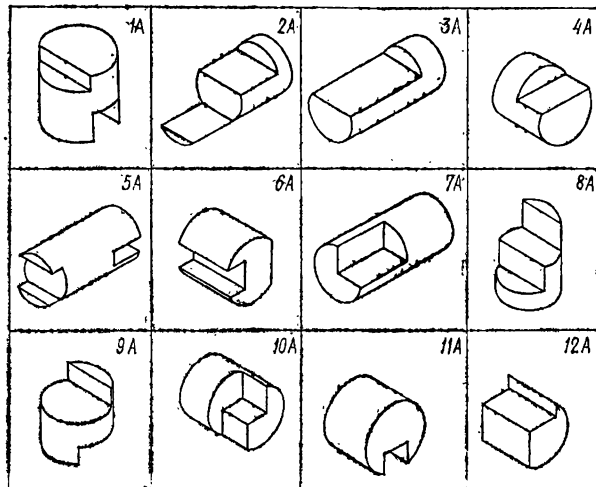


Рис. 164

Картка програмованого контролю № 3. На рис. 165 і 166 зображено технічні моделі. Знайдіть, яким комплексним зображенням рис. 165 відповідають аксонометричні зображення на рис. 166. В аксонометрії можлива зміна положення моделі відносно осей. Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

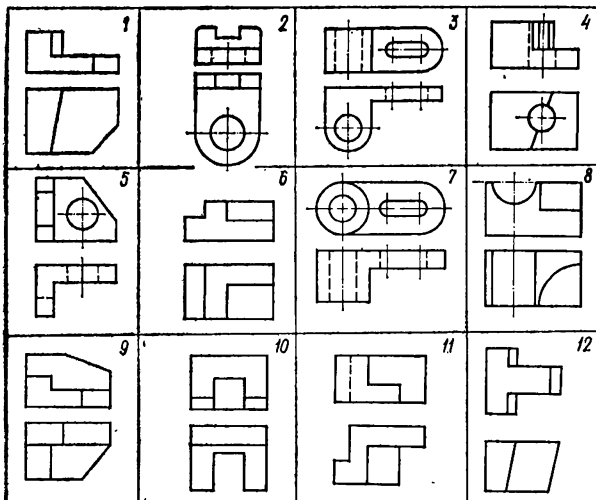


Рис. 165

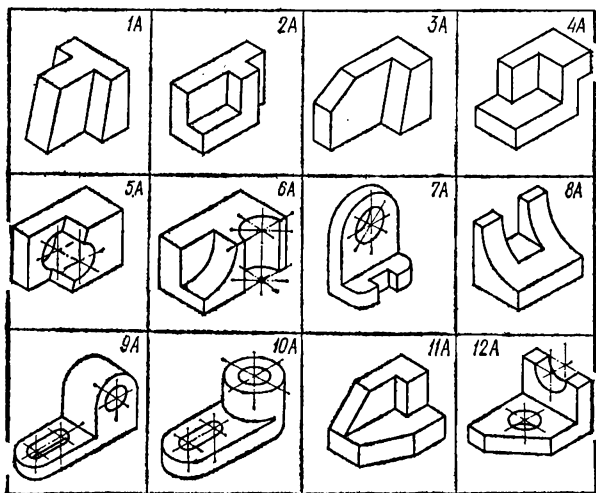


Рис. 166

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що називається призмою і як поділяють призи? Назвіть основні елементи призми.
2. Як побудувати розгортку трикутної прямої призми?
3. Що називається пірамідою і як поділяють піраміди?
4. Назвіть основні елементи піраміди. Як побудувати розгортку чотирикутної піраміди?
5. Як визначити проекції точок, що лежать на поверхні піраміди?
6. Яке тіло називається циліндром? Назвіть основні елементи циліндра.

7. Як побудувати ізометричне зображення циліндра? Як показати в ізометрії точки, що лежать на поверхні циліндра?
8. Яке тіло називається конусом? Назвіть основні елементи конуса.
9. Як побудувати розгортку прямого кругового конуса? Як перенести на розгортку точки, що лежать на поверхні конуса?
10. Як побудувати конус у прямокутній диметрії?
11. Назвіть основні елементи сфери. Як знаходити точки, що лежать на поверхні сфери?
12. Що називається тором? Як поділяють торові поверхні? Як знаходити точки, що лежать на поверхні тора?

Вправа. Виконайте завдання карток програмованого контролю з теми «Проектування геометричних тіл». (див. с. 143, 147, 148).

§ 14. ПЕРЕРІЗ ГЕОМЕТРИЧНИХ ТІЛ ПЛОЩИНАМИ

14.1. Загальні положення

При перерізі многогранника площиною утворюється многокутник, який лежить у січній площині. Вершини многокутника — це точки перетину ребер многогранника, а сторони — лінії перетину його граней із січною площиною.

Кожна задача на переріз геометричного тіла площиною складається з розв'язання комплексу таких питань:

- а) побудова проєкцій фігури перерізу;
- б) визначення натуральної величини фігури перерізу;
- в) побудова розгортки зрізаного тіла;
- г) побудова аксонометричного зображення зрізаного тіла.

14.2. Переріз призми

Залежно від положення січної площини в перерізі призми можуть утворюватися такі фігури: а) многокутник, паралельний і рівний основі, якщо січна площина I паралельна основі призми (рис. 167, а, б); б) прямокутник при прямій призмі (рис. 167, а, в) або паралелограм при похилій, якщо площина II паралельна ребрам призми; в) многокутник, не рівний і не подібний до основи, якщо січна площина III нахилена до ребер призми (рис. 167, а, г).

Побудова проєкцій фігури перерізу. На комплексному кресленні (рис. 168, а) правильна шестикутна призма перерізна фронтальною проєктуючою площиною σ . Фронтальна проєкція фігури перерізу збігається з фронтальним слідом σ_2 , який має збиральну властивість. Проєкції вершин фігури перерізу — точки $1_2, 2_2, 3_2$ — визначаються на перетині бічних ребер призми із слідом σ_2 , а точки $4_2, 5_2$ — на перетині фронтальних проєкцій ребер верхньої основи призми з σ_2 . Горизонтальні проєкції $1_1, 2_1, 3_1$ збігаються з горизонтальними проєкціями відповідних ребер, а проєкції 4_1 і 5_1 дістанемо, якщо проведемо вертикальні лінії зв'язку до перетину з горизонтальною проєкцією верхньої основи призми. Профільну проєкцію фігури перерізу матимемо, якщо через точки $1_2, 2_2, 3_2$ проведемо горизонтальні лінії зв'язку

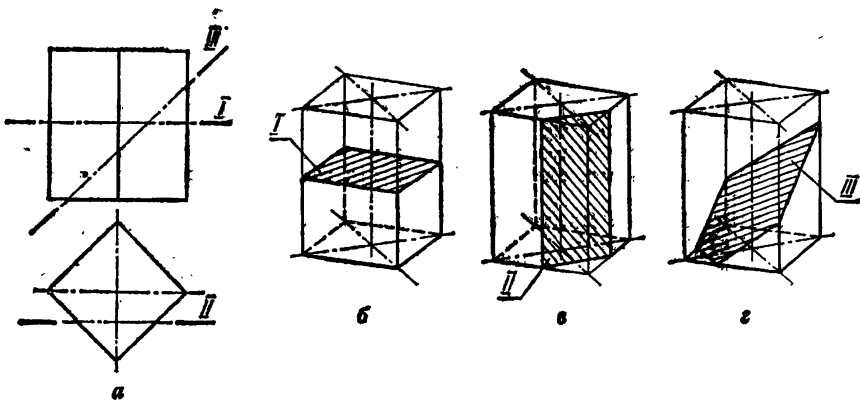


Рис. 167

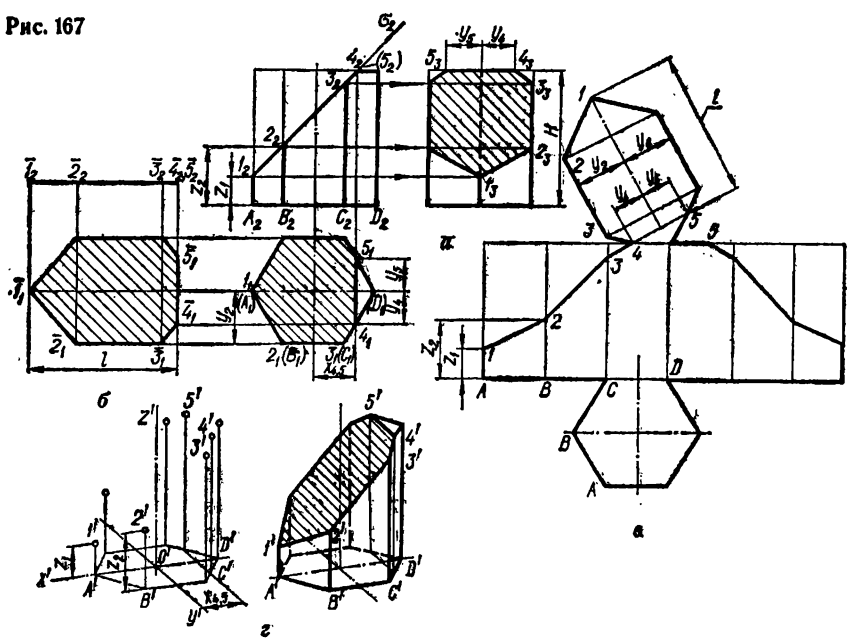


Рис. 168

до перетину з профільними проєкціями відповідних ребер, а проєкції 4_2 і 5_2 одержимо координатним способом, використовуючи значення y_4 і y_5 . Знайдені точки сполучають прямими лініями і переріз заштриховують.

Натуральну величину фігури перерізу (рис. 168, б) знаходять способом плоско-паралельного переміщення (див. § 12.4).

Розгортка призми (рис. 168, в). Розгортка бічної поверхні шестикутної призми — 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 роз-

гортку. На ребрах призми на розгортці відкладають точки $1, 2, 3, \dots$ лінії перерізу, узявши їх висоти з фронтальної або профільної проєкцій призми, тобто відрізки $A1 = z_1; B2 = z_2; \dots$ і т. д. До лінії перерізу добудовують натуральну величину перерізу.

Відкинуту верхню частину призми на комплексному кресленні і на розгортці зображують тонкою суцільною лінією. Такою самою лінією показують і проміжні ребра призми на розгортці (так звані лінії згину).

Побудову прямокутної диметричної проєкції (рис. 168, *з*) починають з побудови нижньої основи — правильного шестикутника. З вершин шестикутника проводять перпендикуляри, на яких знаходять точки $1', 2', 3', \dots$ фігури перерізу, використовуючи відповідні висоти цих точок, а саме $A'1' = z_1; B'2' = z_2; \dots$. Побудова точок $4'$ і $5'$, що лежать на верхній основі призми, зрозуміла з креслення.

14.3. Переріз піраміди

На рис. 169, *а* трикутна піраміда розсічена горизонтально проєктуючою площиною σ .

Побудова проєкцій фігури перерізу. Горизонтальна проєкція фігури перерізу збігається з горизонтальним слідом σ_1 , який має збиральну властивість. Точки $1_1, 2_1, 3_1$ визначають на перетині сліду σ_1 з проєкціями ребер піраміди $A_1B_1; B_1S_1; C_1B_1$. Через ці точки проводять вертикальні лінії зв'язку до перетину з фронтальними проєкціями відповідних ребер у точках 1_2 і 3_2 . Фронтальну проєкцію 2_2 точки 2 , що лежить на профільному ребрі SB , знаходять проведенням допоміжної прямої $K2$. Горизонтальна проєкція K_12_1 її паралельна горизонтальній проєкції B_1C_1 сторони BC основи призми, а фронтальна проєкція K_22_2 паралельна B_2C_2 . Точку 2_2 можна знайти також, якщо спочатку побудувати її профільну проєкцію 2_3 .

За двома відомими проєкціями фігури перерізу знаходять профільну проєкцію $1_32_33_3$.

Натуральну величину фігури перерізу знайдено способом заміни площин проєкцій. Фронтальну площину проєкцій Π_2 замінюють площиною Π_4 , паралельною площині трикутника $1-2-3$ перерізу. Вісь x_1 нової системи площин проєкцій $\frac{\Pi_1}{\Pi_4}$ проводять паралельно горизонтальній проєкції трикутника перерізу. З точок $1_1, 2_1, 3_1$ проводять перпендикуляри до нової осі і відкладають на них від осі x_1 координати z точок $1, 2, 3$. Точки 1_4 і 3_4 лежать на осі x_1 , бо вони мають нульові координати z . Щоб знайти точку 2_4 , відкладають від нової осі відрізок z_2 . $1_42_43_4$ — натуральна величина трикутника перерізу.

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 проєктуються в натуральну величину на площину Π_1 . Ребро SC проєктуються в натуральну величину на площину Π_2 (проєкція S_2C_2), оскільки воно паралельне цій площині.

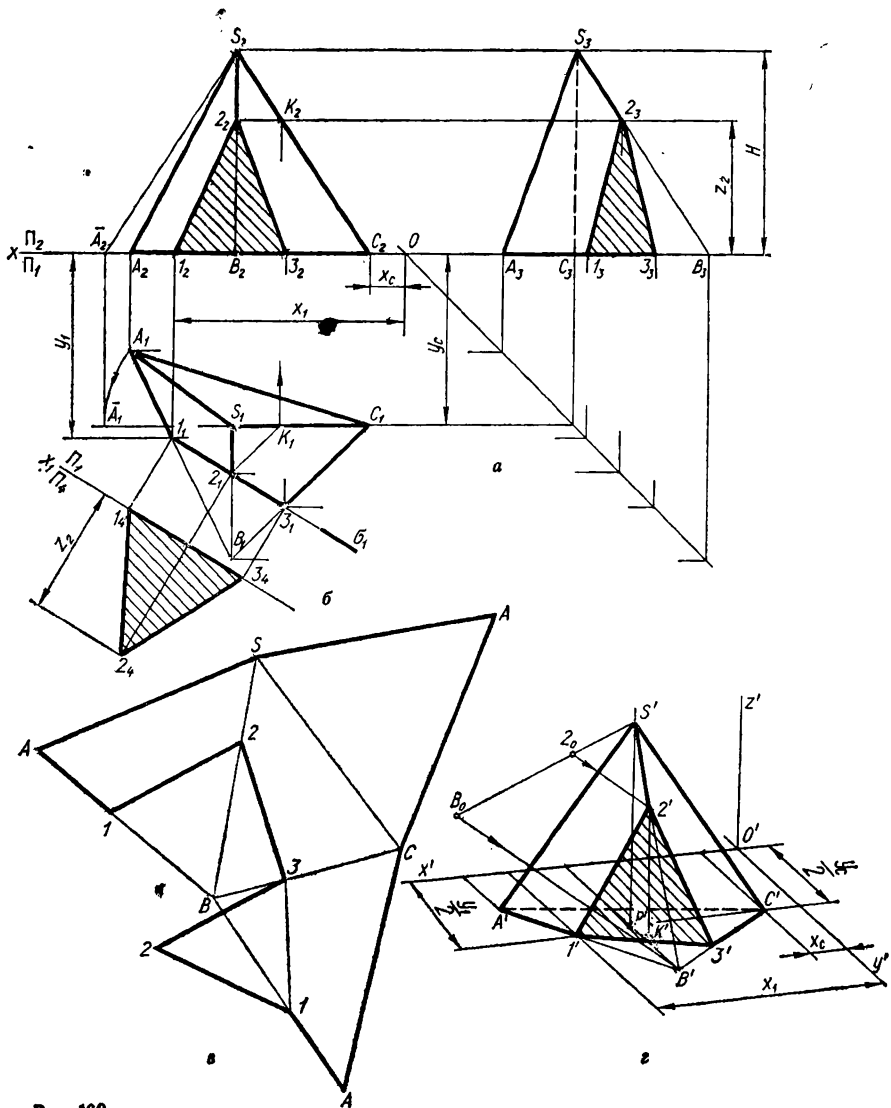


Рис. 169

З тих самих міркувань визначаємо, що натуральною величиною ребра SB буде його профільна проекція S_3B_3 . Натуральну величину ребра SA , яке займає загальне положення в просторі, знаходять способом обертання навколо осі, що проходить через точку S перпендикулярно до Π_1 . Пряма $S_2\bar{A}_2$ — натуральна величина ребра SA .

За справжньою величиною ребер послідовно будують на розгортці грані піраміди. Щоб мати розгортку зрізаної піраміди, на кожне ребро переносять відповідну точку фігури перерізу, яка лежить на цьому ребрі. Так, на ребрі SB (рис. 169, в) відкладають відрізок $S2$,

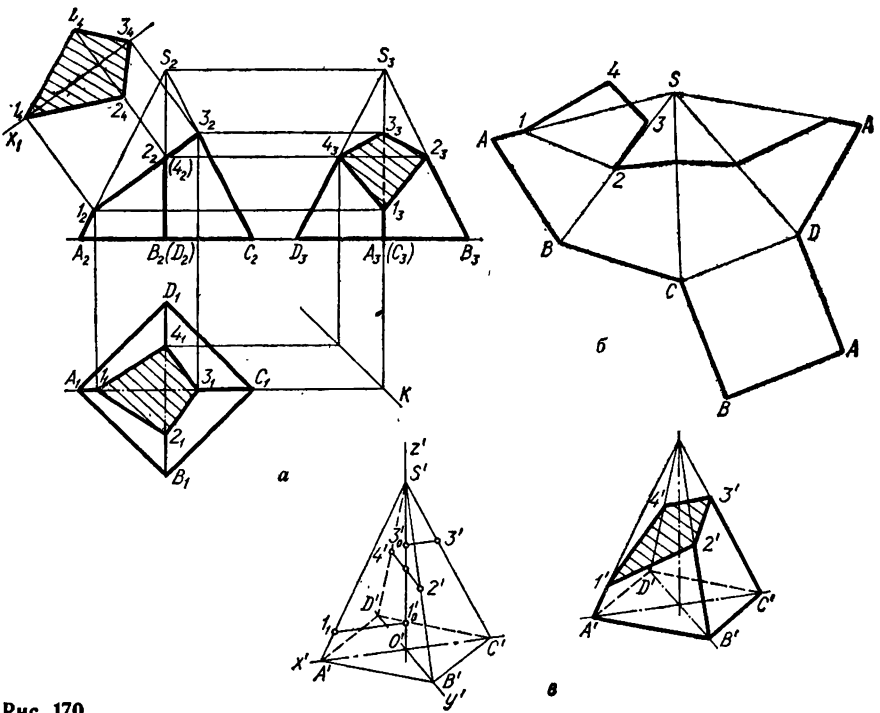


Рис. 170

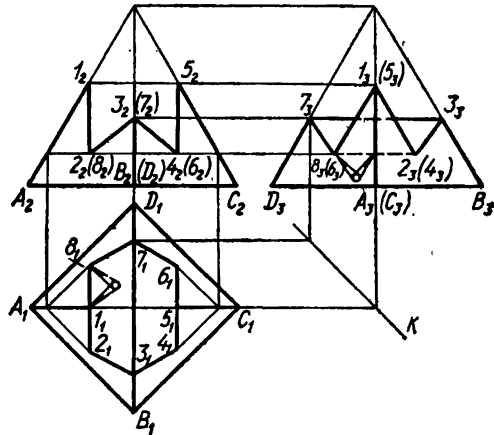


Рис. 171

який дорівнює $S_3 2_3$, а на ребрах AB і BC — відповідно відрізки $AI = A_1 I_1$ і $BZ = B_1 Z_1$. Слід пам'ятати, що на розгортку переносять відрізки лише за їх натуральною величиною. Після цього до однієї з проведених прямих, наприклад до $3-1$, прибудовують натуральну величину $1-2-3$ перерізу.

Побудова аксонометричного зображення. Щоб побудувати диметричну прямокутну проекцію піраміди (рис. 169, з), насамперед

креслять основу піраміди — трикутник $A'B'C'$ — за координатами вершин трикутника (на кресленні позначені лише координати вершини C'). Потім знаходять точку P' — горизонтальну проекцію вершини піраміди — і відкладають на перпендикулярі, проведеному з цієї точки, відрізок $P'S'$, що дорівнює висоті H піраміди. Вершину S' сполучають з точками A' , B' , C' основи.

За координатами x і y точок 1 і 3 знаходять їх диметричні проєкції (на рис. 169, *г* позначено координати x_1 і y_1 точки 1). З точки K' перетину прямої $1'3'$ з лінією $P'B'$ проводять перпендикуляр до перетину з $S'B'$ у точці $2'$. Знайдені точки $1'$, $2'$, $3'$ сполучають прямими.

На рис. 169, *г* показано й інший спосіб побудови точки $2'$ — спосіб пропорційного ділення. Для цього з вершини S' проводять довільну пряму, на якій відкладають відрізки $S'2_0 = S_22_2$ і $2_0B_0 = 2_2B_2$. Точку B_0 сполучають з B' , а з точки 2_0 проводять пряму, паралельну попередній — $2_02' \parallel B_0B'$. Знаходять шукану точку $2'$. Цей спосіб дає більшу точність побудови.

Вправа 1. Поясніть побудову перерізу чотирикутної піраміди фронтальною площиною (рис. 170).

Вправа 2. Поясніть побудову, виконану на рис. 171, де піраміда розсічена чотирма площинами: двома фронтальною проєктуючими і двома профільними. Побудуйте розгортку зрізаної частини піраміди.

14.4. Переріз циліндра

У перерізі прямого кругового циліндра площиною можуть утворитися такі фігури: а) прямокутник, якщо площина перерізу паралельна осі циліндра (рис. 172, *а*); б) коло, якщо площина перпендикулярна до осі (рис. 172, *б*); в) еліпс, коли площина нахилена до осі (рис. 172, *в*), причому еліпс буде повний, якщо площина перетинає всі твірні циліндра, і неповний, якщо площина перетинає одну або обидві основи циліндра.

На рис. 173, *а* зображено прямий круговий циліндр, розсічений фронтальною проєктуючою площиною σ .

Побудова проєкцій фігури перерізу. Спочатку тонкими лініями будують три проєкції повного циліндра і слід σ_2 січної площини. Поділяють коло основи (горизонтальну проєкцію циліндра) на кілька рівних частин, наприклад на вісім. Точки A_1, B_1, C_1, \dots поділу кола є водночас і горизонтальними проєкціями твірних циліндра. Керуючись цими точками, будують фронтальні і профільні проєкції твірних.

Фронтальні проєкції $1_2, 2_2, 3_2, \dots$ точок еліптичного перерізу циліндра збігаються з фронтальним слідом σ_2 . Отже, відрізок 1_25_2 є фронтальною проєкцією фігури перерізу, а горизонтальна проєкція еліпса збігається з колом. Провівши з точок $1_2, 2_2, 3_2, \dots$ горизонтальні лінії зв'язку до перетину з профільними проєкціями відповідних твірних, знаходять профільні проєкції $1_3, 2_3, 3_3, \dots$ цих точок. За допомогою лекал сполучають точки в плавну криву — еліпс.

Великою віссю еліпса є відрізок 1_25_2 , а малою — 3_17_1 , тобто діаметр циліндра. Точки $1, 5, 3, 7$ називаються *опорними*, а ті, що роз-

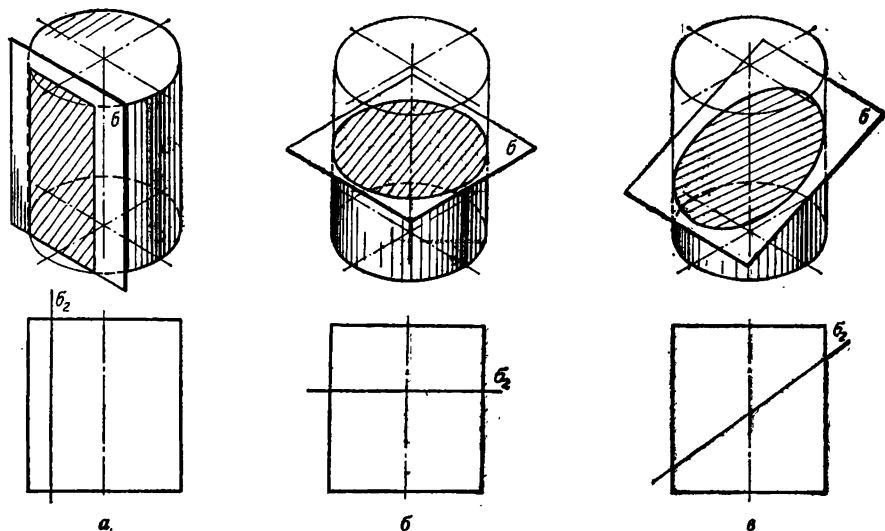


Рис. 172.

поділяються між ними, — *проміжними*. Звичайно побудову лінії перерізу починають з визначення опорних точок.

На профільну площину проєкції великої осі залежить від кута нахилу сліду σ 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 проєкції фігури перерізу. Якщо ж січна площина нахилена під кутом 45° , то профільна проєкція перерізу зобразиться у вигляді кола.

Натуральну величину фігури перерізу (рис. 173, б) знайдено способом плоско-паралельного переміщення. Її можна також побудувати за великою 1—5 і малою 3—7 осями способом, відомим з геометричного креслення.

Розгорткою бічної поверхні циліндра (рис. 173, в) є прямокутник, висота якого дорівнює висоті циліндра, а довжина — довжині розгорнутого кола його основи (πd). Довгу сторону прямокутника поділяють на 8 рівних частин і з точок поділу проводять твірні A, B, C, D, \dots циліндра. На цих твірних відкладають відстані відповідних точок фігури перерізу до основи циліндра, виміряні на фронтальній або на профільній площинах проєкції. Наприклад, відрізок $A1 = z_1$; $E5 = z_5$;... тощо.

Побудовані точки 1, 2, 3,... сполучають за допомогою лекал плавною кривою, яка й буде розгорткою лінії перерізу. До цієї лінії прибудовують натуральну величину еліпса перерізу.

Потім будують **ізометричну проєкцію циліндра**, розсіченого площиною σ . Коло нижньої основи циліндра (рис. 173, г) зображується у вигляді еліпса, який наближено будують як чотирицентровий овал.

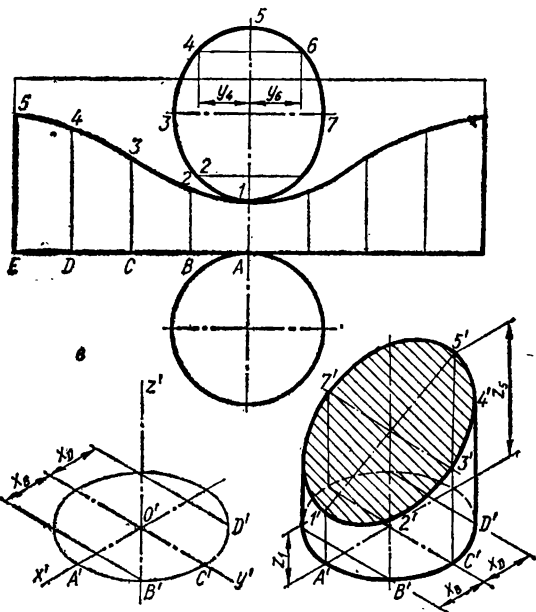
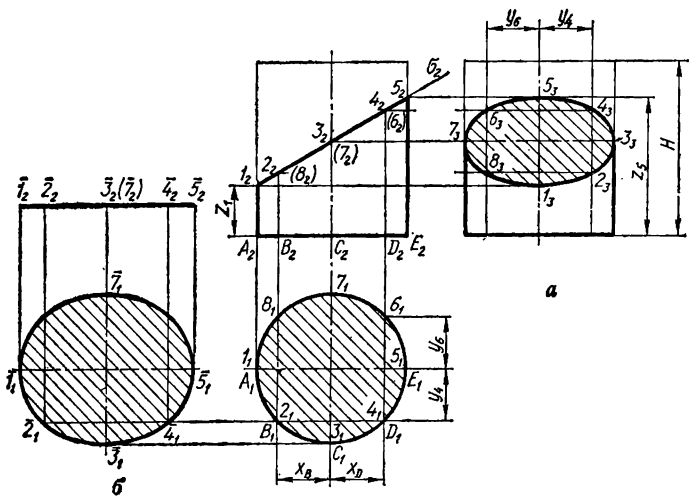


Рис. 173

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 осі $O'z'$. На цих прямих відкладають відрізки, що дорівнюють відповідним зрізаним твірним, наприклад $A'1' = A_21_2$; $B'2' = B_22_2$ тощо. Знайдені точки перерізу сполучають за допомогою лекал.

Вправа. Поясніть побудову фігури перерізу технічної деталі фронтально проекційною площиною $A - A$ (рис. 174).

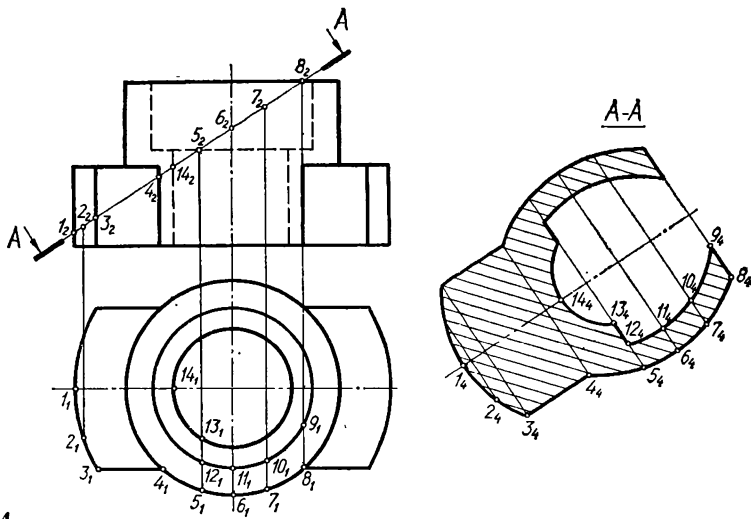


Рис. 174

14.5. Переріз конуса

Залежно від напрямку січної площини в перерізі конуса можуть утворюватись:

- а) коло, якщо січна площина паралельна основі конуса (рис. 175, а);
- б) трикутник, якщо січна площина проходить через вершину конуса (рис. 175, б);

в) еліпс повний або неповний, якщо січна площина нахилена до осі під кутом, більшим за кут нахилу твірної до осі (рис. 175, в). Неповний еліпс утвориться в тому разі, коли січна площина перетне основу конуса;

г) парабола, якщо січна площина паралельна твірній конуса, тобто нахилена до осі конуса під кутом, що дорівнює куту нахилу твірної до осі (рис. 175, г), і не проходить через вершину;

д) 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. 175, д).

Розглянемо переріз прямого кругового конуса фронтально проекуючою площиною σ (рис. 176, а).

Побудова проєкцій фігури перерізу. Спочатку креслимо три проєкції повного конуса і слід σ_2 січної площини. Коло основи поділяємо на кілька рівних частин, наприклад на вісім, і з точок поділу проводимо горизонтальні проєкції твірних A_1S_1, B_1S_1 і т. д. конуса. За цими точками будуюмо фронтальні і профільні проєкції твірних.

Оскільки площина σ нахилена до осі конуса під кутом, більшим за кут нахилу твірної, і перетинає всі його твірні, то фігурою перерізу буде повний еліпс. Фронтальні проєкції $1_2, 2_2, 3_2, \dots$ точок еліптичного перерізу збігаються з фронтальним слідом σ . Отже, відрізок $1_2 5_2$ є фронтальною проєкцією фігури перерізу. Провівши з точок $1_2, 2_2, 3_2, \dots$

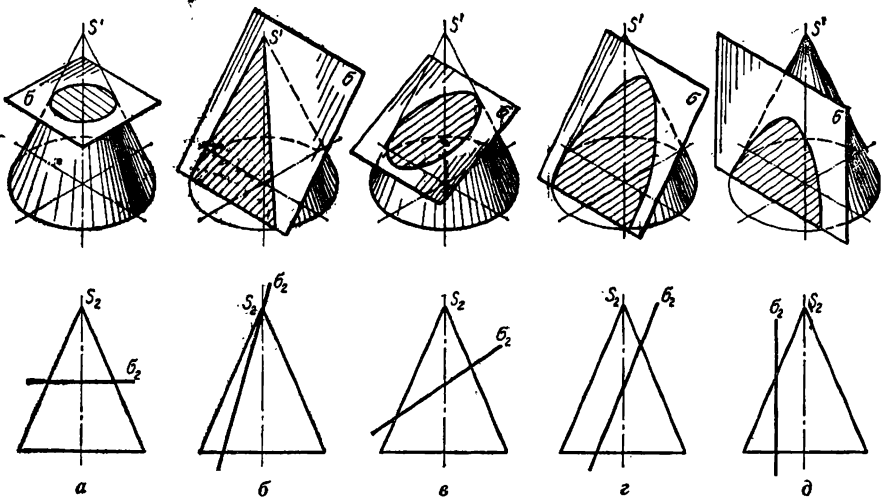


Рис. 175

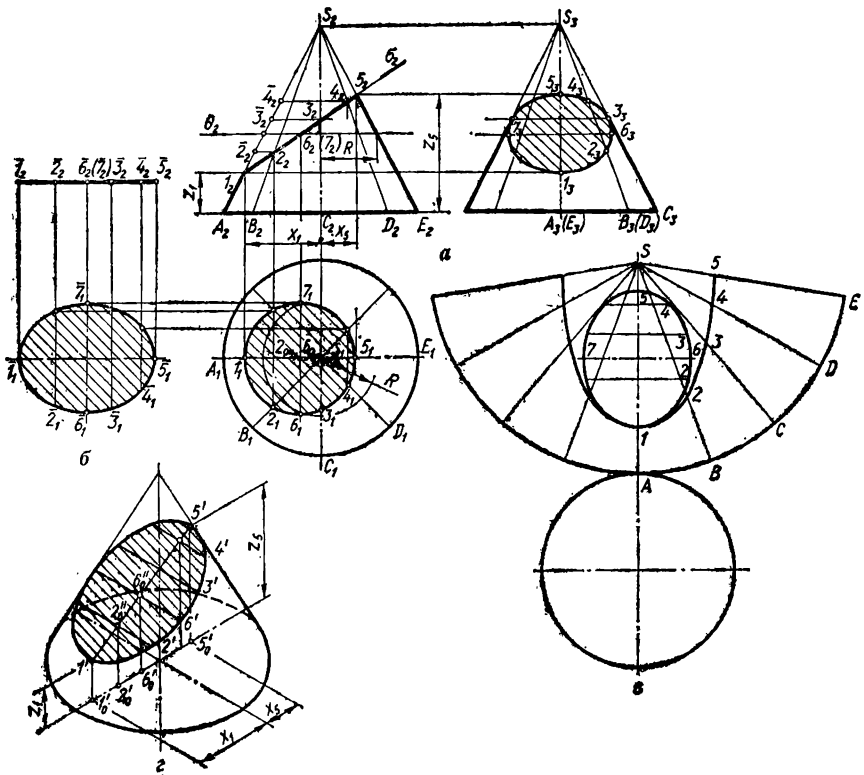


Рис. 176

вертикальні і горизонтальні лінії зв'язку до перетину з відповідними проєкціями твірних на площинах Π_1 і Π_3 , дістанемо горизонтальні $1_1, 2_1, 3_1, \dots$ і профільні $1_3, 2_3, 3_3, \dots$ проєкції точок еліпса. За допомогою лекал сполучаємо ці точки в плавні криві.

Визначимо головні осі еліпса перерізу. Великою віссю еліпса буде відрізок 1_25_2 , а мала вісь проєкується на площину Π_2 в точку 6_2 (7_2), яка ділить на дві рівні частини відрізок 1_25_2 . Щоб знайти горизонтальну проєкцію малої осі (і одночасно її натуральну величину), проводять через точку 6_2 (7_2) допоміжну горизонтальну площину θ , що перетинає бічну поверхню конуса по колу радіуса R . Будують цим радіусом горизонтальну проєкцію кола і з точки 6_2 (7_2) проводять вертикальну лінію зв'язку до перетину з колом у точках 6_1 і 7_1 . Хорда 6_17_1 і визначить справжню величину малої осі еліпса. Аналогічно за допомогою ряду допоміжних площин можна було б, не використовуючи твірних, знайти довільну кількість точок еліпса.

Натуральну величину фігури перерізу знайдено способом плоскопаралельного переміщення (рис. 176, б). Проте можна було б побудувати еліпс за його головними осями — великою 1_25_2 і малою 6_17_1 — способом, відомим з геометричного креслення.

Розгортка конуса. Розгорткою бічної поверхні конуса є сектор круга, радіус дуги якого дорівнює твірній конуса, а довжина дуги — довжині кола основи конуса (рис. 176, в). Центральний кут сектора визначається за формулою $\alpha = \frac{r}{l} 360^\circ$, де r — радіус кола основи, а l — довжина твірної конуса. Дугу розгортки поділяють на вісім рівних частин і проводять твірні конуса.

На кожній твірній відкладають точку її перетину з площиною σ . Величину відрізків $S1$ і $S5$ вимірюють безпосередньо на фронтальній проєкції конуса і відкладають на розгортці, тобто $S1 = S_21_3$; $S5 = S_25_2$. Щоб знайти на розгортці точки 2, 3, 4, треба спочатку перемістити їх фронтальні проєкції паралельно осі Ox до положення $\bar{2}_2, \bar{3}_2, \bar{4}_2$. Це відповідає обертанню твірних до положення, паралельного фронтальній площині проєкції, навколо осі, що проходить через вершину конуса перпендикулярно до площини Π_1 . Утворені після обертання натуральні відрізки твірних відкладають на розгортці, тобто $S2 = S_2\bar{2}_2$; $S3 = S_2\bar{3}_2, \dots$ Точки 1, 2, 3, ... сполучають плавною кривою лінією і побудовують натуральну величину еліпса перерізу та основу конуса.

Побудову аксонометричної проєкції зрізаного конуса починають з побудови в ізометрії повного конуса (рис. 176, г). 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 $1'$ і $5'$, дістають середню лінію фігури перерізу. З горизонтальної проєкції переносять на аксонометричну вісь x' точки $2_0, 6_0, \dots$ і проводять з них перпендикуляри до перетину з середньою лінією $1'5'$ перерізу. На прямих, проведених через знайдені точки $2_0, 6_0, \dots$ паралельно осі $O'y'$, відкладають відрізки $2_02' = 2_02_1$; $6_06' = 6_06_1, \dots$ Точки $1', 2', 6', \dots$ фігури перерізу сполучають за допомогою лекал.

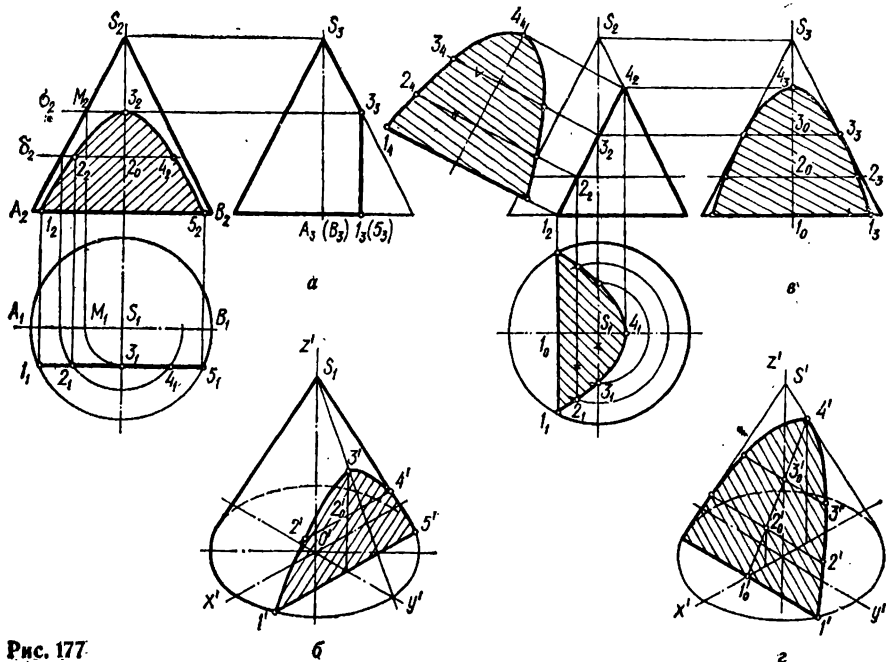


Рис. 177

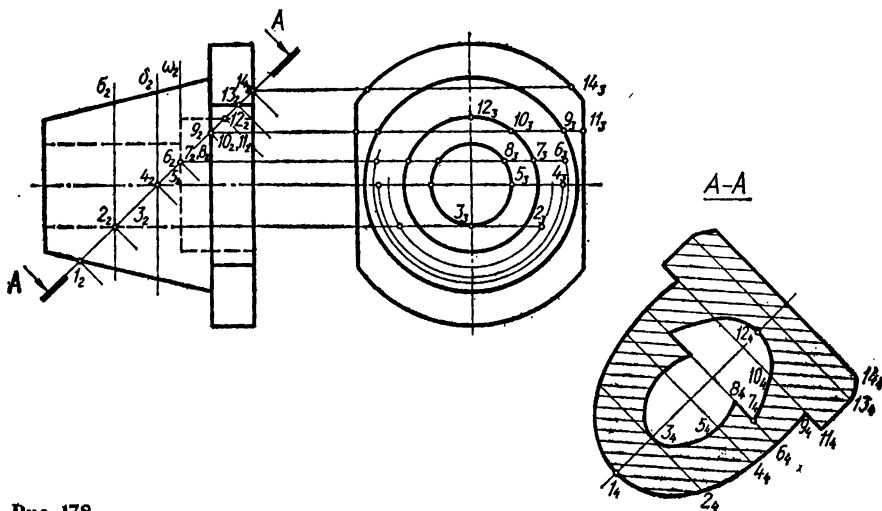


Рис. 178

Вправа 1. Розгляньте і поясніть побудову фігури перерізу конуса площиною по гіперболі (рис. 177, а, б) і по параболі (рис. 177, в, е). Для одного з цих випадків, побудуйте розгортку конуса.

Вправа 2. Поясніть побудову перерізу технічної деталі площиною $A-A$ (рис. 178).

14.6. Переріз кулі

У перерізі кулі будь-якою площиною завжди матимемо коло. Проектується воно або в натуральну величину, якщо площина перерізу паралельна площині проєкцій, або в пряму лінію, якщо ця площина перпендикулярна до площини проєкцій, або, нарешті, у вигляді еліпса, якщо площина перерізу нахилена до площини проєкцій. Розглянемо переріз кулі фронтально проєктуючою площиною γ (рис. 179, а).

Побудова проєкцій фігури перерізу. Фігурою перерізу є коло, фронтальна проєкція 1_2b_2 якого збігається із слідом γ_2 площини. На площину Π_1 це коло проектується в еліпс. Малу вісь 1_1b_1 еліпса матимемо, провівши з точок 1_2 і b_2 вертикальні лінії зв'язку до перетину з горизонтальною віссю, що є проєкцією фронтального меридіана кулі. Велика вісь 3_17_1 еліпса проходить через середину малої осі перпендикулярно до неї і дорівнює відрізку 1_2b_2 , тобто діаметру кола перерізу.

Характерними точками перерізу на площині Π_1 є також точки 2 і 8, по яких площина γ перетинає екватор кулі. Горизонтальні проєкції цих точок знаходять, проводячи лінії зв'язку з 2_2 і 8_2 до перетину з горизонтальною проєкцією екватора кулі. Крім побудованих шести опорних точок, знаходять ряд проміжних, використовуючи допоміжні горизонтальні площини рівня. Так, щоб побудувати горизонтальні проєкції точок 5, 9, проводять допоміжну площину σ , яка перерізає кулю по колу радіуса R . Перетин горизонтальної проєкції цього кола з вертикальною лінією зв'язку дає шукані проєкції 9_1 і 5_1 . За двома проєкціями будуть профільну проєкцію фігури перерізу.

Аксонометрія кулі. В прямокутній ізометрії куля зображується у вигляді кола діаметром $1,22d$. Побудову фігури перерізу (рис. 179, б) починають із знаходження середнього діаметра $1-6$, паралельного площині проєкцій Π_2 . Для цього на осі x' відкладають відрізки $O'A' = O_1A_1$; $O'E' = O_1E_1$ і з точок A' , E' проводять промені, паралельні осі z' , на яких відкладають величини $A'I' = A_2I_2$; $E'B' = E_2b_2$. Сполучаючи точки I' і b' , дістають середню лінію перерізу. З горизонтальної проєкції зрізаної кулі переносять на ізометричну вісь x' точки B , C , D ($A'B' = A_1B_1$; $B'C' = B_1C_1$;...) і з цих точок проводять перпендикуляри до перетину з середньою лінією $I'b'$. Через знайдені точки $2'_0$, $3'_0$,... проводять лінії, паралельні осі y' , на яких відкладають відрізки $2'_02' = 2_02_1$; $3'_03' = 3_03_1$;... Точки $1'$, $2'$, $3'$,..., що належать фігурі перерізу, сполучають за допомогою лекал.

14.7. Побудова ліній зрізу

Лініями зрізу називаються лінії перерізу поверхонь технічних деталей площинами.

Залежно від форми деталі для побудови ліній зрізу або використовують допоміжні січні площини, або ні.

На рис. 180 зображено деталь, в якій поєднуються призматичні і циліндричні форми. Верхня похила основа паралелепіпеда перерізає вертикальний циліндричний виступ по еліпсу. Горизонтальна і фронтальна проєкції лінії перерізу нам відомі, тому побудова зводиться до визначення профільної проєкції. Точки A_3 і B_3 визначають

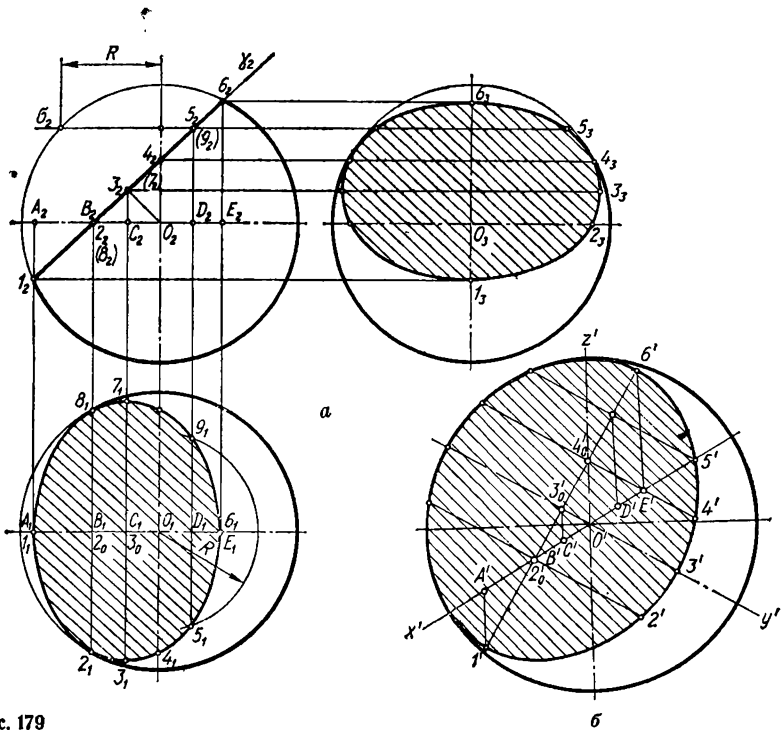


Рис. 179

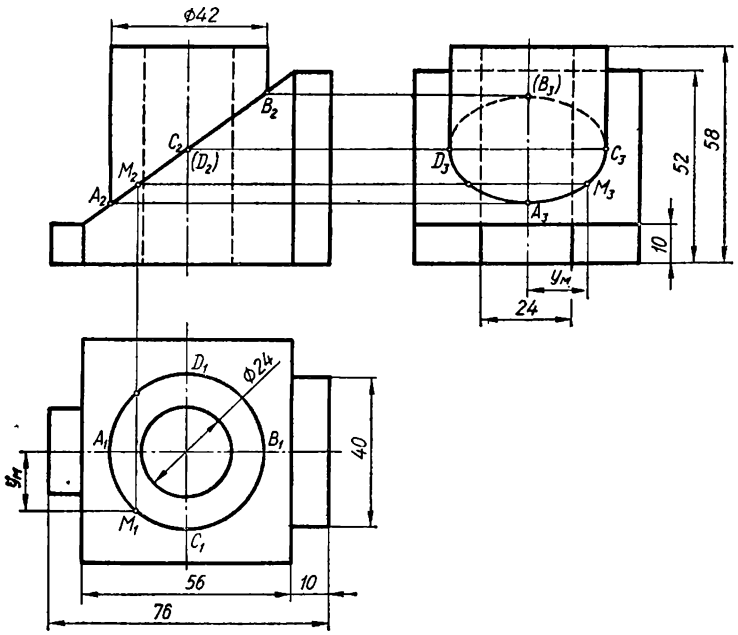
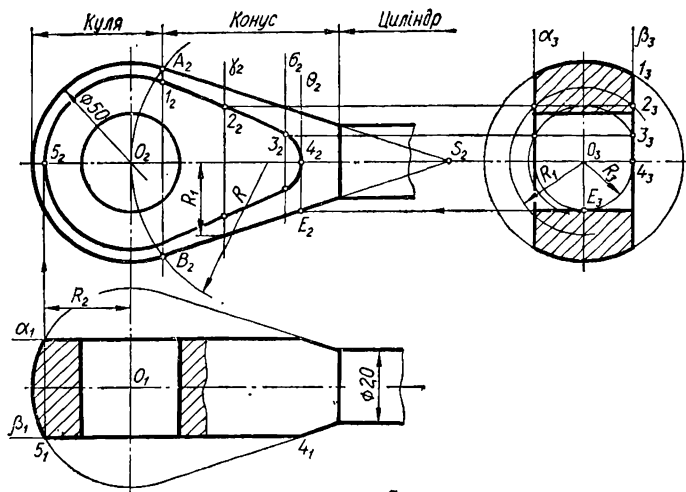
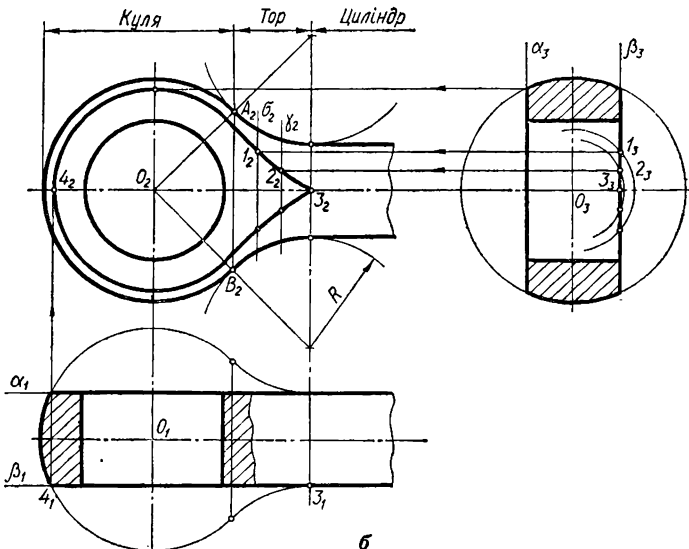


Рис. 180



а



б

Рис. 181

на перетині горизонтальних ліній зв'язку, проведених з A_2 і B_2 з вісю профільної проекції деталі. Точки D_3 і C_3 знаходять на перетині ліній зв'язку з проєкціями обрисних твірних циліндра. Знайдені точки A_3, B_3, C_3, D_3 є опорними, бо вони визначають велику і малу осі еліпса перерізу. Профільну проєкцію будь-якої проміжної точки, наприклад M_3 , знаходять, використовуючи координату u_m цієї точки. Верхня частина лінії зрізу на площині Π_3 буде невидимою, бо вона розташована на правій, невидимій частині циліндра.

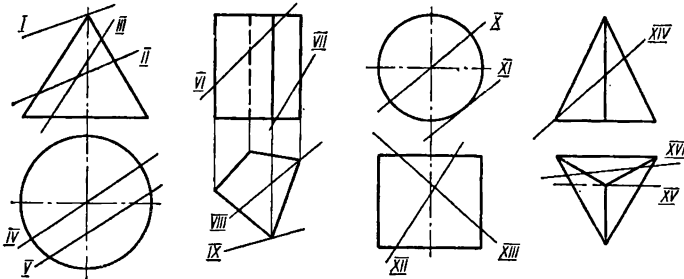
На рис. 181, а розглянуто приклад, в якому для побудови ліній зрізу використано допоміжні січні площини. Зображена деталь є го-

ловкою 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 α і β , роз-міщеними на однаковій відстані від її осі. Внаслідок перерізу утвори-лися дві симетрично розташовані лінії зрізу. Горизонтальна і профільна проекції лінії зрізу збігаються із слідами-проекціями α_1, β_1 і α_3, β_3 площин. Кульова поверхня головки перерізається по колу радіуса R , величину якого можна знайти на горизонтальній або профільній про-екції. Для побудови точок лінії зрізу на конічній частині головки про-водять допоміжні площини, перпендикулярні до осі деталі. Так, пло-щина γ перерізає конус по колу радіуса R_1 . З центра O_3 креслять дугу цього кола і на перетині її з прямолінійним контуром профільної проекції головки дістають точку 2_3 . З точки 2_3 проводять горизонталь-ну лінію зв'язку до перетину із слідом γ_2 в точці 2_2 . Аналогічно за до-помогою площини σ знаходять точку 3 , яка належить лінії зрізу. Фронтальна площина α (або β) 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_3 проводять дугу радіусом R_3 , довжина якого дорівнює від-

Картка програмованого контролю № 1
з теми „Переріз геометричних тіл площинами“

Які фігури утворюються в перерізі заданих тіл площинами? (Приклад відповіді: «I – 1, II – 19» тощо)



Відповіді

- | | |
|-----------------------------|-------------------------------------|
| 1. Точка | 13. П'ятикутник правильний |
| 2. Пряма | 14. П'ятикутник |
| 3. Трикутник рівносторонній | 15. Шестикутник правильний |
| 4. Трикутник рівнобедрений | 16. Шестикутник |
| 5. Трикутник різносторонній | 17. Семикутник |
| 6. Квадрат | 18. Коло |
| 7. Ромб | 19. Еліпс |
| 8. Трапеція | 20. Частина еліпса, більша половини |
| 9. Трапеція рівнобедрена | 21. Частина еліпса, менша половини |
| 10. Чотирикутник | 22. Дві дуги еліпса |
| 11. Прямокутник | 23. Парабола |
| 12. Паралелограм | 24. Гіпербола |

стані точки O_3 до прямолінійного контура проекції. Позначивши точку E_3 , знаходять її фронтальну проекцію E_2 . Через E_2 проводять перпендикуляр до осі, який і буде слідом допоміжної площини θ . На цій площині лежить вершина гіперболи — точка 4.

Вправа. Самостійно розгляньте побудову зрізу на рис. 181, б.

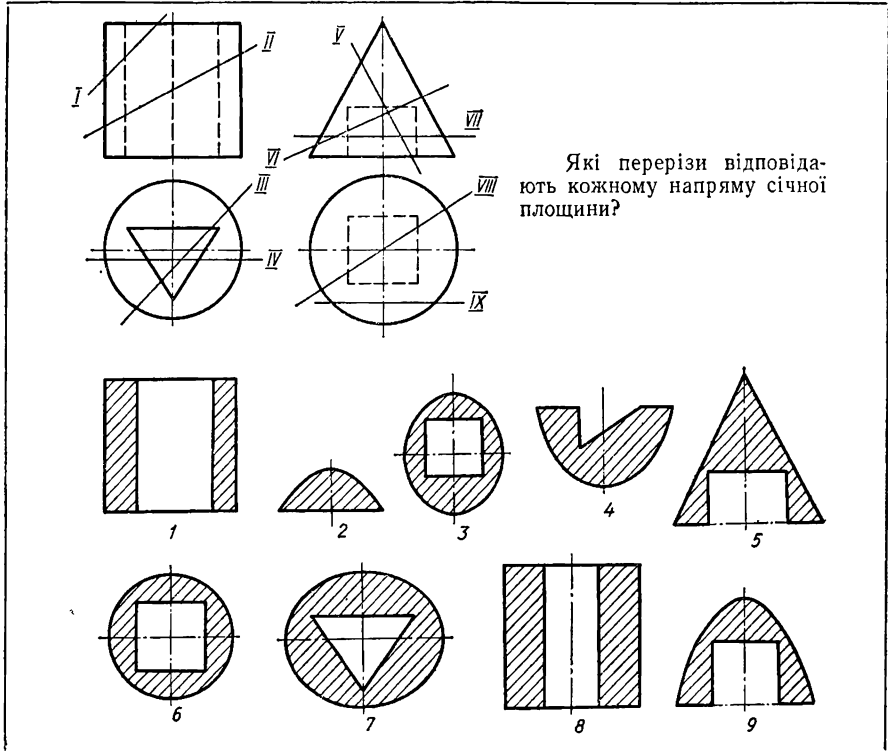
ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

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? зрізаного циліндра?
4. Як побудувати ізометричне зображення зрізаного циліндра? зрізаної піраміди?
5. Як побудувати ізометричне зображення зрізаної кулі?
6. Що називається лінією зрізу і яка послідовність її побудови?

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю № 1 з теми «Переріз геометричних тіл площинами». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю № 2 з теми «Переріз геометричних тіл площинами». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю № 2 з теми „Переріз геометричних тіл площинами“



15.1. Загальні положення

- Деталі машинобудівних конструкцій можна уявно розкласти на прості геометричні тіла і поверхні. Виникає потреба побудови на кресленнях ліній перетину цих геометричних форм між собою.

| *Спільна лінія двох поверхонь називається лінією їх перетину.*

Щоб знайти точки лінії взаємного перетину поверхонь, застосовують спосіб допоміжних перерізів (спосіб посередників), суть якого полягає ось у чому:

а) *задані поверхні перерізають третьою, допоміжною, поверхнею або площиною;*

б) *будують лінії перерізу посередника з кожною заданою поверхнею;*

в) *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 проєкцій Π_1 , Π_2 , або сфери, які в перетині з заданими поверхнями утворюють графічно прості лінії — прями 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. 182). Допоміжна горизонтальна площина α 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.

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 проєкції лінії перетину і де слід визначити випадкові точки, щоб точніше побудувати лінію.

Два тіла можуть перетинатися по одній або по двох замкнених лініях. У першому випадку перетин буде неповним і на тілах утворяться заглибини у вигляді врубков. Цей випадок називається *врізанням*. При двох замкнених лініях перетину одне тіло цілком проникає в інше. Такий випадок називається *проникненням*.

Характер лінії перетину залежить від того, які геометричні тіла або поверхні перетинаються, а саме:

а) при перетині двох многогранників утворюється одна або дві замкнені просторові ламані лінії, окремі відрізки яких є лініями перетину граней многогранників;

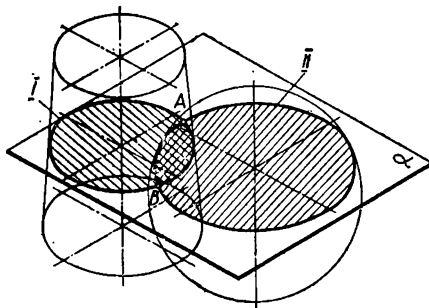


Рис. 182

б) при перетині многогранника з тілом обертання утворюється одна або дві лінії, що складаються з кількох частин плоских кривих другого порядку — кола, еліпса, параболи тощо. Ці частини кривих сходяться між собою на ребрах многогранників;

в) 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.

Знайшовши точки лінії перетину, їх сполучають в певній послідовності і визначають видимість окремих відрізків. При цьому виходять з таких положень:

а) дві видимі грані дають у перетині видимий відрізок лінії перетину;

б) у перетині двох невидимих граней або однієї видимої, а другої невидимої, утворюється невидимий відрізок лінії перетину;

в) для кривих поверхонь видимими будуть лише ті точки, які знайдені в перетині двох видимих твірних;

г) точки переходу видимої частини лінії перетину в невидиму лежать на обрисних твірних чи ребрах однієї або другої поверхні;

д) видимість визначають окремо для кожної проекції поверхонь, що перетинаються.

15.2. Перетин многогранників

Лінією перетину двох многогранників буде одна або дві просторові ламані замкнені лінії. Вершини цих ліній визначають як точки зустрічі ребер одного многогранника з гранями другого.

На рис. 183, а перетинаються дві призми — чотирикутна з трикутною. З профільної і горизонтальної проекцій бачимо, що: а) у цьому випадку маємо часткове врізання одного тіла в друге, тобто утворюється одна лінія перетину; б) у перетині беруть участь три бічних ребра горизонтальної призми і одне бічне ребро вертикальної, отже, лінія перетину матиме вісім вершин.

Бічні грані чотирикутної призми перпендикулярні до профільної площини проекцій, а трикутної — до горизонтальної. Завдяки цьому горизонтальна і профільна проекції лінії перетину збігаються з відповідними проекціями призм. Проекції точок перетину на цих площинах — це $1_1, 2_1, 3_1, 4_1, \dots$ і $1_3, 2_3, 3_3, 4_3, \dots$. Провівши вертикальні лінії зв'язку з $1_1, 2_1, 4_1, \dots$ до перетину з фронтальними проекціями відповідних ребер чотирикутної призми, знаходять фронтальні проекції $1_2, 2_2, 4_2, \dots$ точок. Фронтальні проекції $3_2, 6_2$ точок, що лежать на передньому ребрі трикутної призми, будують за допомогою горизонтальних ліній зв'язку, проведених з проекцій 3_3 і 6_3 .

Сполучаючи точки лінії перетину, слід додержувати таких правил: а) сполучати між собою можна проекції тих точок, які лежать одночасно як на грані однієї призми, так і на грані другої (наприклад, не можна сполучати точки 3_2 і 4_2 , бо для трикутної призми вони лежать на одній грані, а для чотирикутної — на двох різних гранях); б) кожна точка сполучається лише з двома іншими точками.

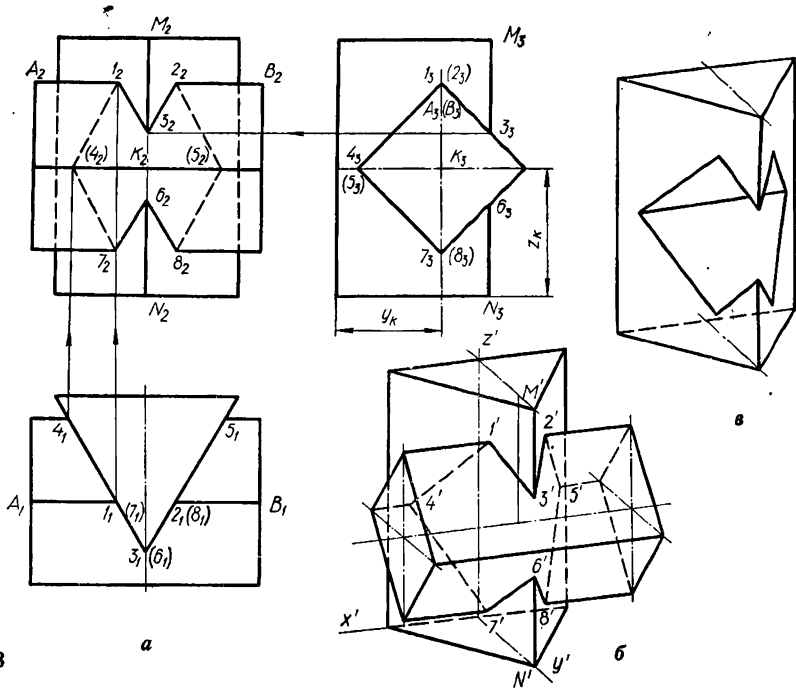


Рис. 183

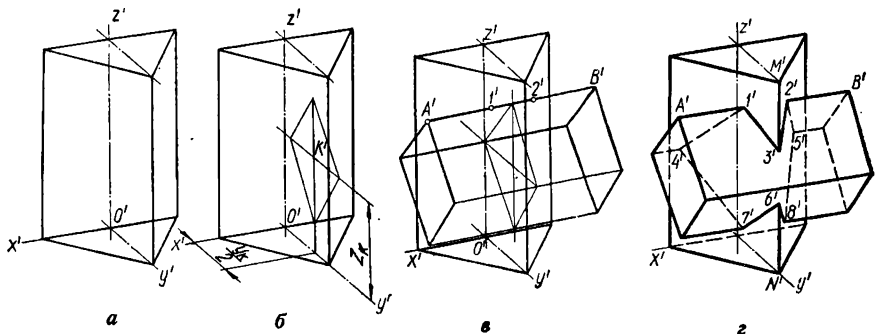


Рис. 184

Останнім етапом розв'язання завдання є визначення видимості окремих відрізків лінії перетину. При цьому слід урахувувати ті положення, які наведено в кінці § 15.1. У нашому випадку лінії $1_2 4_2 7_2$ і $2_2 5_2 8_2$ на фронтальній проекції невидимі, бо лежать на невидимих гранях чотирикутної призми.

Диметричну проекцію тіл, що перетинаються, побудовано на рис. 183, б, в, причому на рис. 183, в горизонтальну призму вийнято. Послідовність побудови (рис. 184) така:

1. Будують диметричну проекцію трикутної призми (рис. 184, а).
2. У площині симетрії трикутної призми будують диметричну проекцію квадрата (рис. 184, б), що є поперечним перерізом чотири-

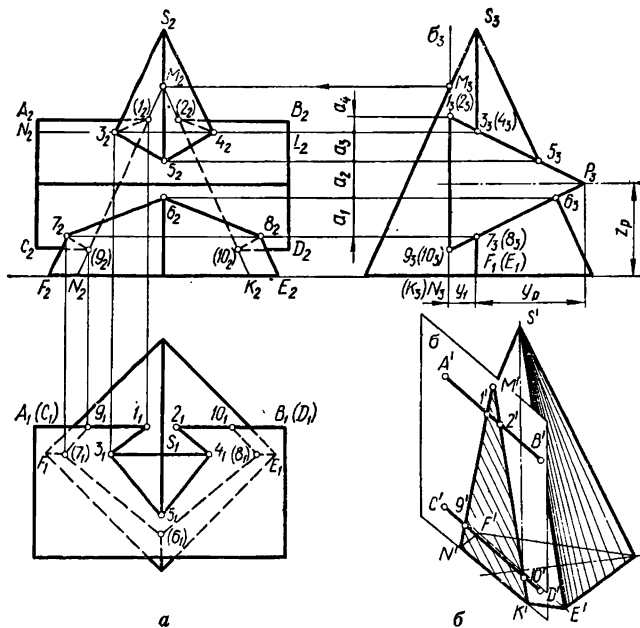


Рис. 185

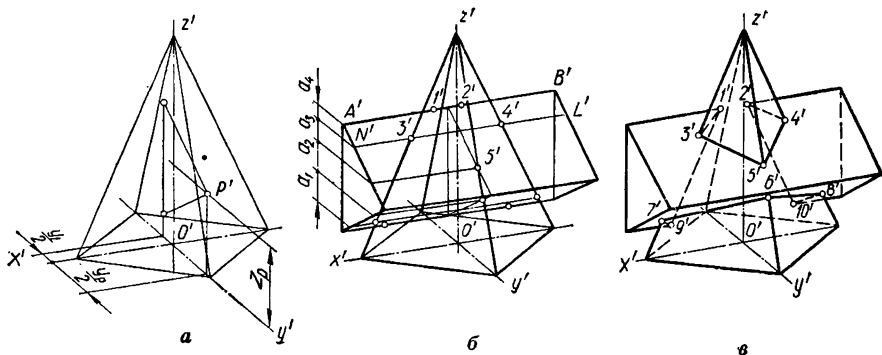


Рис. 186

кутної призми. Для побудови використовують координати z_K і y_K , які визначають положення центра K перерізу квадрата.

3. З вершин квадрата проводять лінії, паралельні осі x' , на яких в обидва боки від поперечного перерізу відкладають половину довжини ребер чотирикутної призми. Сполучивши знайдені точки, дістають диметричну проекцію чотирикутної призми (рис. 184, в).

4. Знаходять точки лінії перетину, що лежать на ребрах чотирикутної призми (рис. 184, в), відкладаючи відповідні відрізки, виміряні на фронтальній проекції (рис. 183, а), наприклад: $A'I' = A_2I_2$; $B'2' = B_2I_2$.

5. Знаходять точки лінії перетину на передньому ребрі трикутної призми (відрізки $M'3' = M_23_2$; $N'6' = N_26_2$ на рис. 184, в).

6. Знайдені точки перетину сполучають і наводять відповідними лініями видимий і невидимий контури.

На рис. 185, *а* чотирикутна піраміда перетинається з трикутною призмою, розташованою перпендикулярно до профільної площини проєкцій Π_3 . Внаслідок цього профільна проєкція лінії перетину збігається з профільною проєкцією призми. Треба побудувати горизонтальну і фронтальну проєкції лінії перетину. Для визначення фронтальних проєкцій $3_2, 4_2, 5_2, \dots$ точок проводять горизонтальні лінії зв'язку з проєкцій $3_3, 4_3, 5_3, \dots$ до перетину з фронтальними проєкціями відповідних бічних ребер піраміди. За фронтальними визначають горизонтальні проєкції цих точок. Для визначення точок перетину ребер призми AB і CD з пірамідою використовують допоміжну фронтальну площину σ , яка проходить через ці ребра. Ця площина перерізає піраміду по трикутнику MNK , подібному до трикутника SFE (рис. 185, *б*). Для побудови фронтальної проєкції трикутника MNK з точки M_3 проводять горизонтальну лінію зв'язку, знаходять проєкцію M_2 і з неї проводять сторони M_2N_2 і M_2K_2 трикутника перетину паралельно бічним ребрам піраміди. У перетині утвореного трикутника з проєкціями A_2B_2 і C_2D_2 ребер призми дістають фронтальні проєкції $1_2, 9_2, 2_2, 10_2$ точок лінії перетину. Використовуючи вертикальні лінії зв'язку, знаходять горизонтальні проєкції цих точок. Знайдені проєкції точок сполучають суцільними або штриховими лініями, враховуючи видимість контуру на площинах проєкцій Π_1 і Π_2 .

Послідовність побудови в аксонометрії подано на рис. 186. Розгляньте її і самостійно поясніть. Зверніть увагу на те, що для знаходження в аксонометрії точок $3', 5', \dots$ використовують розміри a_1, a_2, a_3, a_4 , узяті з рис. 185, *а*.

15.3. Перетин многогранника з тілом обертання

У перетині тіла обертання з многогранником 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 многогранника. У цих точках змінюється характер кривої перетину: коло переходить в еліпс, еліпс — у пряму і т. п.

На рис. 187 зображено перетин прямого конуса з трикутною призмою. Оскільки бічні грані призми перпендикулярні до площини Π_2 , фронтальна проєкція лінії перетину зливається з фронтальною проєкцією граней призми. Побудову горизонтальної і профільної проєкцій лінії перетину починають з визначення їх опорних точок. Через верхнє ребро призми проводять допоміжну горизонтальну площину-посередник σ . Ця площина перерізає конус по колу діаметра d . Горизонтальна проєкція цього кола в перетині з проєкцією верхнього ребра призми дає шукану точку 1_1 . Опорні точки 2 і 3, що лежать на нижніх ребрах призми, знаходять за допомогою горизон-

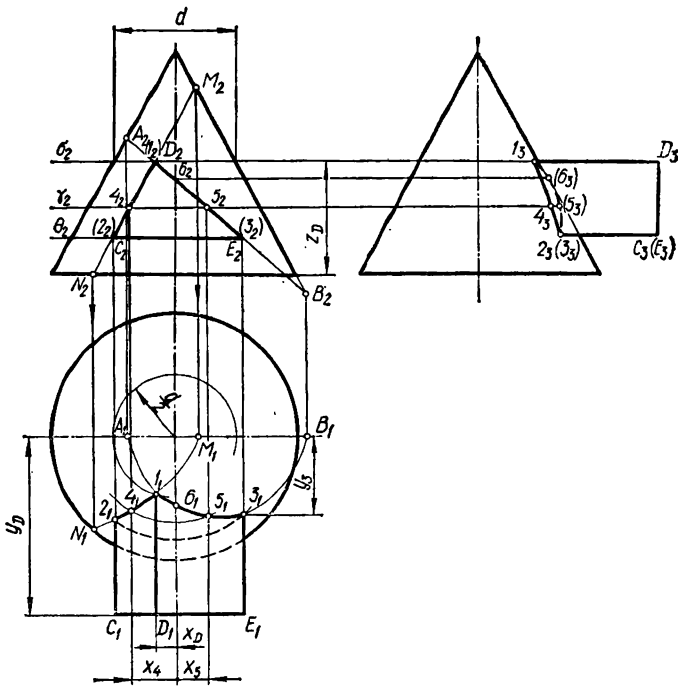


Рис. 187

тальної площини θ . Дуга кола між точками 2_1 і 3_1 є горизонтальною проекцією лінії, по якій нижня грань призми перетинає поверхню конуса. Аналогічно за допомогою горизонтальної площини γ знаходять випадкові точки 4 і 5 .

Щоб точніше побудувати криву перетину, використовують спосіб «повних перерізів». Суть його полягає 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_2B_2 . 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 Π_3 лінія перетину торкається правої обрисної твірної конуса в точці b_3 .

Ізометричну побудову пересічних призми і конуса (рис. 188) виконують у такій послідовності:

1. Будують ізометричну проекцію конуса (рис. 188, а).

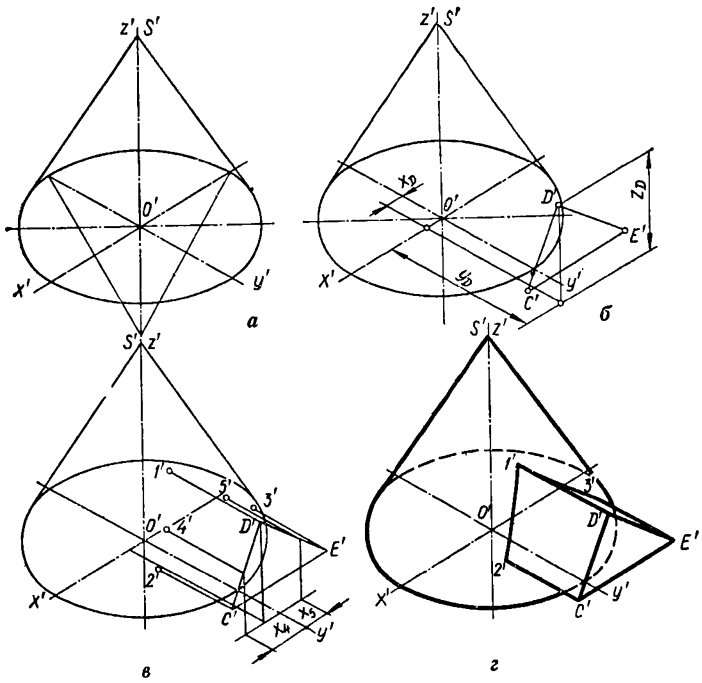


Рис. 188

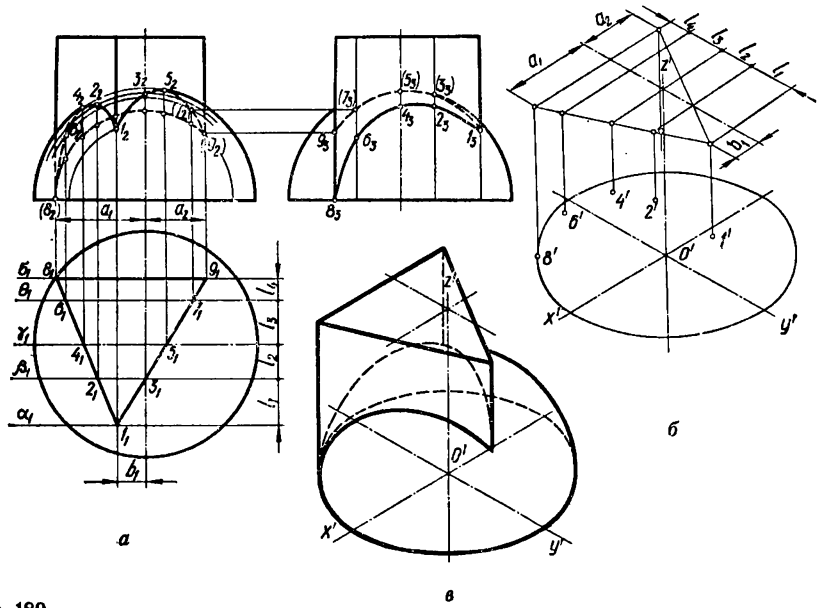


Рис. 189

2. Використовуючи координати x_D, y_D, z_D , знаходять ізометричну проекцію однієї з вершин основи призми — точки D .

3. Будують ізометричну проекцію $C'D'E'$ трикутника, що є основою призми (рис. 188, б).

4. 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: $C'2' = C_12_1; D'1' = D_11_1; \dots$ (рис. 188, в).

5. Використовуючи розміри x_4, x_5 і відповідні відрізки, виміряні на горизонтальній проекції, знаходять проміжні точки $4'$ і $5'$ лінії перетину.

6. Сполучають знайдені точки з урахуванням видимості лінії перетину (рис. 188, г).

Вправа. На рис. 189 зображено перетин півкулі з трикутною призмою. Розгляньте і поясніть виконану побудову.

15.4. Перетин тіл обертання

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'язання треба з визначення опорних точок. При визначенні видимості використовують положення, викладені в кінці § 15.1.

Розглянемо побудову лінії перетину вертикального циліндра і горизонтального півциліндра, осі яких перетинаються (рис. 190, а). Горизонтальна проекція лінії перетину збігається з колом, в яке проектується бічна поверхня вертикального циліндра на площину Π_1 , а профільна проекція зливається з дугою кола — проекцією бічної поверхні горизонтального півциліндра на площину Π_3 . Фронтальні проекції 2_2 і 3_2 найвищих опорних точок кривої лежать на перетині фронтальних проекцій обрисних твірних обох циліндрів. Найнижчу точку 1_2 визначають за допомогою горизонтальної лінії зв'язку, проведеної з точки 1_3 до перетину з фронтальною проекцією відповідної твірної. Проміжні точки $4, 5$ визначають за допомогою фронтальної січної площини β , яка перерізає вертикальний циліндр по твірних A і B , а горизонтальний — по твірній $4-5$. Взаємний перетин твірних дає точки 4 і 5 . Знайдені точки сполучають плавною кривою.

Послідовність побудови ізометрії тіл, що перетинаються (рис. 190, б, в), така:

1. Будують ізометричну проекцію вертикального циліндра і горизонтального півциліндра (див. § 13.4). При побудові слід витримати координати центра основи вертикального циліндра (рис. 190, б).

2. На верхній основі вертикального циліндра знаходять точки M', A', T', B' (точки M', T' лежать на кінцях аксонометричних осей x' і y' , а для визначення точок A', B' використовують координату y_4).

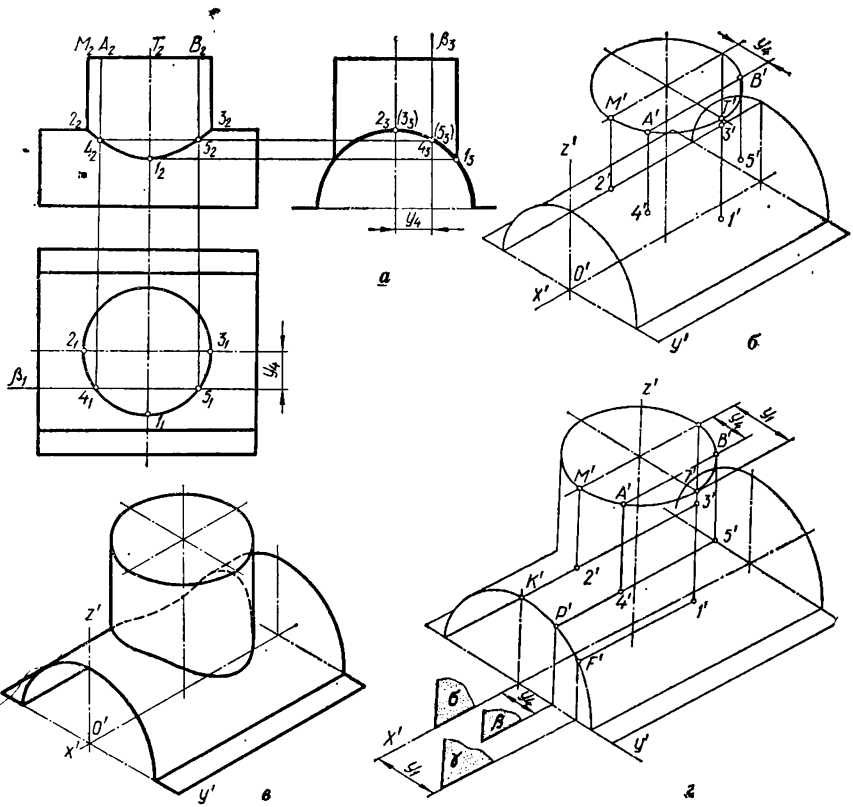


Рис. 190

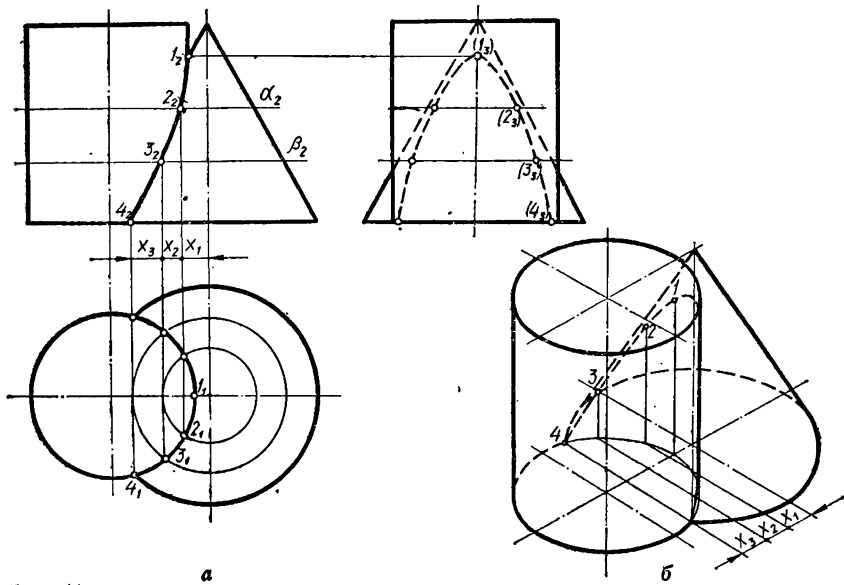


Рис. 191

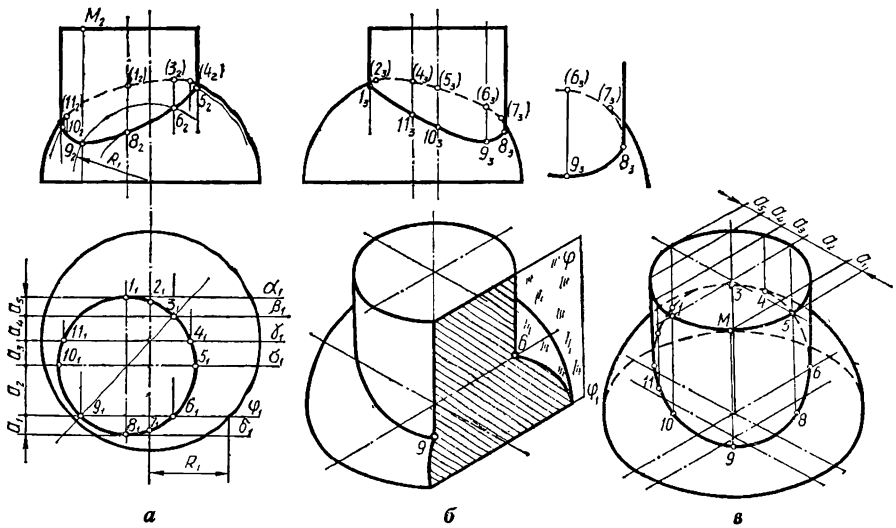


Рис. 192

3. Із знайдених точок проводять твірні вертикального циліндра паралельно осі z' і відкладають на них відповідні відрізки, виміряні на фронтальній проекції, наприклад: $M'2' = M_22_2$; $A'4' = A_24_2$;...
 Остаточне креслення зображено на рис. 190, в.

На рис. 190, г побудову ізометричного зображення виконано без використання комплексного креслення — за допомогою січних фронтальних площин. Так, площина β , 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 $2'$, $3'$, $1'$.

Вправа 1. Самостійно поясніть побудову лінії перетину прямого кругового циліндра з прямим круговим конусом (рис. 191).

Вправа 2. Розгляньте і поясніть побудову лінії перетину півкулі з вертикальним циліндром і аксонометричного зображення тіл, що перетинаються (рис. 192).

15.5. Спосіб допоміжних сфер

На рис. 193 зображено перетин тіл обертання, що мають спільну вісь: кулі і циліндра (рис. 193, а), двох куль (рис. 193, б), циліндра і конуса (рис. 193, в). У всіх випадках лінія перетину є колом, яке на площину, паралельну осі обертання, проектується у вигляді прямої, перпендикулярної до осі. Ця властивість і лежить в основі способу допоміжних сфер.

Спосіб допоміжних сфер поділяють на способи концентричних і ексцентричних сфер.

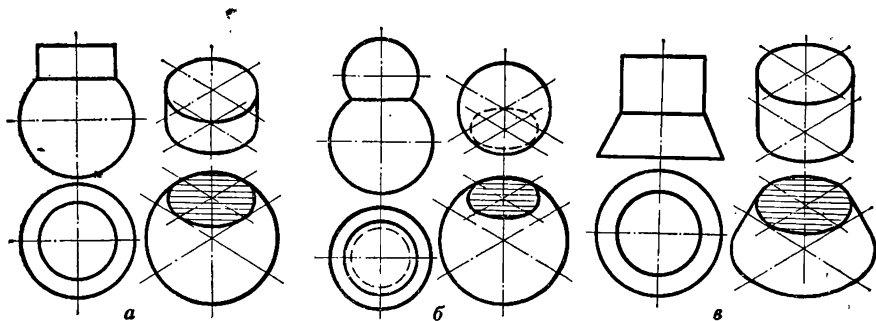


Рис. 193

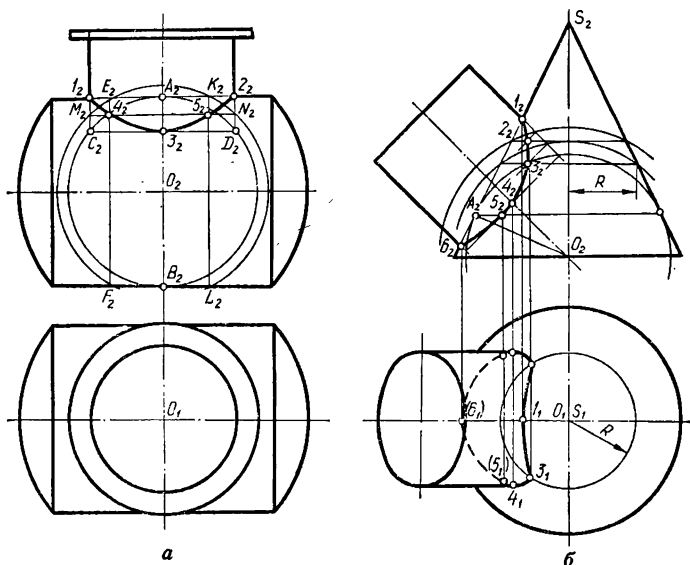


Рис. 194

Спосіб концентричних сфер ґрунтується на тому, що сфера перетинається з поверхнею обертання по колах, якщо вісь цієї поверхні проходить через центр сфери. Коли до того вісь поверхні обертання паралельна одній з площин проєкцій, то площини цих кіл займають відносно цієї площини проєктує положення і проєктуються на неї у вигляді відрізків прямих. Отже, спосіб концентричних допоміжних сфер можна застосовувати для розв'язання завдань за таких умов: а) обидві задані поверхні повинні бути поверхнями обертання; б) осі поверхонь повинні перетинатися між собою; в) осі поверхонь повинні бути паралельні одній з площин проєкцій.

Розв'язують завдання за таким планом:

- 1) з точки перетину осей заданих поверхонь як із центра проводять допоміжні сфери;
- 2) знаходять кола, по яких допоміжні сфери перетинаються окремо з кожною із заданих поверхонь;
- 3) 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 O_2 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_2B_2 , а поверхню меншого циліндра перерізає також по колу, що проектується у відрізок C_2D_2 . Взаємний їх перетин дає точку 3_2 — фронтальну проекцію найнижчої точки лінії перетину. Щоб знайти проміжні точки, будують сферу з того самого центра трохи більшим радіусом. Ця сфера перетне вертикальний циліндр по колу, яке спроектується у відрізок M_2N_2 , а горизонтальний — по двох колах, що спроектуються у відрізки E_2F_2 і K_2L_2 . Перетин цих ліній дає точки 4_2 і 5_2 , що належать лінії перетину. Точки сполучають плавною кривою.

На рис. 194, б задано циліндр і конус, осі яких перетинаються. Опорні точки 1_2 і 6_2 перетину обрисних твірних знаходять безпосередньо з креслення. З точки O_2 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 проектується на площину Π_2 у прямі лінії. Перетин цих ліній дає проекцію 5_2 шуканої точки. Збільшуючи радіуси допоміжних сфер, аналогічною побудовою знаходять точки $2_2, 3_2, 4_2, \dots$

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 3_2 вертикальну лінію зв'язку до перетину з цим колом. Точка 4_1 , що лежить на обрисній твірній циліндра, поділяє горизонтальну проекцію лінії перетину на видиму і невидиму частини.

Сформулюємо два положення, які слід пам'ятати при розв'язуванні подібних завдань:

1. Радіус найбільшої допоміжної сфери дорівнює відстані від центра O_2 до найвіддаленішої точки лінії перетину, а радіус найменшої сфери — відстані від центра O_2 до найвіддаленішої твірної.

2. Лінія перетину двох поверхонь обертання другого порядку, що мають спільну площину симетрії, проектується на площину, паралельну площині симетрії у вигляді кривої другого порядку. Так, лінія перетину двох циліндрів або конуса і циліндра проектується у гіперболу, а циліндра і кулі — у параболу.

Вправа. Розгляньте і поясніть побудову, виконану на рис. 195, а.

Спосіб ексцентричних сфер полягає в 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 ко-

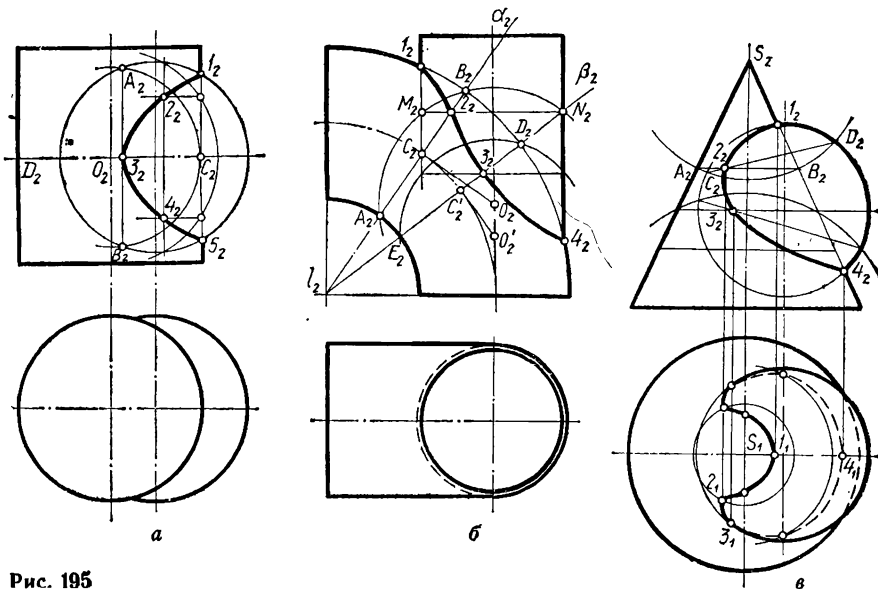


Рис. 195

лові перерізи, — тора, похилого циліндра, еліптичного параболоїда тощо.

На рис. 195, б циліндр перетинається з коловим кільцем (тором). Дві точки — найвищу 1_2 і найнижчу 4_2 — визначають безпосередньо на перетині обрисної твірної тора з обрисними твірними циліндра, бо крива обрис тора і крайні твірні циліндра лежать у спільній фронтальній площині. Для знаходження проміжних точок застосовують ковні сфери. Через вісь обертання тора проводять фронтально проєктуючу площину α . Ця площина перетне кільце по колу діаметром A_2B_2 з центром у точці C_2 . З точки C_2 проводять пряму, перпендикулярну до сліду α_2 , до перетину з віссю циліндра в точці O_2 . З цієї точки креслять сферичну поверхню радіусом O_2A_2 , яка перетинає циліндр по колу діаметром M_2N_2 . Перетин ліній M_2N_2 і A_2B_2 дає першу пару проміжних точок 2_2 . Проводять другу фронтально проєктуючу площину β , за допомогою якої знаходять другу пару точок 3_2 і т. д.

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_2B_2 , а задану сферу — по колу діаметра C_2D_2 . Взаємний їх перетин дає точку 2_2 . Точку 3_2 знайдено проведенням допоміжної сфери з центра, що лежить на продовженні осі конуса.

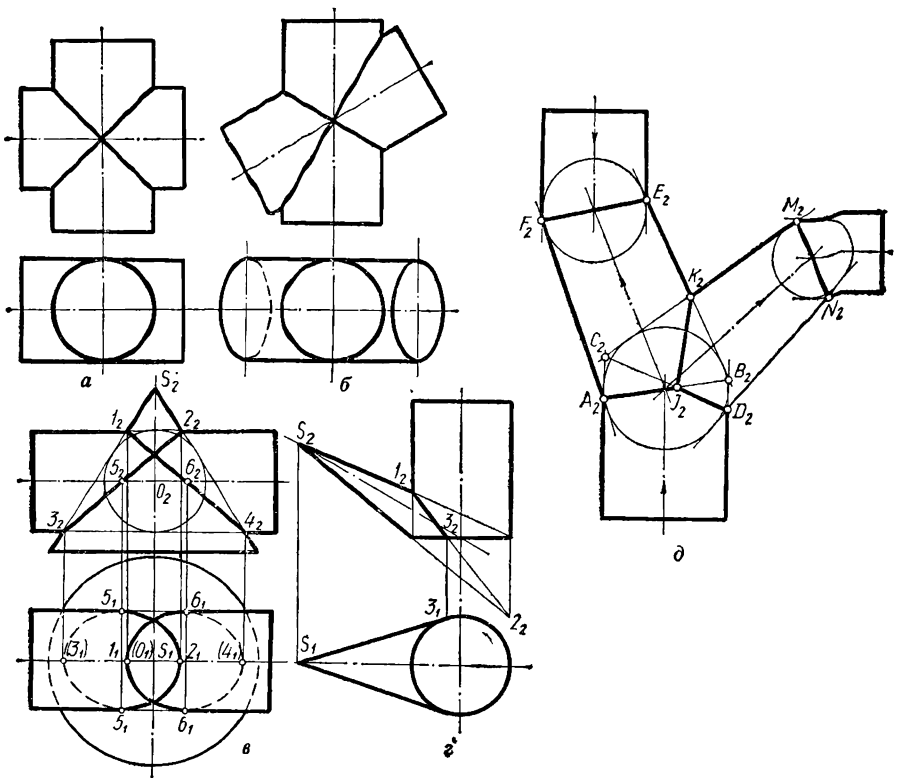


Рис. 196

15.6. Перетин кривих поверхонь другого порядку по плоских кривих

При взаємному перетині двох кривих поверхонь другого порядку можливі випадки, коли просторова крива перетину розпадається на дві плоскі криві. Цей випадок відповідає теоремі Монжа:

якщо дві поверхні другого порядку описані навколо третьої або вписані в неї, 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 спроектуються відрізками прямих, розміщених на бісектрисах кутів між проєкціями 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 еліпси, що пройдуть через точки перетину обрисних твірних цих тіл. На площину Π_2 еліпси проєктуються у вигляді прямих, а на Π_1 — у вигляді еліпсів.

Встановлено також, що коли дві криві поверхні перетинаються по одній плоскій кривій, то вони перетинаються і по другій плоскій кривій. На рис. 196, г зображено саме такий перетин.

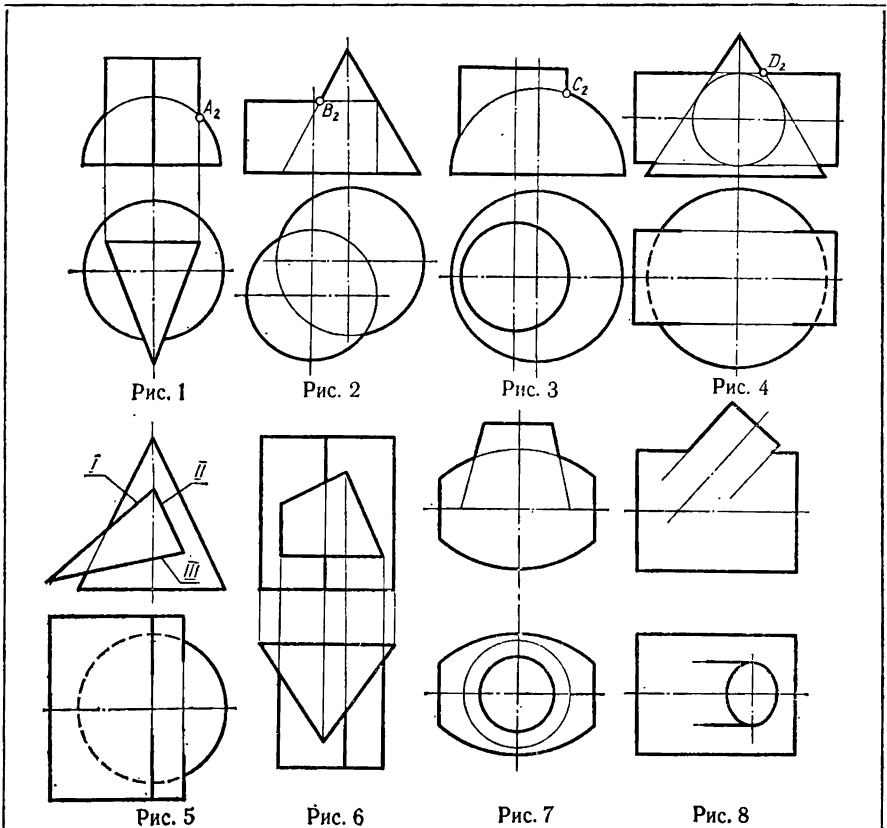
Вправа. Розгляньте і поясніть, як побудовано лінії перетину на повітропроводі (рис. 196, д).

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яка лінія перетину утворюється при перетині двох многогранників? двох поверхонь другого порядку? многогранника 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. Сформулюйте план розв'язання задач за допомогою січних сферичних поверхонь.
6. Сформулюйте теорему Монжа.
7. Які умови потрібні для застосування допоміжних сферичних поверхонь?

Вправа. Розв'яжіть картку програмованого контролю з теми «Взаємний перетин поверхонь». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю „Взаємний перетин поверхонь“



1. На яких рисунках (рис. 1—8) для розв'язання завдання доцільно використати горизонтальні січні площини?

2. На яких рисунках (рис. 1—8) для розв'язання завдання доцільно використати фронтальні січні площини?
3. На яких рисунках (рис. 1—8) завдання можна розв'язати за допомогою сфер?
4. В яких випадках для розв'язання завдання можна використати теорему Монжа (рис. 1—8)?
5. Скільки вершин має замкнена лінія перетину призм на рис. 6?
6. Які криві утворюються в перетині конуса гранями *I*, *II*, *III* призми (рис. 5)?
7. Які з точок *A*, *B*, *C*, *D* належать лінії перетину заданих поверхонь (рис. 1—4)?
8. В яких випадках у перетині утворюється одна замкнена лінія (рис. 1—8)?
9. На яких рисунках (рис. 1—8) лінія перетину є пливою замкненою кривою?
10. На яких рисунках (рис. 1—8) лінія перетину тіл складається з кількох плоских кривих другого порядку?

§ 16. ТЕХНІЧНЕ РИСУВАННЯ

16.1. Загальні положення

Технічним рисунком називається зображення предмета в аксонометричній проекції, виконане від руки і на око.

Технічний рисунок 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.

Метою вивчення технічного рисунка в технікумі є набуття навичок у змальовуванні олівцем за правилами аксонометричних проєкцій порівняно нескладних за формою предметів і геометричних тіл. Подамо деякі загальні вказівки, якими слід користуватися в процесі рисування:

1. Аркуш паперу для рисування закріплюють кнопками на фанері або на невеликій креслярській дошці. Цей планшет під час рисування тримають нахиленим під кутом 60° . Один кінець планшета спирається на коліна учня, а другий — на стіл або спинку стільця.

2. Аркуш паперу має бути добре освітлений; на нього не повинна падати тінь від учня. Відстань від очей учня до предмета повинна бути щонайменше втриє більшою за найбільший розмір предмета.

3. У процесі роботи олівець треба тримати трьома пальцями: великим, вказівним і середнім. Рисувати слід вільно, без напруження, рухи мають бути твердими, упевненими.

4. Рисувати треба лише сидячи, зберігаючи пряме, спокійне положення корпусу і голови. Для рисування використовують олівці марок *M* і *2M*.

16.2. Рисування прямих ліній і кутів

Перші вправи учень починає з проведення вертикальних, горизонтальних і похилих прямих ліній (рис. 197, *a—e*). 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 *i*, тримаючи

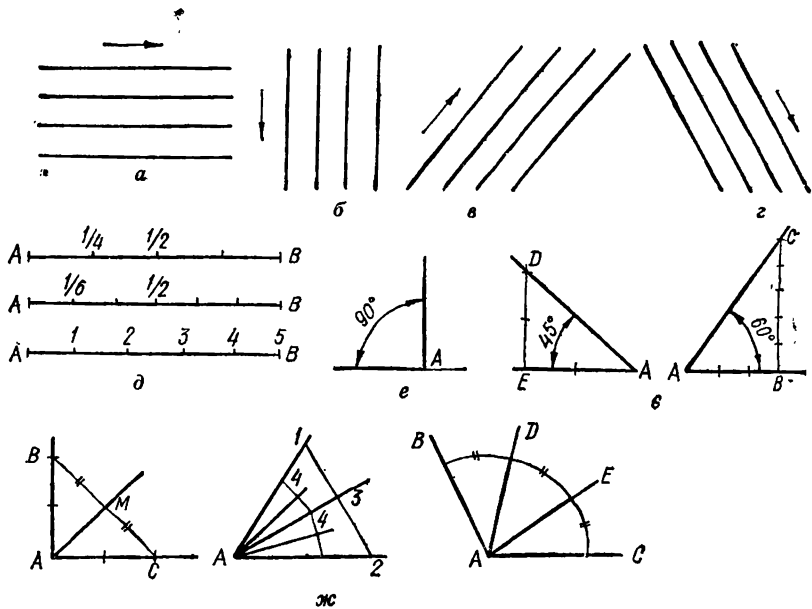


Рис. 197

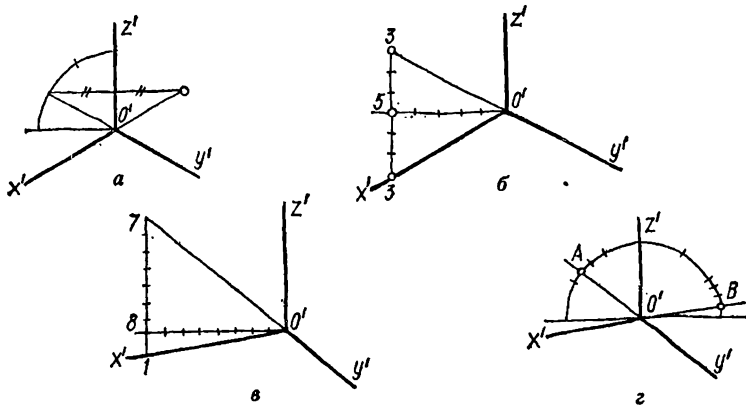


Рис. 198

олівець у просторі, роблять рух, що відповідає наміченому напрямку прямої. Потім проводять тонку лінію олівцем на папері і, перевірявши її прямолінійність, остаточно обводять лінією певної товщини. Напрямок, в якому треба робити рукою рухи, щоб провести лінії різного виду, показано на рис. 197, а—г стрілками.

Треба також навчитися «на око» ділити відрізок прямої на 2, 4, 6, 5 і т. д. рівних частин (рис. 197, д). Щоб побудувати прямий кут, проводять дві взаємно перпендикулярні тонкі прямі лінії (рис. 197, е), порівнюють на око утворені суміжні кути, якщо потрібно, вносять поправки і наводять лінією певної товщини. На рис. 197, е показано, як будувати кути в 45° і 60° , використовуючи значення тангенсів кутів (1 : 1; 5 : 3).

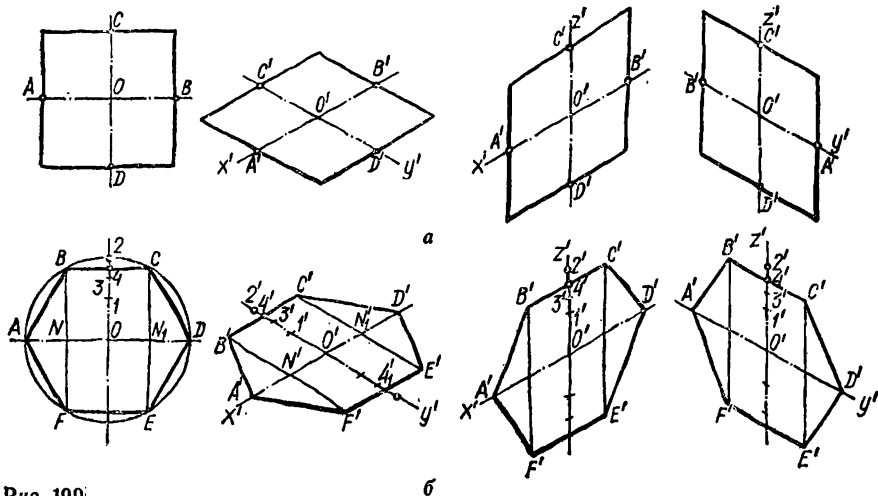


Рис. 199:

Щоб поділити довільний кут пополам, у тому числі й прями́й (рис. 197, ж), на сторонах кута відкладають рівні відрізки AB і AC . Відрізок BC ділять пополам. Бісектриса кута пройде через точку M , що лежить на середині відрізка BC . На цьому самому рисунку 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 A .

Для побудови ізометричної і диметричної проєкцій 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. 198, а) або використовують значення тангенса цього кута — $3 : 5$ (рис. 198, б). У прямокутній диметрії осі будують, використовуючи для кута 7° співвідношення катетів $1 : 8$, а для кута 41° — співвідношення $7 : 8$ (рис. 198, в). Інший спосіб побудови осей прямокутної диметрії (рис. 198, г) полягає в тому, що чверть дуги кола ділять на три рівні частини і третину ділять ще на чотири рівні частини. Знайдену точку B сполучають з точкою O' . Утворюється кут 7° . Щоб утворити кут 41° , середню третину чверті кола ділять на три рівні частини і точку A сполучають з точкою O' .

16.3. Рисування плоских фігур

Щоб в ізометрії побудувати квадрат (рис. 199, а) у площині Π_1 , проводять ізометричні осі $O'x'$ та $O'y'$ і відкладають на цих осях від точки O' відрізки $O'A'$, $O'B'$, $O'C'$, $O'D'$, що дорівнюють половині сторони квадрата. Через знайдені точки A' , B' , C' , D' проводять прямі, паралельні осям $O'x'$ і $O'y'$. Квадрат в ізометрії має вигляд ромба. Аналогічно будують квадрати, що лежать у площинах Π_2 і Π_3 .

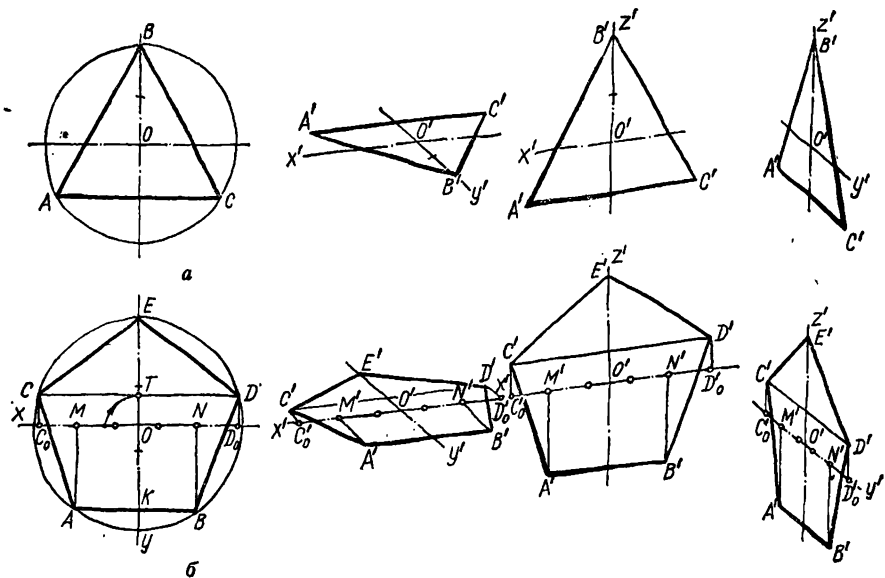


Рис. 200

На рис. 199, б побудовано рисунок шестикутника в ізометрії. Якщо описати навколо шестикутника коло, то легко помітити, що сторона BC ділить радіус $O2$ наближено у відношенні $1 : 8$, а довжина діагоналі AD дорівнює подвоєній стороні шестикутника. Через центр O' шестикутника проводять осі $O'x'$, $O'y'$. На осі $O'x'$ в обидва боки від центра O' відкладають довжину заданої сторони шестикутника і дістають діагональ $A'D'$. Потім на осі $O'y'$ відкладають $O'2' = O'A'$ і будують точку $4'$, яка ділить відрізок $O'2'$ у відношенні $1 : 8$. Симетрично точці $4'$ відкладають точку $4_1'$. Через середини ліній $O'A'$ і $O'D'$ (точки N' , N_1') проводять прями, паралельні осі $O'y'$, до перетину з прямими, проведеними паралельно осі $O'x'$ через точки $4'$ і $4_1'$. Сполучаючи вершини A' , B' , C' ,... прямими, дістають шестикутник.

Вправа. Самостійно розгляньте і поясніть побудову трикутника і п'ятикутника в диметрії, виконану на рис. 200, а, б.

Коло в аксонометрії зображується у вигляді еліпса. Різні способи побудови рисунка кола в ізометрії і диметрії показано на рис. 201. На осях $O'x'$ і $O'y'$ (рис. 201, 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 D' . Точки A' і C' знаходять симетрично точкам B' і D' . По знайдених точках будують еліпс.

Еліпс можна побудувати і тоді, коли задано одну велику вісь (рис. 201, б). Для цього велику вісь ділять на п'ять рівних частин і на

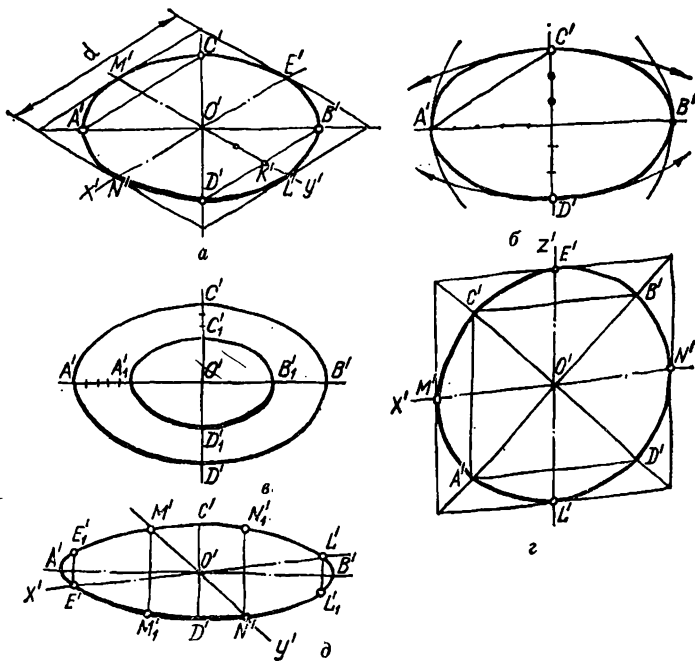


Рис. 201

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 зривують 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. 201, в).

На рис. 201, г за спряженими діаметрами побудовано еліпс, розміщений у площині Π_2 в прямокутній диметрії. На аксонометричних осях відкладають відрізки $M'N'$ і $E'L'$, що дорівнюють діаметру зображуваного кола, і будують ромб. Діагоналі ромба дають напрям головних осей еліпса. Відрізок $O'M'$ поділяють 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 точкам A' і C' знаходять точки B' і D' і будують еліпс.

Для зображення диметрії еліпса в площині Π_1 або Π_3 проводять спочатку напрям головних осей (рис. 201, 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, N_1, L_1 . Знайдені 8 точок дають можливість побудувати еліпс.

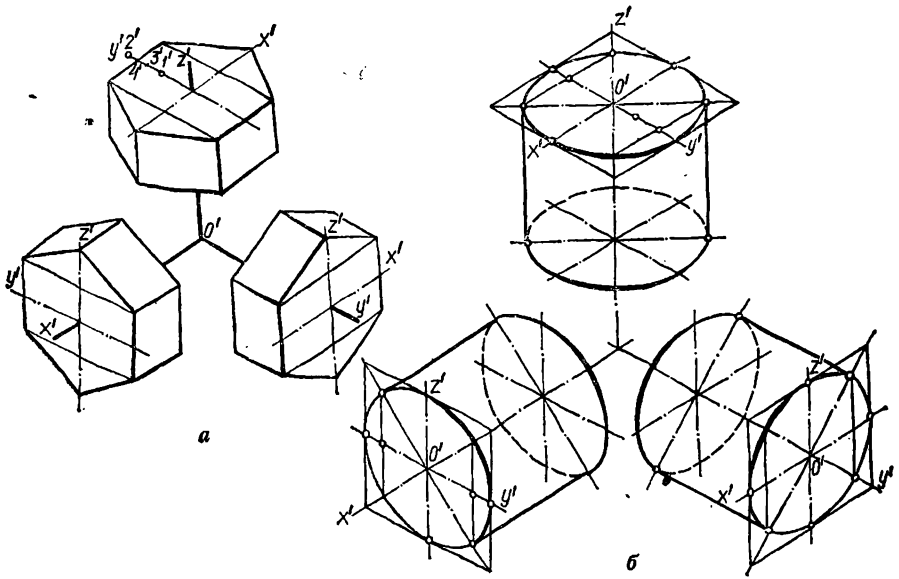


Рис. 202

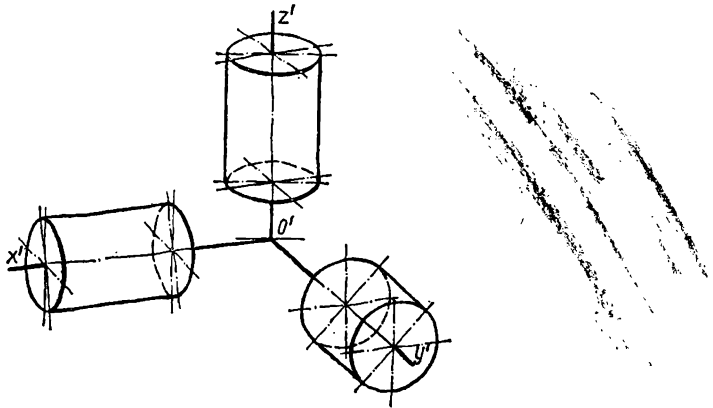


Рис. 203

16.4. Рисунки геометричних тіл

На рис. 202, а побудовано в ізометрії шестигранні призми, основи яких лежать у різних площинах проєкцій. На рис. 202, б у прямокутній ізометрії побудовано циліндр. На рис. 203 циліндри зображено в прямокутній диметрії. Великі осі еліпсів перпендикулярні до відповідних осей x' , y' , z' або до осей обертання циліндрів. Відношення довжин головних осей еліпсів становить 1 : 3 і 9 : 10. Розміри вздовж осі $O'y'$ скорочено вдвоє.

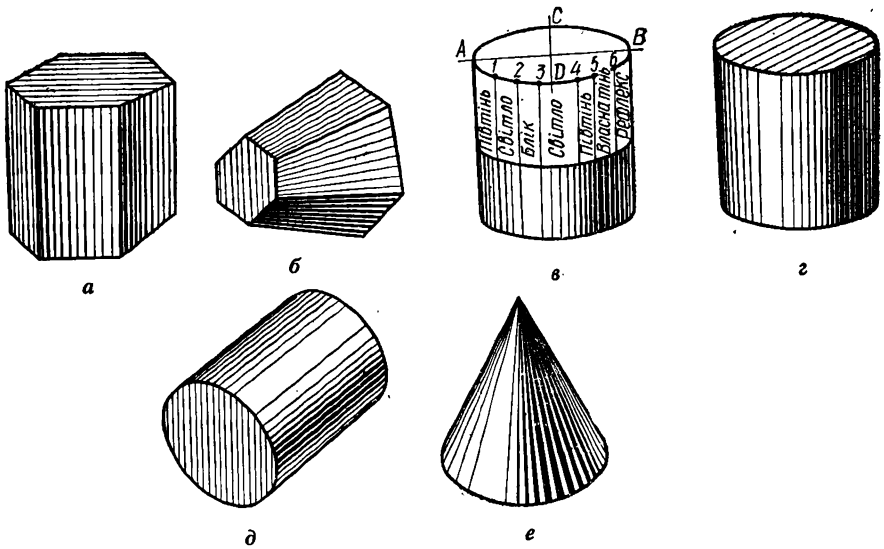


Рис. 204.

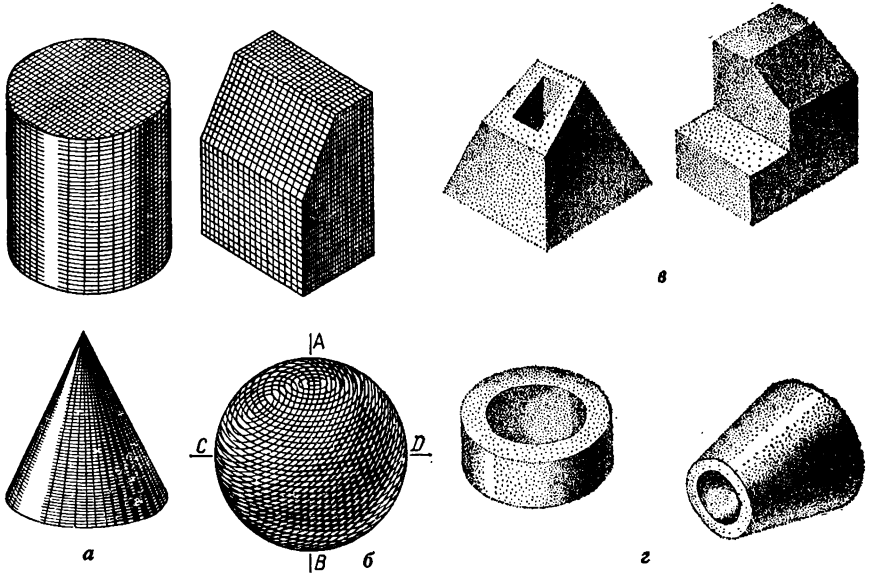


Рис. 205

16.5. Відтінення поверхні предметів

Щоб створити враження об'ємності і надати рисунку більшої наочності та виразності, на зображення наносять світлотіні. *Світлотіню називається розподіл світла на поверхні предмета.* У технічному рисуванні умовно вважають, що джерело світла міститься зверху і зліва, тобто освітлення лівобічне. Кут нахилу світлових променів до

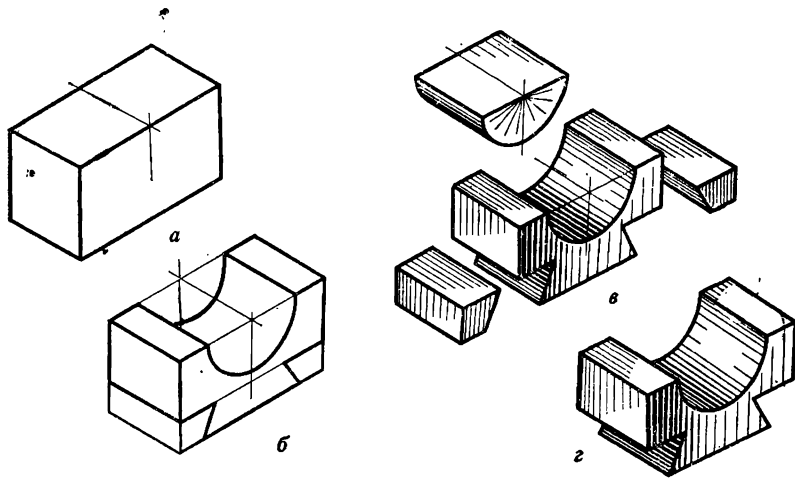


Рис. 206

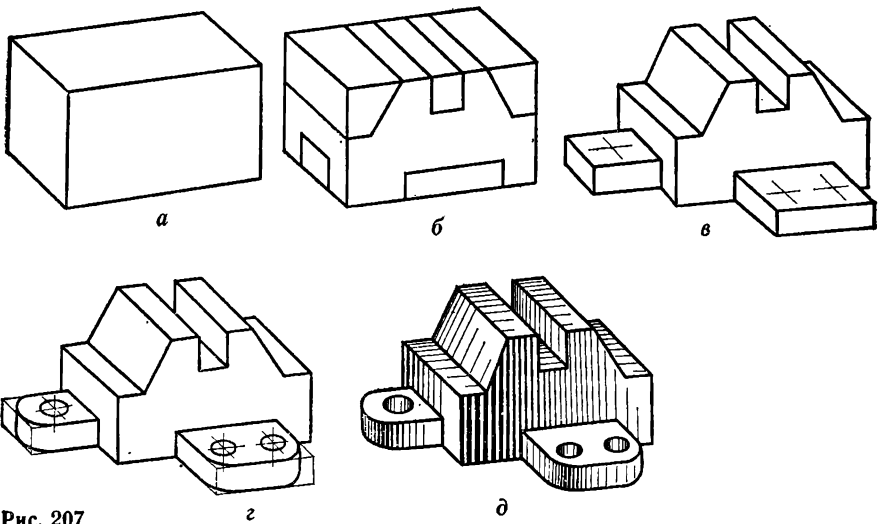


Рис. 207

горизонту дорівнює 45° . Світлотінь складається з таких елементів: падаюча тінь, рефлекс, власна тінь, півтінь, світло, бік.

Падаючу тінь, тобто тінь предмета, відбиту на поверхні поза предметом, на технічному рисунку 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 *бік* — найосвітленіша пляма на предметі.

Світлотінь наносять на рисунок штрихуванням, шрафуванням, відтінченням точками та іншими способами.

Найпростішим способом є передача світлотіні *штрихуванням*. Застосовуючи різну густоту штрихів, добиваються різних тонів —

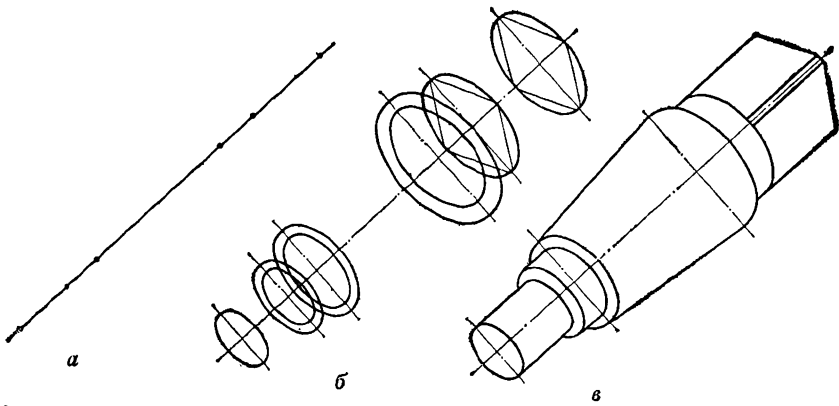


Рис. 208

від світло-сірих до найтемніших. Посилювати чи послаблювати тон поверхні можна і розширенням штрихів, більшим натисканням олівця тощо. Поверхню многогранників (рис. 204, а, б) заштриховують паралельними прямими, які відповідають формі предмета. Вертикальні площини штрихують вертикальними прямими, горизонтальні — прямими, паралельними осям 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 ділянки тіні і півтіні (рис. 204, в). Починають штрихувати звичайно з найтемніших місць, де написано, «власна тінь». Нанесення світлотіні на циліндр і конус, коли ці тіла в просторі мають різне положення, показано на рис. 204, в—е.

Шрафування (рис. 205, а, б) — це штрихування сіткою, тобто подвійне штрихування. На рис. 205, в, г об'ємність предмета підкреслено за допомогою відтіннення *точками*. Цей спосіб потребує багато часу, тому в навчальній практиці застосовується рідко.

16.6. Рисування технічних деталей

Рисувати деталі можна з натури або за їх кресленнями. Як в першому, так і в другому випадку слід додержувати такої послідовності дій:

а) вивчити деталь і з'ясувати її робоче положення;

б) установити на око приблизне співвідношення її розмірів (довжини, ширини і висоти), а також розміри її окремих частин, тобто встановити пропорційну залежність між частинами деталі;

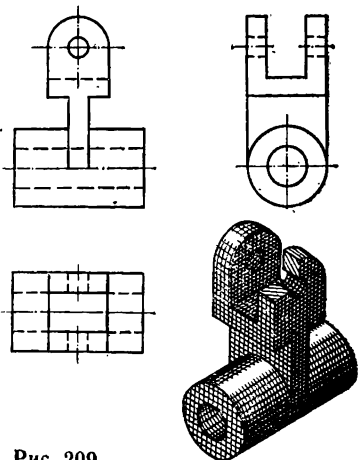


Рис. 209

в) з'ясувати конструктивну суть деталі, уміти розчленити її на прості геометричні форми;

г) установити потребу розрізу, якщо деталь має внутрішні порожнини;

д) залежно від конструкції деталі вибрати вид аксонометрії;

е) продумати композицію рисунка.

Залежно від форми деталі можуть бути різні способи раціональної побудови обрисів рисунка. Послідовність побудови деталі за її заготовкою зрозуміла з рис. 206, *a—г*. Можна виконувати рисунок деталі й методом побудови (нарощування) дрібних елементів до більших (рис. 207, *a—д*). Послідовність виконання рисунка тоді, коли геометричні елементи деталі розміщені на одній внутрішній конструктивній осі (осі обертання або осі симетрії), зображено на рис. 208, *a—в*. На рис. 209 зображено виконання рисунка деталі за її кресленням.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. В якій послідовності виконують технічний рисунок деталі?
2. Як поділити кут на дві, три, чотири рівні частини?
3. Як побудувати від руки «на око» кути у 30, 45, 60, 75°?
4. Побудуйте рівнобічну трапецію в ізометрії і диметрії.
5. Побудуйте коло в ізометрії і диметрії, яке лежить у площинах Π_1 і Π_3 .
6. Побудуйте в ізометрії і диметрії трикутну призму, вісь якої перпендикулярна до площини Π_3 .
7. Побудуйте в ізометрії і диметрії шестикутну піраміду, вісь якої перпендикулярна до площини Π_2 .
8. Побудуйте в ізометрії і диметрії прямий круговий конус, вісь якого перпендикулярна до площини Π_2 .
9. Передайте штрихуванням світлотінь на призмі, піраміді і конусі.
10. Виконайте з натури кілька рисунків технічних деталей.

МАШИНОБУДІВНЕ КРЕСЛЕННЯ

§ 17. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

17.1. Вироби і їх складові частини

Виробом називається будь-який предмет або група предметів, виготовлених на підприємстві.

Залежно від призначення їх поділяють на вироби основного і допоміжного виробництва. До *виробів основного виробництва* належать ті, які призначені для реалізації. *Вироби допоміжного виробництва* використовує для власних потреб підприємство, яке їх виготовляє. Наприклад, якщо підприємство виготовляє двигуни, інструменти, кріпильні деталі для реалізації, то ці вироби слід віднести до виробів основного виробництва; але якщо інструменти або кріпильні деталі призначені не для реалізації, а використовуються для потреб самого підприємства, то їх відносять до категорії виробів допоміжного виробництва.

За ГОСТ 2.101—68 вироби поділяють на такі види (рис. 210): деталі, складальні одиниці, комплекси і комплекти. Залежно від наявності або відсутності в них складових частин вироби поділяють на *неспецифіковані* (деталі), які не мають складових частин, і *специфіковані* (складальні одиниці, комплекси, комплекти), що складаються з двох або більшої кількості складових частин.

Деталь — це виріб, виготовлений з однорідного за назвою і маркою матеріалу, без застосування складальних операцій, наприклад: валик з одного куска металу, литий корпус, пластина з біметалевого листа, маховичок з пластмаси (без арматури), відрізок кабеля, гвинт хромований, зварена з одного листа металу труба тощо. Частина деталі, що має певне призначення, називається елементом деталі. Елементами деталей є фаски, різьба, галтелі, проточки, пази, отвори (рис. 211), гнізда, шліци, бобишки та ін.

Складальна одиниця — це виріб, окремі частини якого повинні бути з'єднані між собою на підприємстві, яке їх виготовляє, за допомогою складальних операцій. Складальними операціями є зварювання, паяння, загвинчування, зшивання, запресовування, склеювання, розвальцьовування тощо.

Комплекси — це два або більше специфікованих виробів, не з'єднаних між собою на підприємстві, що їх виготовляє, за допомогою складальних операцій, але які призначені для виконання взаємозв'язаних експлуатаційних функцій, наприклад: потокова лінія верстатів, автоматична телефонна станція, бурильна установка, корабель, метеорологічна ракета і пускова установка до неї тощо. До комплексу, крім виробів, які виконують основні функції, можуть також входити деталі

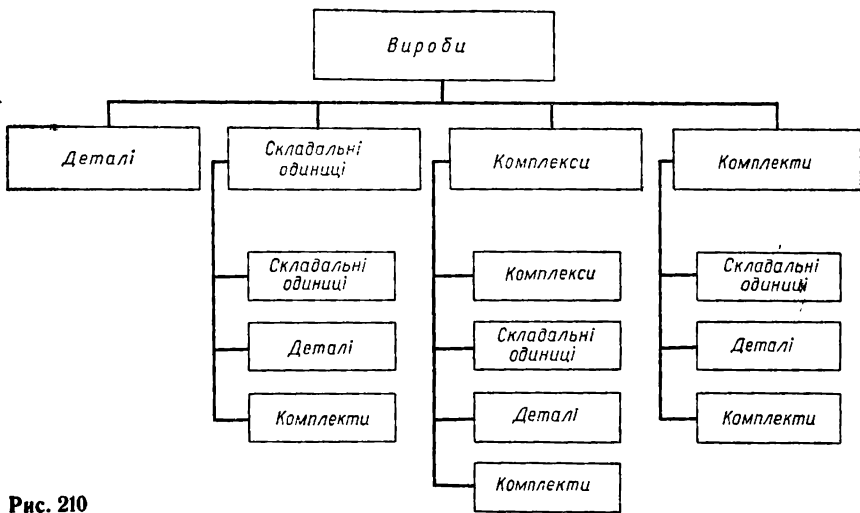


Рис. 210

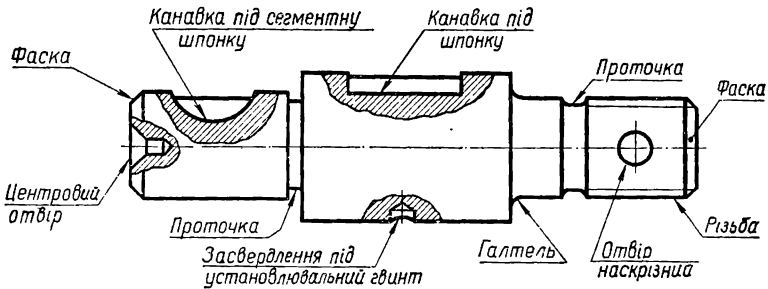


Рис. 211

і складальні одиниці, призначені для монтажу комплексу на місці його експлуатації, комплекти запасних частин та ін.

Комплект — це два або більше виробів, не з'єднаних між собою на підприємстві, яке їх виготовляє. Це набір виробів, що мають загальне експлуатаційне призначення допоміжного характеру, наприклад: комплект запасних частин, комплект інструменту, комплект вимірювальної апаратури і т. д.

17.2. Види і комплектність конструкторських документів

За ГОСТ 2.102—68 до конструкторських документів належать графічні і текстові документи, які визначають склад та будову виробу і мають необхідні дані для його виготовлення, контролю, приймання, експлуатації і ремонту. Наведемо деякі основні для загального машинобудування види конструкторських документів.

Креслення деталі — документ, що містить зображення деталі та інші дані, потрібні для її виготовлення і контролю.

Складальне креслення — документ, що містить зображення виробу та інші дані, потрібні для його складання (виготовлення) і контролю.

Креслення загального вигляду — документ, що визначає конструкцію виробу, взаємодію його складових частин і пояснює принципи 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.

Пояснювальна записка — документ, на якому подано опис будови і принципу дії виробу, а також наведено обґрунтування прийнятих при його розробці технічних та техніко-економічних рішень.

Технічні умови — документ, що містить вимоги до виготовлення, контролю та приймання виробу, які недоцільно показувати в інших конструкторських документах.

Крім перелічених, до конструкторських документів належать різні таблиці, розрахунки, відомості тощо.

Залежно від способу виконання і характеру використання конструкторські документи поділяють на оригінали, вихідні креслення, дублікати і копії.

Оригінали — це документи, виконані на будь-якому матеріалі і призначені для виготовлення за ними вихідних креслень.

Вихідні креслення — документи, оформлені справжніми підписами і виконані на будь-якому матеріалі, який дає змогу знімати з них копії.

Дублікати — це копії вихідних креслень, які повністю ідентичні з ними і виконані на матеріалі, що дає змогу знімати з них копії.

Копії — документи, виконані способом, який забезпечує повну їх ідентичність з вихідними кресленнями або дублікатами. Копії призначені для безпосереднього використання на виробництві, в умовах експлуатації, ремонту виробу тощо.

Якщо документи призначено для одноразового використання на виробництві, дозволяється виконувати їх в ескізованому виді.

Залежно від стадії розробки конструкторські документи поділяють на проектні і робочі. За ГОСТ 2.103—68 («Стадії розробки») 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. Технічний проект є основою для розробки робочої документації.

Робоча документація призначена безпосередньо для виготовлення, контролю і ремонту виробів та їх складових частин.

§ 18. ЗОБРАЖЕННЯ — ВИГЛЯДИ, РОЗРІЗИ, ПЕРЕРІЗИ (ГОСТ 2.305—68)

18.1. Загальні положення

Креслення виробу повинно з вичерпною повнотою передавати його форму, розміри і містити всі дані для виготовлення і контролю.

Для побудови технічних креслень користуються способом прямокутного проектування. Основними площинами проєкцій вважають шість граней порожнистого куба, усередині якого уявно розміщують предмет і проєктують його на внутрішні грані куба. Отже, маємо шість основних площин проєкцій (рис. 212, а): дві фронтальні (1 і 6), дві горизонтальні (2 і 5) і дві профільні (3 і 4). З цих площин найчастіше застосовують фронтальну 1, горизонтальну 2 і профільну 3.

Спроєктувавши предмет, розрізають куб по ребрах і розгортають його так, щоб усі грані сумістилися з фронтальною площиною, як показано на рис. 212, б. Внаслідок цього утворюється плоске комплексне креслення.

Зображення на фронтальній площині проєкцій вважають головним. Предмет треба розміщувати відносно фронтальної площини проєкцій так, щоб при вдалому використанні поля креслення якнайповніше виявити форму і розміри предмета. Правильний вибір головного зображення зумовлює і мінімальну кількість потрібних зображень. На вибір головного зображення впливає ряд конструктивних і технологічних факторів (див. § 20.2).

Залежно від змісту зображення поділяють на вигляди, розрізи і перерізи. Кількість їх повинна бути найменшою, але водночас і достатньою для створення повного уявлення про зображуваний предмет. При цьому слід використовувати умовні позначення, знаки, написи, встановлені відповідними стандартами.

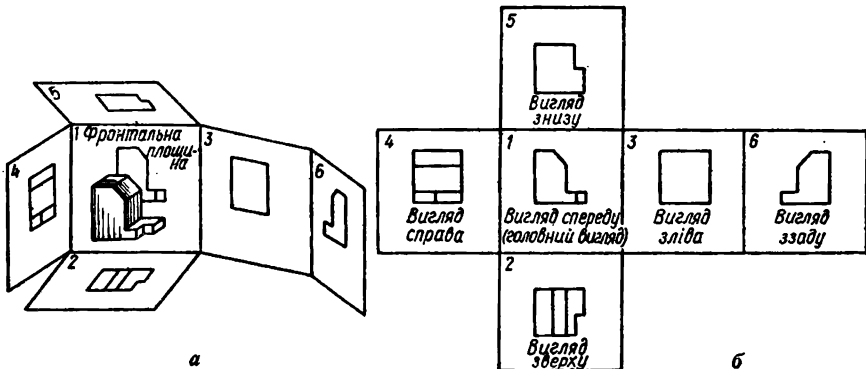


Рис. 212

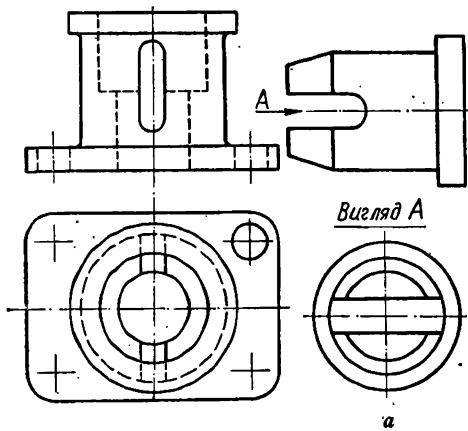


Рис. 213

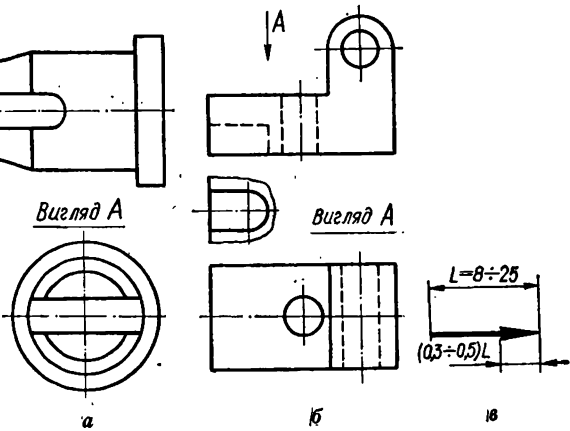


Рис. 214

18.2. Вигляди

Виглядом називають зображення повернутої до спостерігача видимої поверхні предмета (рис. 213).

Якщо треба пояснити креслення, то на вигляді штриховими лініями показують невидимі контури предмета. Це дає змогу зменшити кількість зображень.

Вигляди поділяють на основні, додаткові і місцеві.

Основними називають вигляди, утворені проектуванням на шість основних площин проєкцій. Кожний з них має назву (рис. 212, б) залежно від того, на яку з площин проєкцій спроєктовано предмет.

За основу побудови завжди беруть вигляд спереду — головний вигляд предмета. Кожний з інших виглядів має відносно головного своє певне місце: вигляд зверху розміщують під головним, вигляд зліва — праворуч від головного, вигляд знизу — зверху над головним (рис. 212, б) і т. д.

Якщо креслення виконано на одному аркуші паперу і основні вигляди розміщено у взаємному проєкційному зв'язку, то їх не надписують. Винятком з цього правила може бути:

а) зміщення якогось вигляду відносно головного зображення з міркувань кращого використання поля креслення (рис. 214, а), зменшення формату тощо;

б) розміщення якогось іншого зображення між головним і заданим виглядом (рис. 214, б);

в) розміщення вигляду не на одному аркуші з головним зображенням.

У всіх цих випадках вигляд супроводять написом типу «Вигляд А», а напрям погляду показують стрілкою з тією самою великою буквою (рис. 214, а, б). Розміри цієї стрілки повинні відповідати рис. 214, в.

Додатковими називають вигляди, утворені внаслідок проектування на довільну площину, не паралельну основним площинам проєкцій.

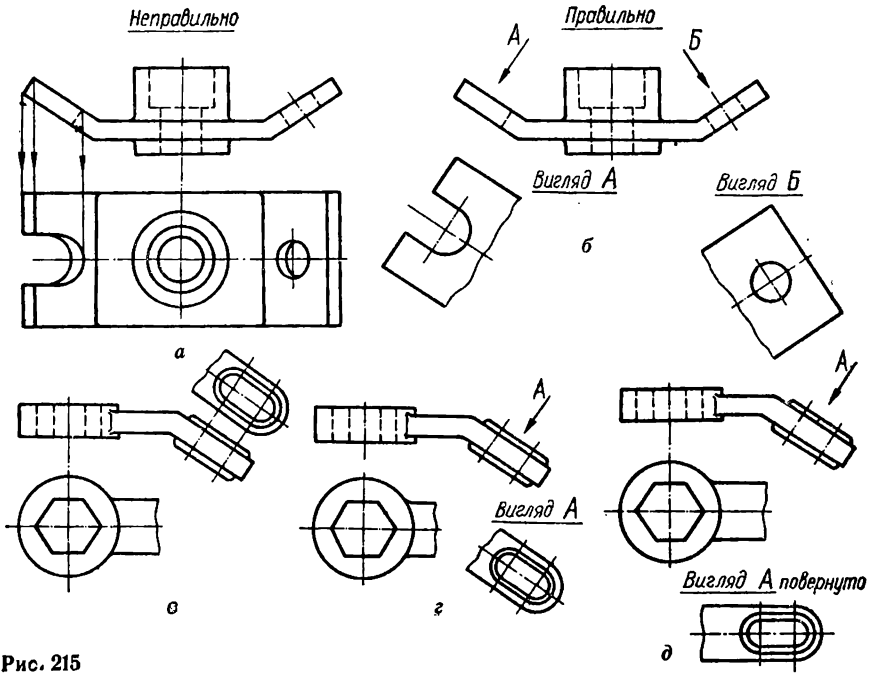


Рис. 215

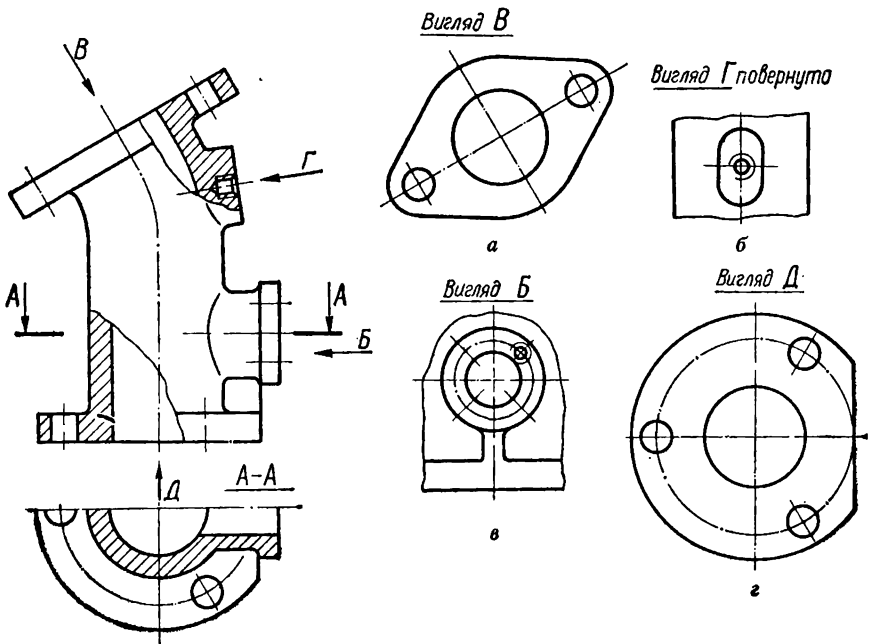


Рис. 216

Використовують ці вигляди тоді, коли частина предмета нахилена до основних площин проєкцій і зображується на них у спотвореному (рис. 215, а) вигляді. Додаткову площину розміщують паралельно нахиленому елементу деталі і проєктують його на цю площину в натуральну величину, без спотворення (рис. 215, б; 216, а).

Додаткові вигляди надписують «Вигляд А», «Вигляд Б» (рис. 215, в), а напрям погляду позначають стрілкою з тією самою великою буквою. Якщо додатковий вигляд розміщений у безпосередньому проєкційному зв'язку з відповідним зображенням, то стрілку не показують і напису не ставлять (рис. 215, в). Як правило, розміщення додаткового вигляду має відповідати показаному стрілкою напрямку (рис. 215, г); розміщують його поблизу зображуваної частини предмета. Додатковий вигляд можна повертати, але при цьому слід зберігати положення, яке предмет має на головному зображенні. До напису в цьому разі додають слово «повернуто» (рис. 215, д і 216, б).

Місцевим виглядом називають зображення окремої, обмеженої частини поверхні предмета. Місцеві вигляди роблять для того, щоб виявити форму і розміри якогось невеликого елемента деталі, наприклад отвору, фланця, приливу тощо. Місцевий вигляд утворюють проєкуванням цього елемента на одну з основних площин проєкцій (рис. 216, в).

Розміщують місцеві вигляди довільно на полі креслення, без проєкційного зв'язку з основним зображенням, але так, щоб вони були ближче до місця розташування і відповідали положенню елемента на основному зображенні. Місцеві вигляди обмежують хвилястою лінією обриву, а в деяких випадках не обмежують (рис. 216, г). Надписують їх так само, як і додаткові вигляди.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть основні площини проєкцій. Яким способом проєкування користуються в кресленні?
2. Що називається виглядом і як їх поділяють?
3. Назвіть основні вигляди. Як вони розміщені на комплексному кресленні?
4. В яких випадках слід надписувати основні вигляди і як саме?
5. Які вигляди називаються додатковими? Як їх треба розміщувати на кресленні і надписувати?
6. Які вигляди називаються місцевими? Як їх треба розміщувати на кресленні і надписувати?

18.3. Розрізи

Креслення повинно давати повне уявлення про зовнішню і внутрішню форму виробу. Як відомо, внутрішню форму предмета можна показати на вигляді штриховими лініями (рис. 213). Проте коли вона складна, на вигляді буває багато штрихових ліній, які, перекриваючи одна одну, затемнюють креслення й утруднюють його читання. Щоб розкрити внутрішню будову предмета, в кресленні користуються способом розрізів. Суть його в тому, що зображуваний предмет (рис. 217) умовно розсікають однією або кількома площинами (σ), частину (B) предмета, ближчу до спостерігача, умовно відкидають, а ту, що залишилася (A), проєктують на відповідну площину проєкцій.

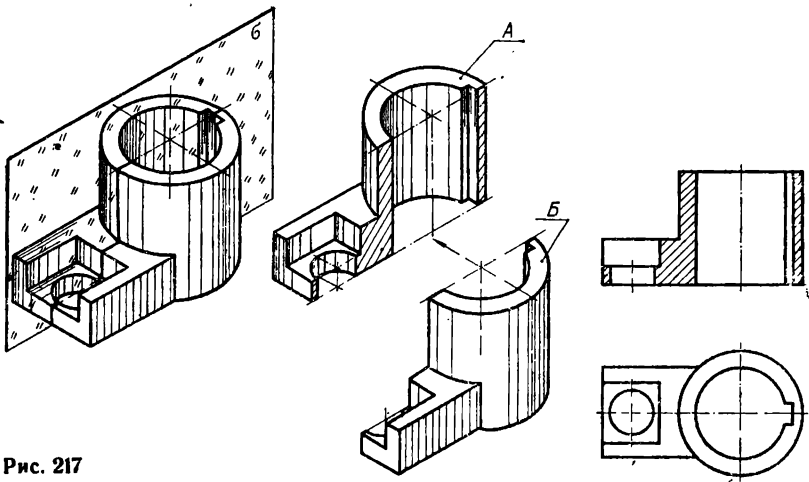


Рис. 217

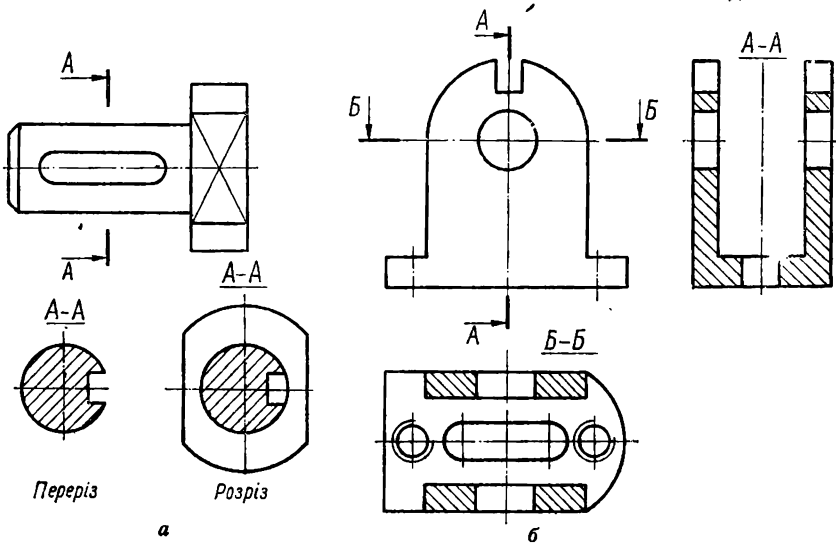


Рис. 218

Розрізом називається зображення предмета, умовно розітнутого однією або кількома площинами.

На розрізі показують те, що розміщено в січній площині і за нею. Внутрішні обриси деталі на розрізі показують суцільними основними лініями, як і видимий контур предмета. Те, що попадає в січну площину, називають *перерізом* і виділяють штриховкою. Місця, де січна площина проходить через порожнини, не заштриховують.

Треба добре уявити собі різницю між розрізом і перерізом (рис. 218, а). *Переріз* — це плоска фігура, яка зображує лише те, що міститься в самій січній площині. Переріз входить як складова частина до кожного розрізу, хоч може бути і самостійним зображенням.

Отже, щоб подати розріз, треба:

- а) у потрібному місці предмета провести січну площину;
- б) частину предмета, розміщену між спостерігачем і січною площиною, умовно відкинути;
- в) частину, що залишилася, спроектувати на відповідну площину проєкцій і зобразити на місці одного з основних виглядів або на вільному полі креслення;
- г) оформити розріз, якщо потрібно, відповідним написом.

Слід пам'ятати, що розріз є умовним зображенням, бо при виконанні розрізу тільки уявно проводять січну площину і уявно відкидають частину предмета, розміщену між спостерігачем і січною площиною. Умове розсічення стосується тільки зображуваного розрізу і не змінює інших зображень предмета. Так, розріз, утворений на фронтальній площині проєкцій (рис. 217), не змінює вигляду зверху. На рис. 218, б розрізи виконано на місці виглядів зверху і зліва. Кожен з них утворений своєю січною площиною, паралельною площині проєкцій, причому ці площини між собою не зв'язані і один розріз від іншого не залежить.

Класифікація розрізів. Розрізи поділяють за такими ознаками:

1. Залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій розрізи поділяють на вертикальні, горизонтальні і похилі.

Горизонтальним називається розріз, утворений площиною, паралельною горизонтальній площині проєкцій. Найчастіше цей розріз розміщено на місці виглядів зверху або знизу. На рис. 219 деталь розсічено площиною σ , розміщеною паралельно горизонтальній площині проєкцій. Верхню частину *Б* деталі умовно відкинуто, а частину *В*, що залишилася, спроектовано в напрямі стрілки на горизонтальну площину проєкцій.

Вертикальним називається розріз, утворений січною площиною, перпендикулярною до горизонтальної площини проєкцій. Якщо січна площина паралельна фронтальній площині проєкцій, то вертикальний розріз називають *фронтальним*; якщо ж вона паралельна профільній площині проєкцій, то розріз називають *профільним*. Як правило, ці розрізи розміщують на місці основних виглядів: фронтальний — на місці вигляду спереду (рис. 217), профільний — на місці виглядів зліва або справа (рис. 220 і 218, б).

Для утворення профільного розрізу (рис. 220) деталь умовно розсікають площиною, паралельною профільній площині проєкцій. Ліву частину *А* деталі відкидають, а праву *Б*, що залишилася, проєктують за напрямом стрілки на профільну площину проєкцій.

Похилим називається розріз січною площиною, яка з горизонтальною площиною проєкцій утворює кут, відмінний від прямого (рис. 221). Ці розрізи застосовують у випадках, коли предмет має похило розташовані елементи. На рис. 221 вилку розсічено похилою площиною по лінії перерізу *А—А*. Похилий розріз проєктують на додаткову площину, паралельну січній, і зображення суміщують з площиною креслення. Розміщують похилі розрізи за напрямом проєктування, який показано стрілками, наприклад розріз *А—А* на рис. 221, б. Похилі

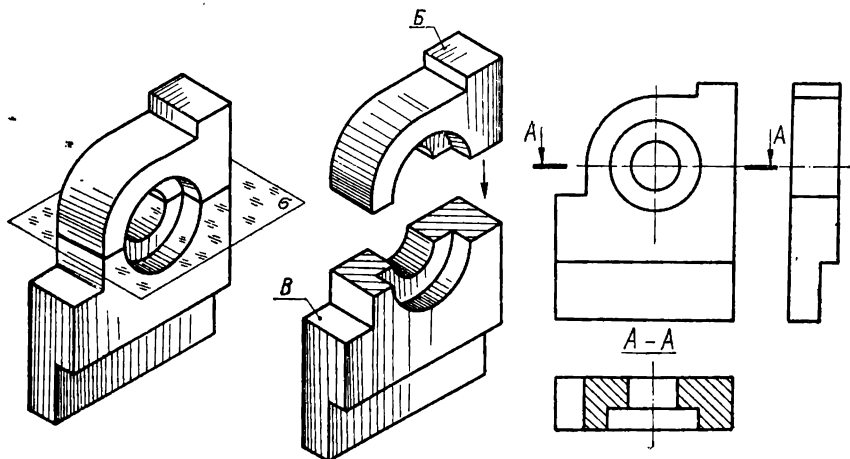


Рис. 219

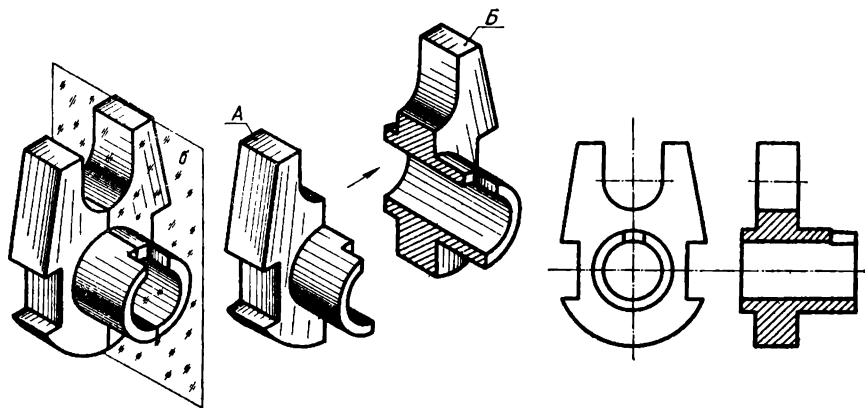


Рис. 220

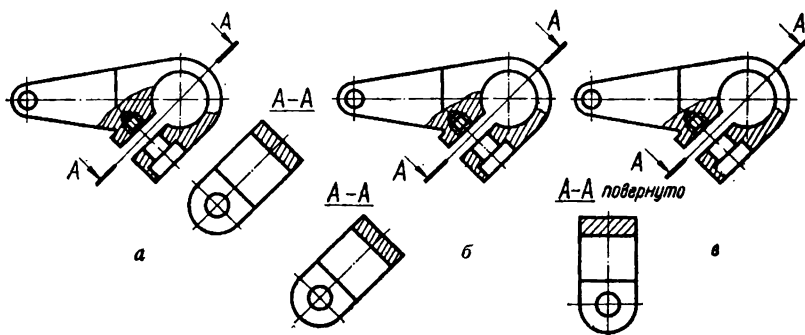


Рис. 221

розрізи можна розміщувати в зручнішому для читання положенні, додаючи до напису слово «повернуто» (рис. 221, *в*). Найдоцільніше зображення похилого розрізу показано на рис. 221, *а*.

2. Залежно від положення січної площини відносно основних вимірів предмета розрізи поділяють на поздовжні і поперечні.

Розріз називається *поздовжнім*, якщо січна площина напрямлена вздовж довжини або висоти предмета (рис. 217), і *поперечним*, якщо січна площина напрямлена перпендикулярно до довжини або висоти предмета (рис. 218, *а*; 219).

3. Залежно від кількості січних площин розрізи поділяють на прості й складні.

Простим називають розріз, утворений однією січною площиною. Усі наведені вище розрізи є простими.

Складним називають розріз, утворений двома або більшою кількістю січних площин. Ці розрізи поділяють на ступінчасті і ламані.

Ступінчастим називають складний розріз, утворений паралельними січними площинами. На рис. 222 розріз виконано трьома паралельними фронтальними січними площинами. Передню частину *В* деталі умовно відкинута, а частину *В*, що залишилася, зображено в розрізі на місці вигляду спереду. Розріз виконано так, ніби зображення, що містяться на трьох паралельних площинах, суміщені в одну площину (без позначення меж кожної з площин).

Ламаним називають складний розріз, утворений непаралельними січними площинами, причому одна площина або кілька їх звичайно похилі до основних площин проєкцій (рис. 223). Ламаний розріз зображують так, ніби похила площина повернута у вертикальне або горизонтальне положення до суміщення з напрямом основної січної площини. Коли суміщені площини виявляються паралельними одній з основних площин проєкцій, ламаний розріз слід розміщати на місці відповідного вигляду. На рис. 223; 224, *б* похила площина повернута в профільне положення, а на рис. 224, *а* — у фронтальне. У першому випадку ламаний розріз розміщено на місці вигляду зліва, в другому — на місці вигляду спереду. Стрілкою на лінії перерізу показано напрям проєктування, а не напрям повороту січної похилої площини. Напрямок повороту може збігатися (рис. 224, *а*) або не збігатися (рис. 224, *б*) з напрямом проєктування.

При повертанні січної площини елементи деталі, які розташовані за нею, не повинні переміщатись на кут повороту. Інакше кажучи, ці елементи проєктуються так, як при звичайних простих вертикальних або горизонтальних розрізах (шпонковий паз і прямокутний виступ на рис. 224, *а*).

У ламаних розрізах перехід від однієї січної площини до іншої може бути й радіальним (рис. 224, *в*).

4. Залежно від повноти виконання розрізи поділяють на повні і місцеві. *Повним* розрізом називають зображення, що розкриває внутрішню будову предмета по всьому перерізу, тобто коли січна площина наскрізь перерізає предмет.

Місцевим розрізом називають зображення, що виявляє внутрішню будову деталі лише в окремому, обмеженому місці. Місцеві розрізи

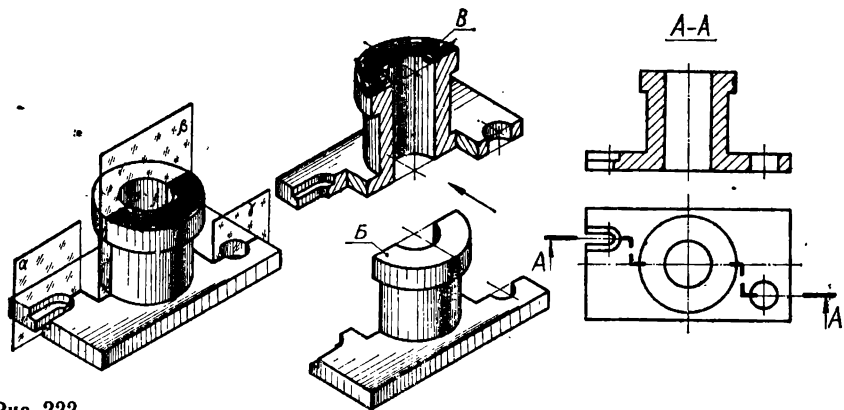


Рис. 222

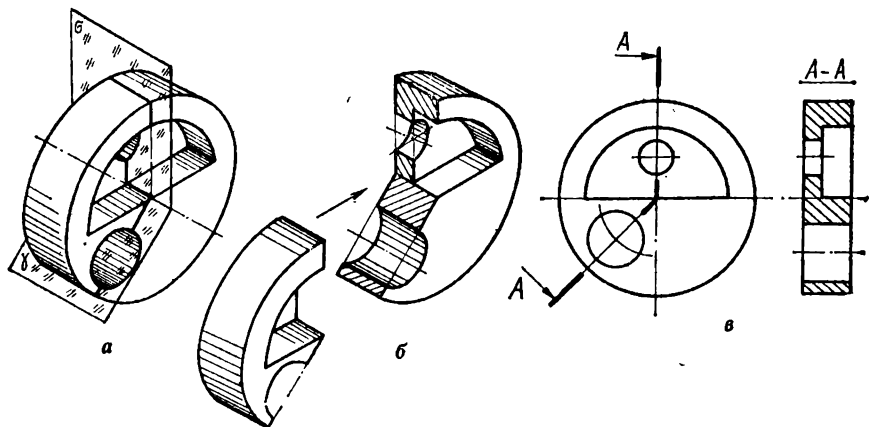


Рис. 223

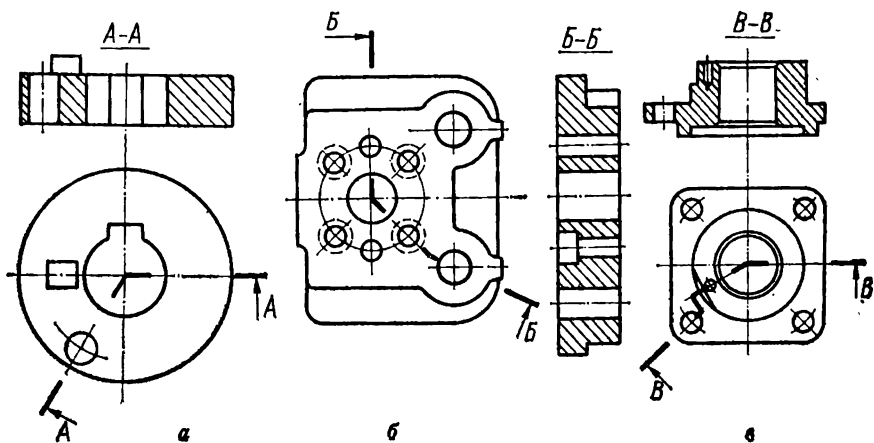


Рис. 224

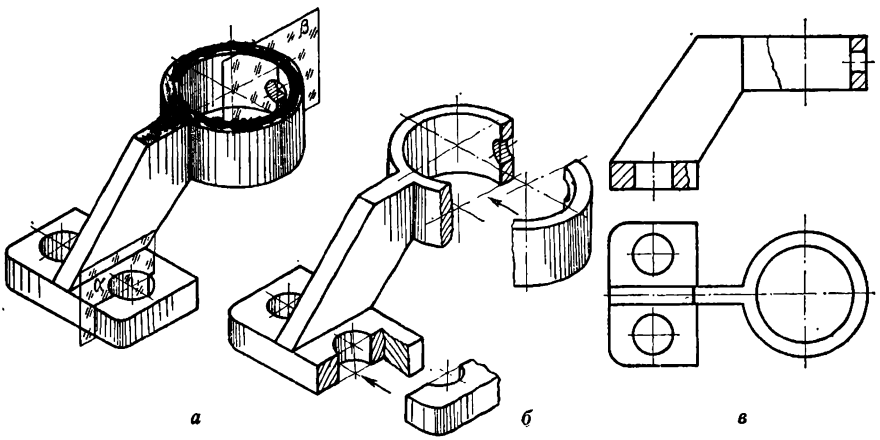


Рис. 225

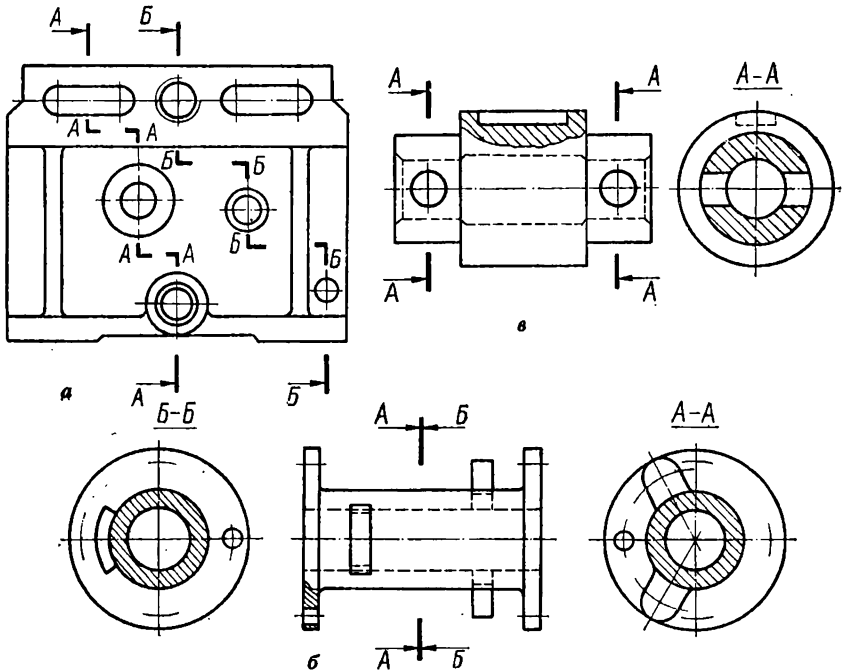


Рис. 226

відокремлюють від нерозрізаної частини деталі суцільною хвилястою лінією. Хвиляста лінія не повинна зливатися з контурною чи осью або іншою лінією зображення. На рис. 225 місцеві розрізи, виконані фронтальними площинами, дають змогу виявити отвори в плиті і визначити будову циліндричної частини деталі.

Позначення розрізів. Фронтальні і профільні прості розрізи найчастіше розміщують на місцях відповідних основних виглядів. Так,

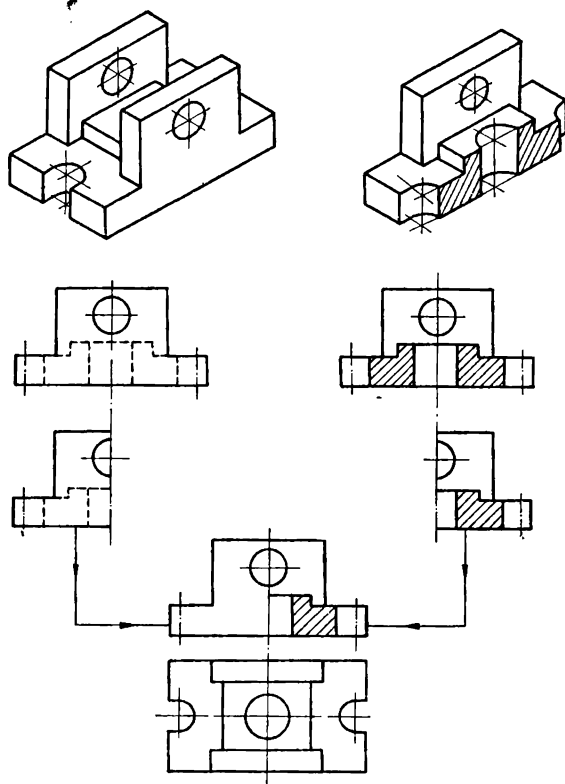


Рис. 227

фронтальний розріз розміщують на місці вигляду спереду (рис. 217), профільний — на місці вигляду зліва (рис. 218, б), а горизонтальний — на місці вигляду зверху (рис. 218, б і 219).

Якщо січна площина збігається з площиною симетрії всього предмета і відповідні розрізи розміщені на одному аркуші в проекційному зв'язку і не розділені якимись іншими зображеннями, то для горизонтальних, фронтальних і профільних розрізів положення січної площини не позначають і сам розріз не супроводять написом (рис. 217 і 220). Але якщо січна площина не збігається з площиною симетрії, то положення січної площини показують лінією перетину — слідом цієї площини на площині креслення.

Лінія перетину — це розімкнена лінія з початковими і кінцевими штрихами, на яких нанесено стрілки, що показують напрям проектування. Товщину штрихів розімкненої лінії беруть від s до $3/2s$, де s — товщина лінії видимого контура. Штрихи не повинні перетинати контур відповідного зображення. На початку і в кінці лінії перетину ставлять однакові великі букви російського алфавіту. Букви повинні бути більшого розміру, ніж цифри розмірних чисел на тому самому кресленні. Букви треба брати в алфавітному порядку, причому на одному кресленні вони не повинні повторюватись. Наносять їх біля

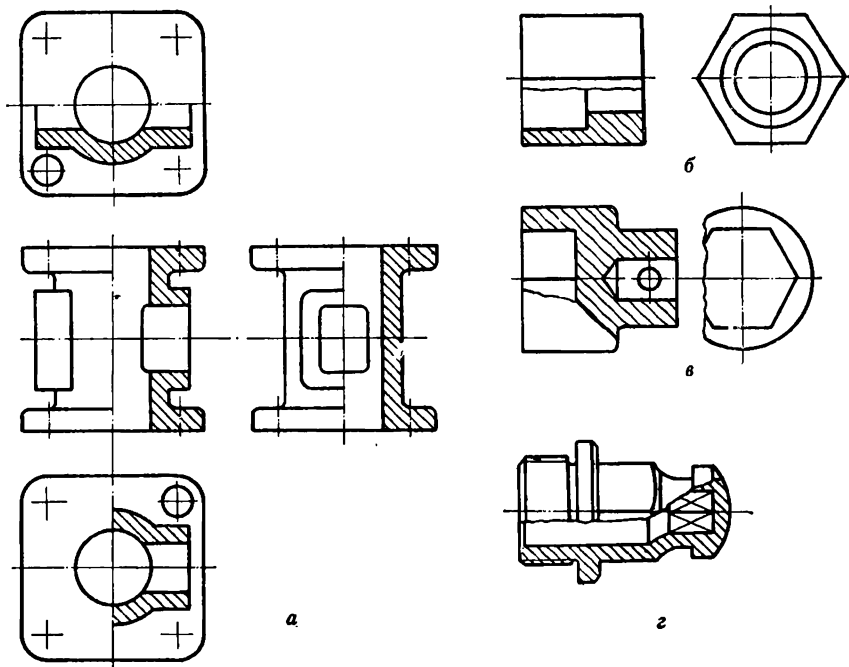


Рис. 228

стрілок з боку зовнішнього кута. Біля розрізу роблять напис, що складається з тих самих великих букв, через тире з рискою знизу (рис. 218 і 219).

Прості похилі розрізи позначають завжди. Букви, які ставлять біля штрихів, не повинні мати нахилу відповідно до напрямку самих штрихів, напис «А—А» пишуть горизонтально (рис. 221). При повертанні похилого розрізу до напису додають слово «повернуто» (рис. 221, в).

Складні розрізи також позначають завжди. Крім початкового і кінцевого штрихів, у місцях переходу однієї січної площини в іншу ставлять кутики без букв (рис. 222, 223). Букви проставляють лише на кінцевих штрихах розімкненої лінії, що мають стрілки. Коли ж на одному зображенні показано лінії перетину для кількох складних розрізів і є небезпека помилки, буквами позначають і місця перетину січних площин (рис. 226, а).

Місцеві розрізи, як правило, не позначають і не надписують (рис. 225).

При виконанні розрізів, що утворені однією січною площиною, але мають протилежний напрям проектування, дозволяється використовувати лише одну лінію перетину (рис. 226, б). Коли на одному зображенні треба показати два або більше однакових розрізів, позначення їх роблять так, як показано на рис. 226, в.

Поєднання частини вигляду з частиною розрізу. Щоб зменшити обсяг графічної роботи і зекономити площу креслення, застосовують

таку умовність: коли деталь проектується у вигляді симетричної фігури, можна поєднати в одному зображенні половину вигляду з половиною відповідного розрізу. Лінією розділення їх є вісь симетрії фігури, тобто штрих-пунктирна тонка лінія. На рис. 227 показано приклад поєднання половини вигляду спереду з половиною фронтального розрізу. Рисунок поетапно демонструє принцип утворення такого складного зображення. У таких випадках невидимий контур предмета штриховими лініями на вигляді не показують. На головному вигляді і на вигляді зліва розріз, як правило, розміщують праворуч від вертикальної осі симетрії, а на виглядах зверху і знизу — праворуч від вертикальної або знизу від горизонтальної осі (рис. 228, а).

Якщо контурна лінія креслення збігається з віссю симетрії, що може призвести до непорозуміння, межу між виглядом і розрізом роблять хвилястою лінією обриву. На рис. 228 показано, як проводити хвилясту лінію при наявності в деталі зовнішнього ребра (рис. 228, б), внутрішнього (рис. 228, в) або одночасно обох (рис. 228, г). Для несиметричних деталей лінією розділення частини розрізу і вигляду є лише хвиляста лінія, яку можна провести в будь-якому місці зображення.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Для чого на кресленні роблять розрізи? Що називається розрізом?
2. У чому різниця між розрізом і перерізом?
3. В якій послідовності виконують розріз предмета?
4. Чому розріз є умовним зображенням?
5. Як поділяють розрізи залежно від положення січної площини відносно горизонтальної площини проєкцій?
6. Як поділяють розрізи залежно від положення січної площини відносно основних вимірів предмета?
7. Як поділяють розрізи залежно від кількості січних площин?
8. Як поділяють розрізи залежно від повноти їх виконання?
9. Як виконують ступінчастий розріз? ламаний розріз?
10. Як виконують місцевий розріз?
11. В яких випадках треба позначати прості розрізи?
12. Що таке лінія перетину і як її позначають на кресленні?
13. Як позначають складні ступінчасті ламані розрізи?
14. В яких випадках частину вигляду поєднують з частиною розрізу? Як оформляють таке комбіноване зображення?
15. Як треба виконувати розрізи, коли ребро деталі збігається з осью лінією, що поєднує вигляд з розрізом?

18.4. Перерізи

Крім виглядів і розрізів на робочих кресленнях досить часто застосовують перерізи. За їх допомогою у тому чи іншому місці виявляють поперечну форму деталі. Суть цього способу наочно зображено на рис. 229. Для виявлення поперечної форми і глибини шпонкової канавки валик умовно розсічено площиною, перпендикулярною до його осі. Ця площина висунута і на ній видно фігуру, яка утворилася внаслідок розсічення. Щоб зобразити фігуру перерізу в натуральну величину, її повертають до положення, паралельного площині проєкцій.

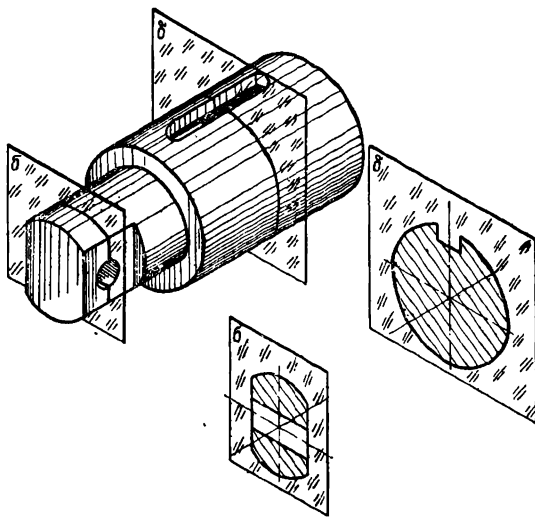


Рис. 229

Перерізом називають зображення фігури, яке утворюється при умовному пересіченні деталі однією або кількома площинами.

У перерізі показують лише те, що є в січній площині. Частина деталі, розташовану за січною площиною, у перерізі не показують.

Для утворення перерізу треба:

а) у належному місці креслення провести січну площину;
 б) фігуру, утворену в перерізі, повернути в положення, паралельне площині проєкції;

в) на вільному місці поля креслення побудувати переріз і в разі потреби оформити його написом.

Переріз, як і розріз, є зображенням умовним. Умовність полягає, по-перше, в тому, що січну площину проводять уявно, а по-друге, в тому, що фігура, утворена в перерізі, окремо від предмета не існує, але ми її умовно відриваємо і зображуємо на полі креслення.

Перерізи поділяють на такі, що входять до складу розрізів, і такі, що існують як самостійні зображення. Останні в свою чергу поділяють на винесені і накладені перерізи. *Перерізи називаються винесеними, якщо вони виконані окремо від відповідного зображення.* Їх обводять суцільною основною лінією і штрихують під кутом 45° до основного напису. Правила виконання і позначення лінії перетину, тобто сліду січної площини, ті самі, що й для розрізів (див. § 18.3).

Розглянемо деякі випадки виконання винесених перерізів:

1. Переріз являє собою симетричну фігуру, розміщену на продовженні сліду січної площини. У цьому випадку лінію перетину, що збігається з віссю симетрії самого перерізу, показують тонкою штрих-пунктирною лінією без позначень буквами і стрілками (рис. 230, а, б). Так само виконують симетричні перерізи, розміщені в розриві між частинами того самого зображення (рис. 230, г).

2. Перерізом є симетрична фігура, розташована на довільному місці креслення. У цьому разі лінію перетину позначають і сам переріз супроводять написом (рис. 230, б).

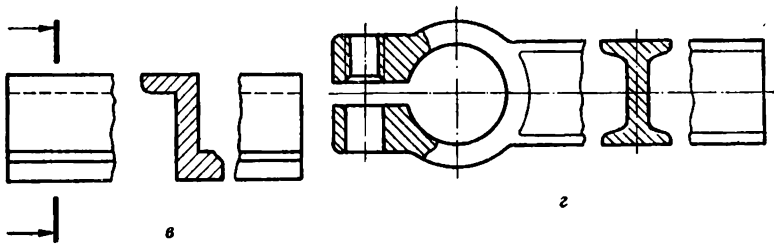
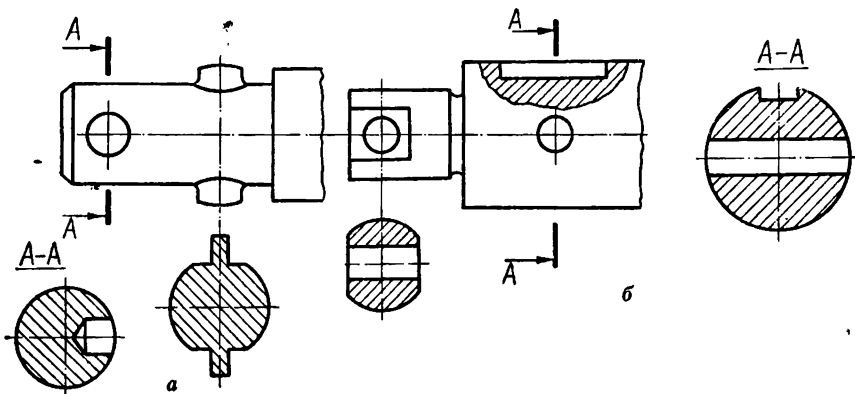


Рис. 230

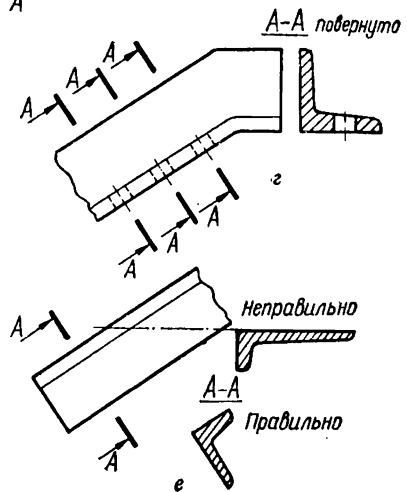
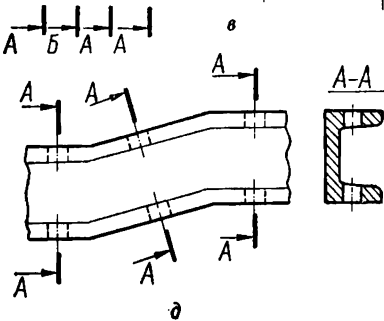
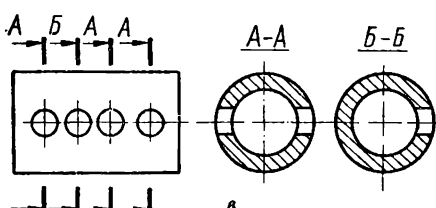
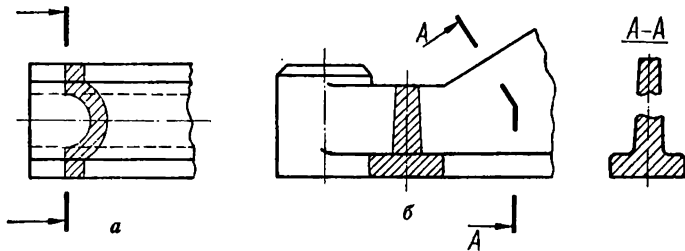


Рис. 231

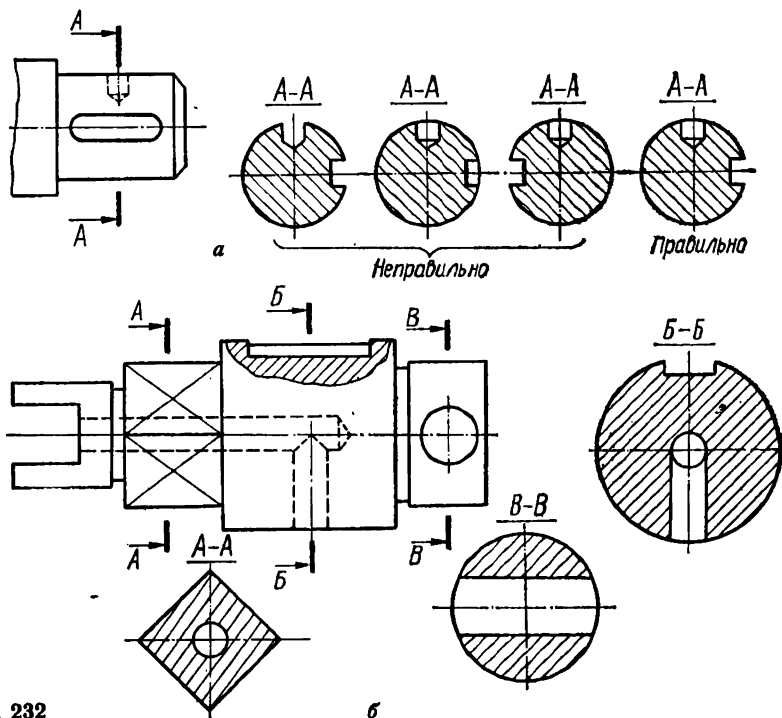


Рис. 232

3. Переріз являє собою несиметричну фігуру. У цьому випадку лінію перетину позначають і переріз супроводять написом (рис. 230, а). Коли несиметричний переріз розташований у розриві між частинами зображення, лінію перетину і стрілки проводять, але не позначають буквами і переріз не надписують (рис. 230, в).

Перерізи називаються накладеними, якщо вони розміщені на самому зображенні предмета. Накладені перерізи обводять тонкою суцільною лінією і заштриховують під кутом 45° до основного напису креслення. Буквених позначень на накладених перерізах не проставляють, а лінію перетину проводять лише тоді, коли форма цих перерізів несиметрична (рис. 231, а, б).

Винесені перерізи за своєю будовою і розташуванням повинні відповідати напрямку, показаному стрілками (рис. 230, а, б). Дозволяється розташовувати перерізи на будь-якому місці з повертанням зображення. У цьому випадку до напису додають слово «повернуто» (рис. 231, в).

Для кількох однакових перерізів, які належать одному предмету, лінії перетину позначають однією буквою і креслять лише один переріз (рис. 231, в—д). Якщо при цьому січні площини напрямлені під різними кутами, то напису «повернуто» не ставлять (рис. 231, д). Коли розташування однакових перерізів точно визначено зображенням і розмірами предмета, то дозволяється проводити лише одну лінію

перетину, а в написі показувати кількість однакових перерізів, наприклад: «А—А два перерізи».

Напря́м сі́чної площини повинен бути таким, щоб утворювались лише нормальні поперечні перерізи (рис. 231, е). Якщо в зв'язку з цим переріз виконують двома січними площинами (рис. 231, б), то його роблять не суцільним, а складеним з окремих частин.

Коли 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, бо зображують лінії, яких немає в січній площині (рис. 231, в; 232, а). Якщо ж січна площина проходить через некруглий отвір і переріз утворюється складеним з окремих, не зв'язаних між собою частин, то рекомендується виконувати не перерізи, а розрізи. На рис. 232, б показано виконання перерізів для ступінчастого валика.

18.5. Виносні елементи

Виносним елементом називається додаткове зображення частини предмета, яке виконують у більшому масштабі, ніж основне зображення.

У вигляді виносних елементів показують ті частини предмета або конструкції, які потребують додаткового пояснення щодо форми, розмірів та інших даних, бо їх важко прочитати на основному зображенні. Виносні елементи рекомендується виконувати на складні контури деталей, проточки, галтелі, розточки, профіль спеціальної різьби, зварювання, паяння тощо.

Части́ну предмета, яку треба показати у вигляді виносного елемента, виділяють на основному зображенні замкненою тонкою суцільною

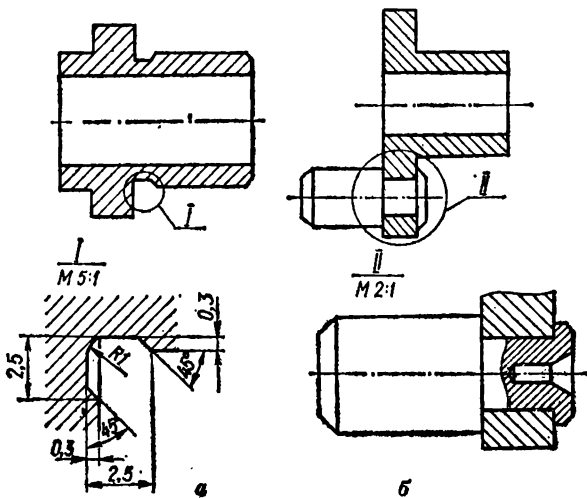


Рис. 233

лінією у вигляді кола (рис. 233, *а*). Від цієї лінії проводять лінію-виноску, на поличці якої проставляють римською цифрою порядковий номер виносного елемента. На виносному елементі цю частину предмета зображують з усіма подробицями і надписують за типом $\frac{I}{M2: I}$. Розташовувати виносний елемент слід якомога ближче до тієї частини предмета, яку він пояснює. Слід також звернути увагу на те, що виносні елементи можуть відрізнитися від основного зображення. Так, зображення може бути виглядом, а виносний елемент — розрізом (рис. 233, *б*) або навпаки.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що називається перерізом? В якій послідовності виконують переріз предмета?
2. Чому переріз є умовним зображенням?
3. Як поділяють перерізи?
4. Як виконують винесений переріз, якщо він являє собою симетричну фігуру? несиметричну фігуру?
5. Як виконують перерізи, розміщені в розриві між частинами зображуваного предмета?
6. Як виконують накладені перерізи?
7. Як виконують кілька однакових перерізів, що належать до одного предмета?
8. Як виконують перерізи, коли січна площина проходить через вісь поверхні обертання, що обмежує круглі отвори або заглибини?
9. Що називається виносним елементом? Як виконують виносні елементи?

18.6. Умовності і спрощення

При виконанні креслень слід урахувувати деякі умовності і спрощення, які рекомендує ГОСТ 2.305—68:

1. Коли вигляд, розріз або переріз є симетричною фігурою, дозволяється креслити лише половину зображення або трохи більше. У першому випадку межею зображення є вісь симетрії (рис. 234, *а*), а в другому — лінія обриву (рис. 234, *д*).

2. Якщо предмет має кілька однакових рівномірно розташованих елементів (отворів, зубців, пазів тощо), то на зображенні повністю показують лише один-два таких елементи, а решту показують спрощено або умовно (рис. 234, *б* — *г*, *е*). Допускається креслити лише частину предмета з відповідним написом про кількість цих елементів, їх розташування тощо (рис. 234, *е*).

3. Проекції лінії перетину поверхонь можна показувати спрощено, якщо за умовами виготовлення предмета точна її будова не потрібна. Так, замість лекальних кривих проводять дуги кола або прямі лінії (рис. 235, *а*, *б*); плавний перехід від однієї поверхні до іншої показують умовно (рис. 235, *в*) або зовсім не показують (рис. 235, *г*, *д*). Дозволяється робити спрощення при кресленні перетину прямокутних або інших отворів з циліндричною поверхнею, коли її розміри порівняно незначні (рис. 235, *е*, *є*) або коли перетинаються дві циліндричні поверхні (рис. 235, *ж*). Для порівняння на рис. 235, *е*, *є*, *ж* наведено нормальні і спрощені зображення.

4. Конусність або уклон незначної величини дозволяється зображати із збільшенням. На тих зображеннях, де конусність або уклон

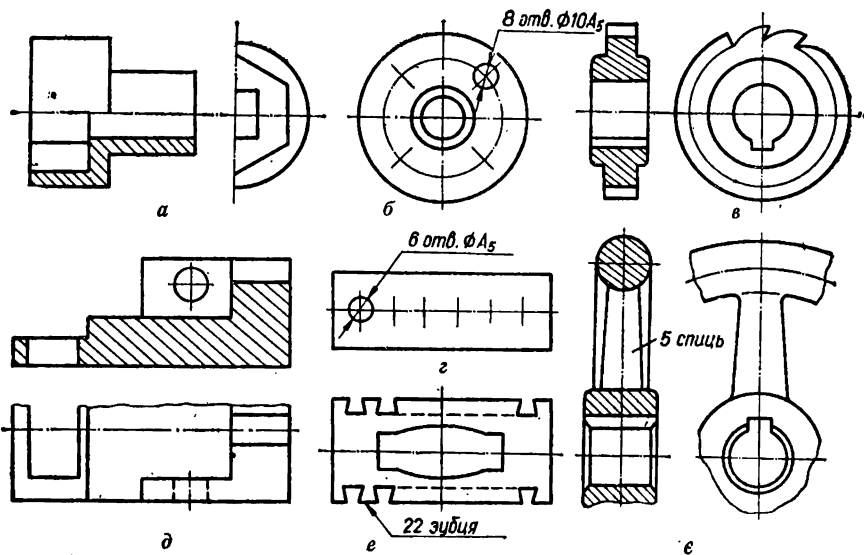


Рис. 234

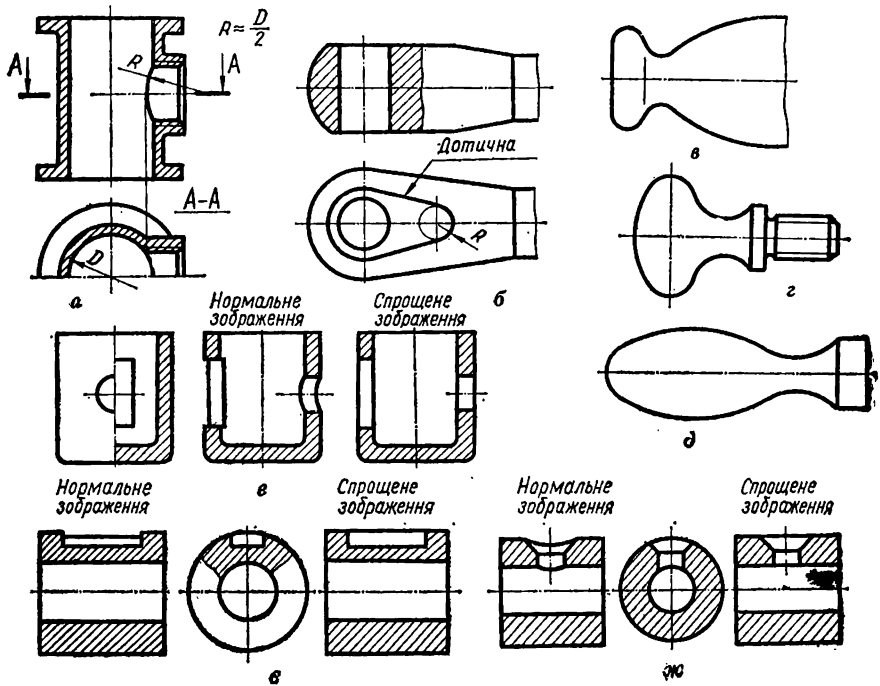


Рис. 235

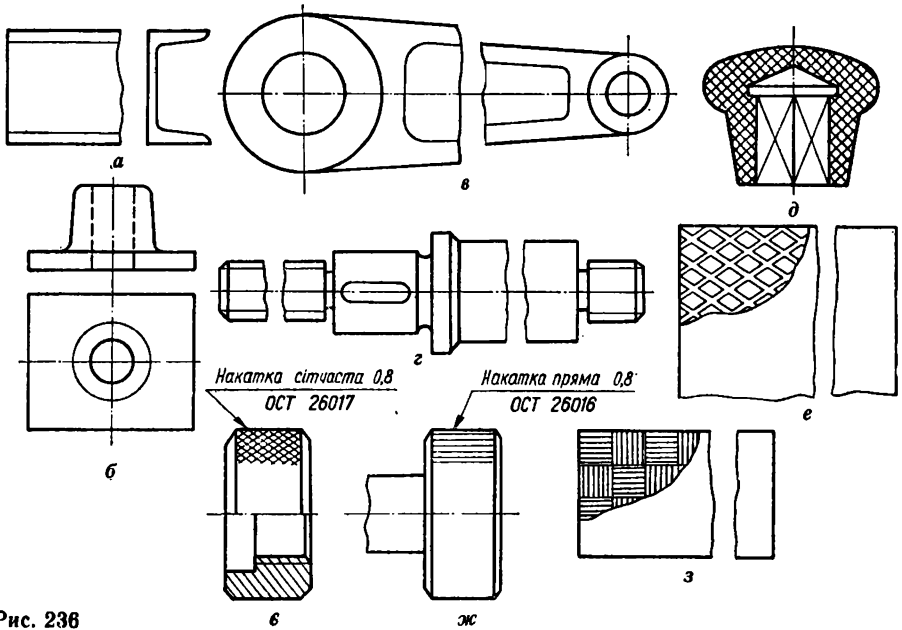


Рис. 236

чітко не виявлені, наприклад на головному вигляді рис. 236, а або на вигляді зверху рис. 236, б, слід проводити лише одну тонку лінію, що відповідає розміру елемента з уклоном або меншій основі конуса.

5. Довгі предмети або елементи з незмінним поперечним перерізом чи з таким, що змінюється закономірно (вали, ланцюги, шатуни, прутки, фасонний прокат тощо), допускається креслити з розривами (рис. 236, в, з).

6. Якщо на зображенні треба виділити плоскі поверхні предмета, то на них суцільними тонкими лініями проводять діагоналі (рис. 236, д).

7. Коли на поверхні предмета є суцільна сітка, плетиво, орнамент, рельєф, накатка тощо, допускається зображати їх лише частково з можливим спрощенням (рис. 236, е — ж). На рис. 236, е, ж показано, як виконують на зображенні деталі сітчасту і пряму накатки.

8. Такі деталі, як гвинти, болти, заклепки, шпонки, штифти, кульки, непустотілі вали, шатуни, рукоятки і т. п., у поздовжньому розрізі умовно показують нерозсіченими. У поперечному розрізі ці деталі показують розсіченими і штрихують за загальними правилами. Спиці зубчастих коліс, маховиків, шківів, тонкі стінки, ребра жорсткості тощо, коли січна площина напрямлена вздовж осі або довгої сторони такого елемента, показують розсіченими, але не штрихують і відокремлюють від основної частини предмета суцільною основною лінією (рис. 237, а, з). Якщо в таких деталях є місцеві свердління, заглибини і т. п., то роблять місцевий розріз. Так, на рис. 237, б за допомогою місцевого розрізу зображено шпонкову канавку на валу, на рис. 237, а — отвір на ребрі жорсткості, а на рис. 237, в — різьбовий отвір у валу.

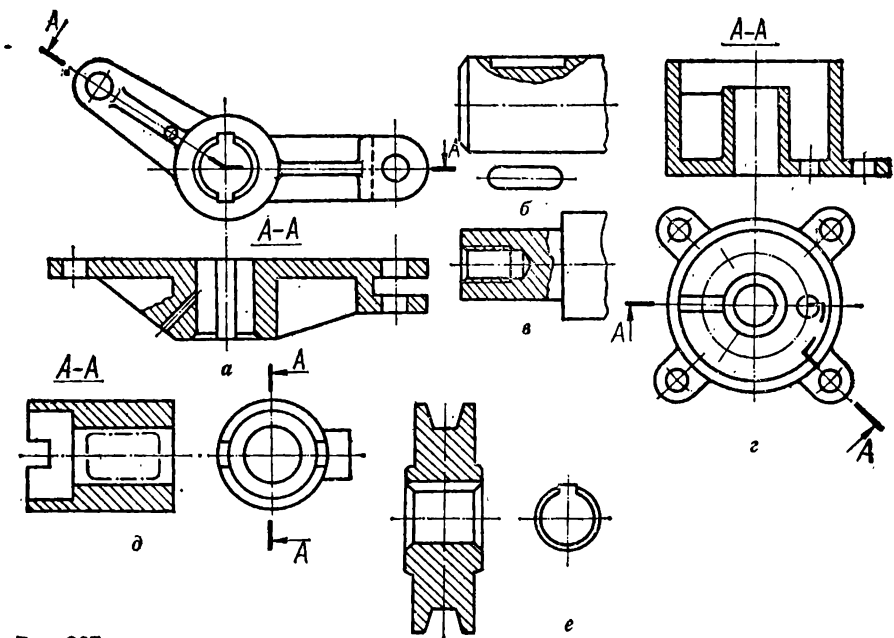


Рис. 237

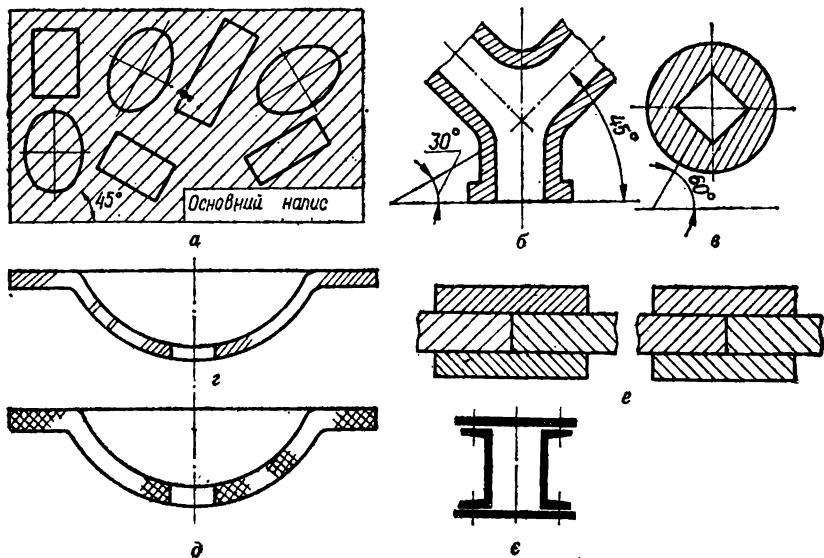


Рис. 238

9. Для спрощення креслення і зменшення кількості зображень допускається:

а) частину предмета, розташовану між спостерігачем і січною площиною, показувати безпосередньо на розрізі потовщеною штрихпунктирною лінією («накладена проекція» — рис. 237, д);

б) робити складні розрізи (рис. 237, а, з);

в) замість повного зображення давати лише контур отвору, паза, якщо треба показати отвори в маточинах коліс, шпонкові пази у валах тощо (рис. 237, б, е);

г) показувати в розрізі отвори, коли вони розташовані на круглому фланці і не попадають у січну площину.

18.7. Штриховка в розрізах і перерізах

Перерізи, незалежно від того, чи є вони окремими зображеннями, чи входять до складу розрізу, виділяють на кресленні штриховкою. Деталі можуть бути виготовлені з різних матеріалів, кожний з яких за ГОСТ 2.306—68 має певний тип штриховки (табл. 6).

Штриховку виконують під кутом 45° до рамки креслення (рис. 238, а). Якщо в цьому випадку лінії штриховки зливаються з напрямом ліній контуру, дозволяється виконувати її під кутом 30° або 60° (рис. 238, б, в). Лінії штриховки можна наносити з нахилом праворуч або ліворуч, але обов'язково в один бік для всіх розрізів і перерізів однієї деталі. Відстань між лініями штриховки повинна бути в межах 1—10 мм (залежно від матеріалу і площі штриховки). Для металу можна рекомендувати відстань 2—4 мм, а для цегли і бетону — 4—10 мм. Довгі і вузькі площадки, ширина яких на кресленні становить 2—4 мм, рекомендується штрихувати від руки і не повністю, а лише так, як показано на рис. 238, з, д. Вузькі площадки завтовшки до 2 мм дозволяється в перерізах затушовувати, залишаючи просвіт між суміжними деталями (рис. 238, е). На рис. 238, е зображено штриховку кількох суміжних деталей з одного матеріалу.

Таблиця 6

Умовна штриховка матеріалів (ГОСТ 2.306—68)

Метали і тверді сплави		Бетон армований	
Неметалеві матеріали		Скло та інші прозорі матеріали	
Дерево в поперечному перерізі		Рідини	
Дерево в поздовжньому перерізі		Грунт	
Фанера		Пісок, азбестоцемент, гіпсові вироби, розчин, абразив тощо	
Бетон неармований			

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яку умовність застосовують при зображенні симетричних фігур?
2. Як зображати предмет, що має кілька однакових рівномірно розташованих елементів?
3. Як зображують предмети, що мають уклон або конусність незначної величини?
4. Як показують у розрізі болти, гвинти, вали, шатуни, шпильки?
5. Як зображують у розрізі ребра жорсткості або тонкі стінки?
6. Що називається накладеною проекцією?
7. Як штрихують у розрізі метал? пластмасу? цеглу? скло? залізобетон?

Вправа 1. Виконайте завдання картки програмованого контролю з теми «Вигляди». Відповіді складіть самостійно (наприклад, на перше запитання відповіддю буде — «Головний вигляд»). Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми «Вигляди»

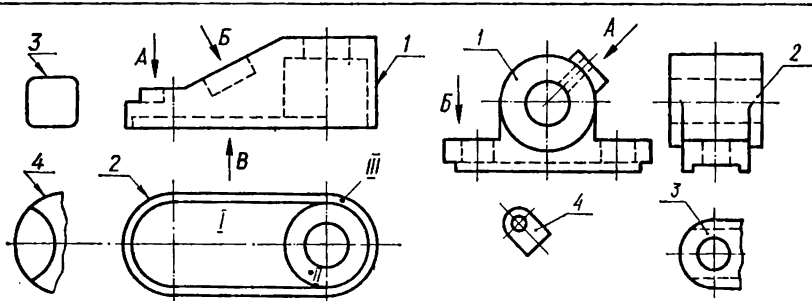


Рис. 1

Рис. 2

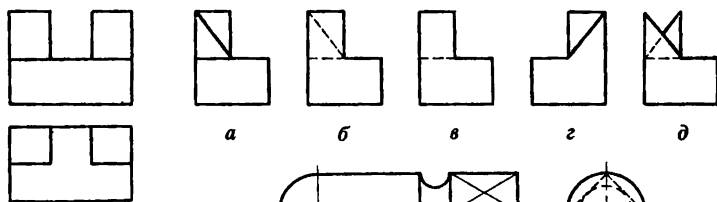


Рис. 3

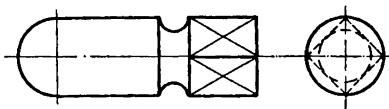


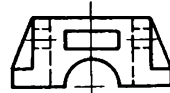
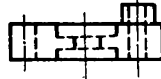
Рис. 4

1. Як називається зображення 1 (рис. 1)?
2. Як називається зображення 2 (рис. 1)?
3. Як називається зображення 3 (рис. 2)?
4. Скільки додаткових виглядів виконано на рис. 1 і 2?
5. Скільки місцевих виглядів виконано на рис. 1 і 2?
6. Як треба підписати зображення 3 (рис. 1)?
7. Скільки основних виглядів виконано на рис. 1 і 2?
8. Як треба підписати зображення 4 (рис. 2)?
9. Які вигляди зліва (а — д) відповідають фігурі, виконаній на рис. 3?
10. З яких простих геометричних тіл складається деталь рис. 4?
11. Які з точок I, II, III, що лежать на деталі, найбільш віддалені від площини проєкції Π_1 (рис. 1)?

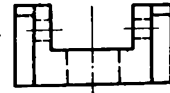
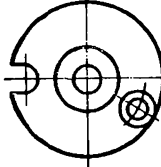
Вправа 2. Виконайте завдання картки програмованого контролю з теми «Розрізи». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми „Розрізи“

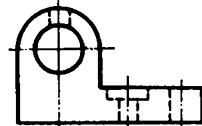
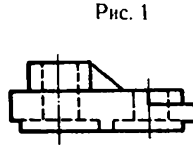
1. Який розріз доцільно зробити на рис. 1?



2. Який розріз доцільно зробити на рис. 2?



3. Який розріз доцільно зробити на рис. 3?



4. Як називається розріз А — А на рис. 4?

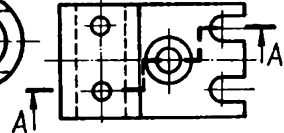
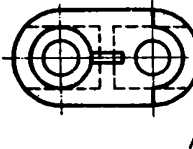


Рис. 1

Рис. 2

5. На якому рисунку (рис. 1—4) слід зробити поєднання вигляду з розрізом?

6. На якому рисунку (рис. 1—4) розріз можна не позначати?

7. На якому рисунку (рис. 1—4) елемент деталі, що попадає в розріз, штрихувати не слід?

8. Скільки січних площин має розріз на рис. 4?

9. Як називається розріз, виконаний на рис. 5?

10. На якому з рисунків (рис. 6—9) напис розрізу зроблено правильно?

11. Яка з точок на рис. 10 (1; 2; 3; 8) лежить ближче до спостерігача?

12. Яка з точок на рис. 10 (4; 5; 6; 7) лежить найвище?

13. Виконайте ступінчастий розріз по А — А (рис. 11).

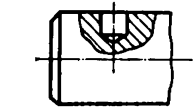


Рис. 5

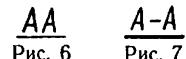


Рис. 6



Рис. 7



Рис. 8



Рис. 9

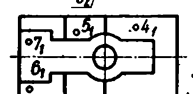
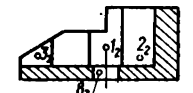


Рис. 10

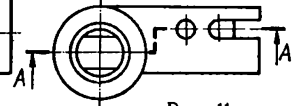
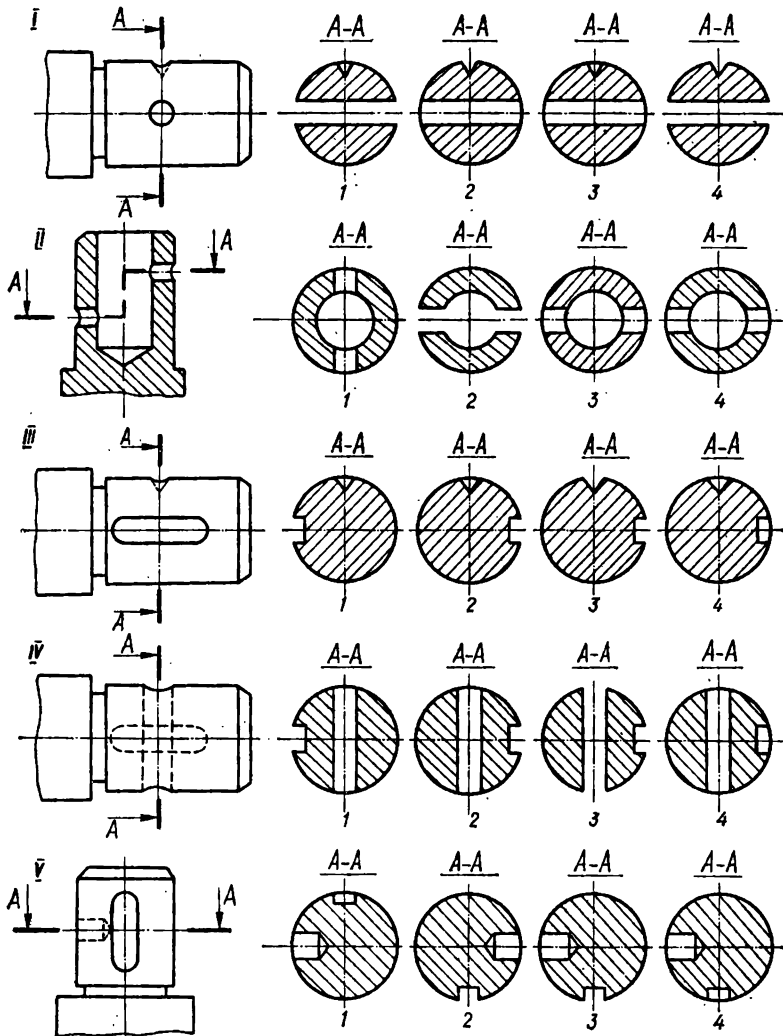


Рис. 11

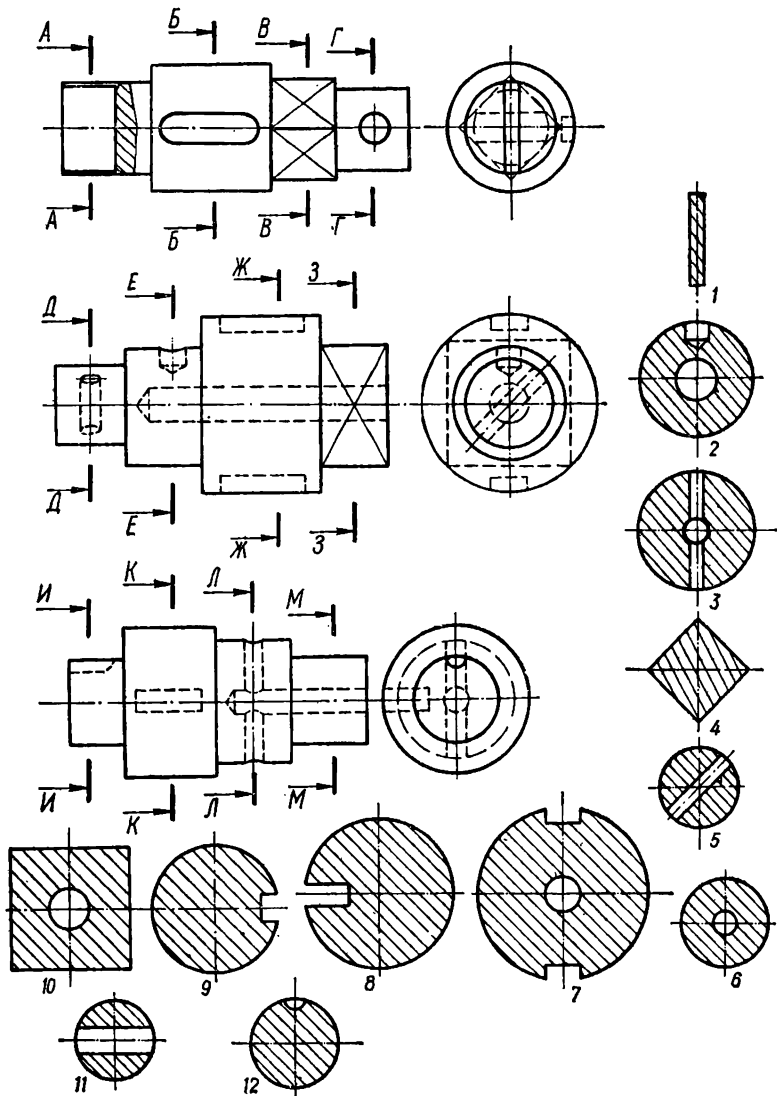
Вправа 3. Виконайте завдання картки програмованого контролю з теми «Перерізи». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю № 1 з теми „Перерізи“

На яких рисунках переріз деталей зображено правильно?



Які перерізи відповідають лініям перетину А — А; Б — Б; В — В; ...



19.1. Гвинтова лінія

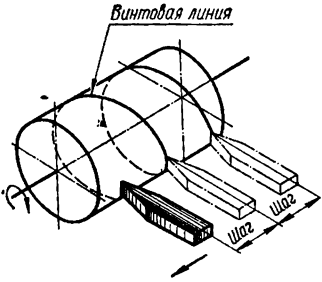


Рис. 239

У техніці широко застосовують з'єднання деталей за допомогою гвинтової різьби. В основу утворення різьби покладено гвинтову лінію. Якщо в патроні токарного верстата закріпити циліндр і підвести до нього різець, то при рівномірному обертанні циліндра і рівномірно-поступальному переміщенні різця його кінець накреслить на циліндричній поверхні гвинтову лінію (рис. 239).

Отже, циліндрична гвинтова лінія — це просторова крива, яку описує точка при одночасному рівномірному обертанні навколо осі циліндра і рівномірному переміщенні по його твірній.

Частина гвинтової лінії між точками A_1 і A_9 (рис. 240, а), що відповідає одному повному оберту твірної циліндра, називається витком. Перший виток починається в точці A_1 , другий — в точці A_9 і т. д. Відстань між двома найближчими точками, в яких гвинтова лінія перетинає ту саму твірну циліндра, називається кроком P гвинтової лінії.

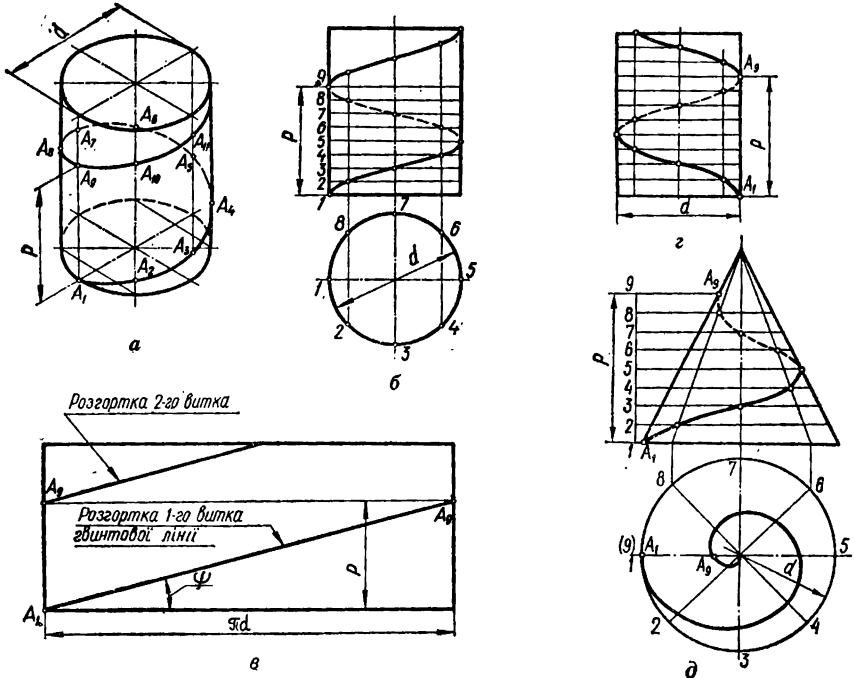


Рис. 240

Для побудови гвинтової лінії треба задати діаметр d циліндра і крок P (рис. 240, б). Коло основи циліндра поділяють на кілька рівних частин, наприклад на вісім, і через точки поділу проводять проєкції твірних циліндра. По висоті відкладають крок P гвинтової лінії і ділять його на ту саму кількість рівних частин. Перетин фронтальних проєкцій твірних з відповідними горизонтальними прямими, проведеними через точки поділу кроку, дають точки гвинтової лінії. Фронтальна проєкція гвинтової лінії є синусоїда. На розгортці циліндричної поверхні (рис. 240, в) гвинтова лінія зображується прямою, що є гіпотенузою трикутника, основа якого дорівнює довжині πd кола циліндра, а висота — кроку P . Кут ψ між основою і гіпотенузою називається *кутом підйому гвинтової лінії* ($\operatorname{tg} \psi = \frac{P}{\pi d}$). Довжину одного витка можна визначити за формулою $l = \sqrt{(\pi d)^2 + P^2}$.

Гвинтові лінії бувають правого і лівого напрямку. Права гвинтова лінія (рис. 240, б) характеризується підйомом видимих частин витків зліва направо, а ліва (рис. 240, в) — справа наліво.

Гвинтова лінія на конічній поверхні (рис. 240, д) на вигляді спереду проєктується в затухаючу синусоїду, а на вигляді зверху — в спіраль Архімеда.

19.2. Гвинтова різьба

Якщо по гвинтовій лінії прорізати канавку, то різальні кромки різця утворюють гвинтову поверхню. Форма її залежить від форми головки різця. Теоретично утворення різьби можна собі уявити так: плоску фігуру (трикутник, трапецію, квадрат тощо) переміщують по поверхні

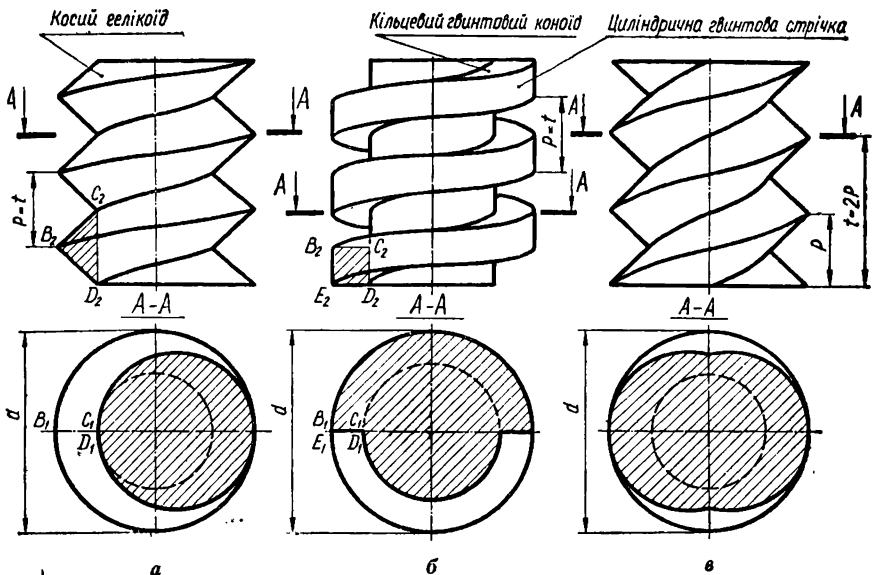


Рис. 241

циліндра так, щоб вершини фігури переміщалися по гвинтових лініях, а її площина проходила через вісь циліндра. Утворюється гвинтовий виступ, обмежений гвинтовими і циліндричними поверхнями.

Отже, *різьба* — це поверхня, утворена при гвинтовому переміщенні плоского контура по циліндричній або конічній поверхні.

Сукупність циліндра з утвореним гвинтовим виступом називається *гвинтом*.

На рис. 241, а, б зображено гвинти з трикутною і квадратною різьбою. Сторони *BC* і *BD* трикутника утворюють гвинтові поверхні, які називаються косими гелікоїдами, сторони *BC* і *ED* квадрата утворюють поверхні кільцевого гвинтового коноїда, а сторона *BE* — циліндричну гвинтову стрічку.

Якщо на поверхні циліндра одночасно переміщати не один, а два, три або більше плоских профілей, рівномірно зміщених по колу один відносно одного, то можна утворити гвинти відповідно з двома (рис. 241, в), трьома або більше заходами. У двозаходовій різьбі трикутні профілі зміщені один відносно одного на 180° . Число заходів гвинта легко визначити на його торцевій поверхні.

19.3. Класифікація різьб

На рис. 242 подано класифікацію різьб за різними ознаками. Різьба називається циліндричною, якщо вона утворена на циліндричній поверхні, і конічною — якщо на конічній. Різьбу поділяють на зовнішню і внутрішню залежно від того, на якій поверхні деталі (зовнішній чи внутрішній) її утворено. За числом заходів різьби поділяють на одну і багатозаходові (двозаходові, тризаходові і т. д.). Права різьба утворюється контуром, що обертається за годинниковою стрілкою і при цьому переміщається вздовж осі в напрямку від спостерігача. Ліва різьба утворюється таким самим контуром, який обертається проти годинникової стрілки. Характеристику різьби за формою профілю і призначенням подано нижче.

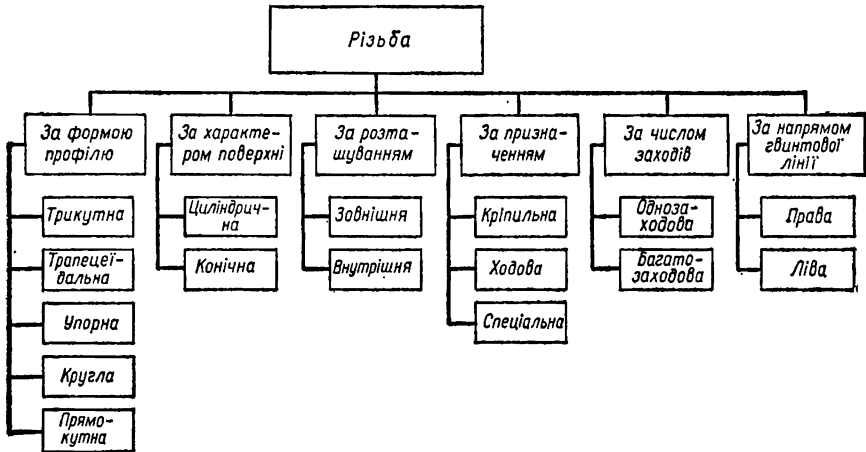


Рис. 242

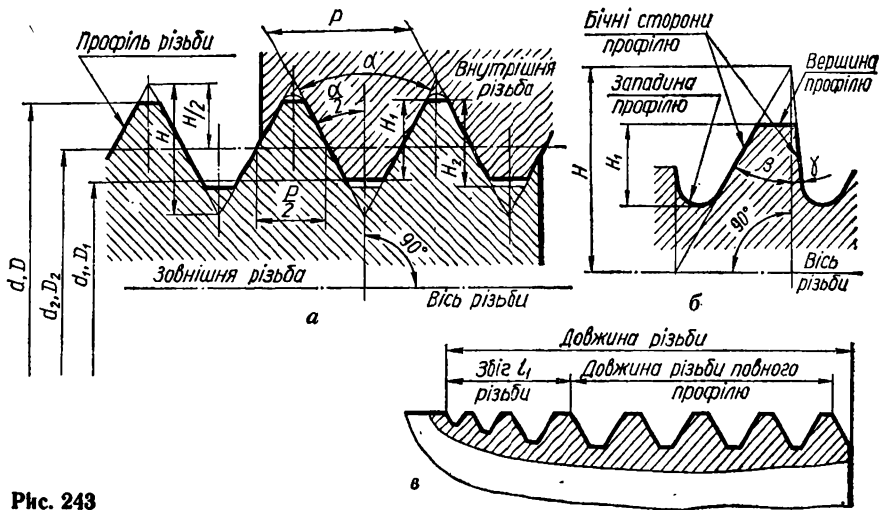


Рис. 243

19.4. Основні параметри різьби (ГОСТ 11708—66)

На рис. 243, а в збільшеному вигляді в осьовому, поздовжньому перерізі зображено профіль трикутної різьби, а на рис. 243, б — упорної різьби. *Вершина, западина, бічні сторони* — елементи профілю кожної різьби. Розглянемо основні параметри профілю різьби (малими латинськими буквами d позначають діаметри зовнішньої різьби, а великими D — внутрішньої):

1. *Зовнішній діаметр різьби* d, D — діаметр уявного циліндра, описаного навколо вершин зовнішньої різьби або западин внутрішньої; d, D — номінальний діаметр різьби.

2. *Внутрішній діаметр* d_1, D_1 — діаметр уявного циліндра, вписаного в западини зовнішньої різьби або у вершини внутрішньої різьби.

3. *Середній діаметр різьби* d_2, D_2 .

4. *Крок різьби* P — відстань між сусідніми однойменними бічними сторонами профілю, виміряна паралельно осі циліндра.

5. *Хід різьби* t — відстань між найближчими однойменними бічними сторонами профілю однієї і тієї ж гвинтової поверхні, виміряна паралельно осі циліндра. Хід різьби — це величина відносного осьового переміщення гвинта чи гайки за один повний оберт. Для однозаходової різьби $t = P$, а для багатозаходової $t = nP$.

6. *Кут профілю різьби* α — кут між бічними сторонами профілю.

7. *Висота вихідного (теоретичного) профілю* H — висота гострокутного профілю, утворена продовженням бічних сторін до взаємного їх перетину.

8. *Висота профілю* H_2 — відстань між вершиною і западиною з'єднання в напрямку, перпендикулярному до осі різьби.

9. *Робоча висота профілю* H_1 — висота дотикання сторін профілю зовнішньої та внутрішньої різьб у напрямку, перпендикулярному до осі різьби.

$$H=0,86603P; H_1=0,54125P$$

$$H=0,96049P; h=0,640327P; R=0,137329P$$

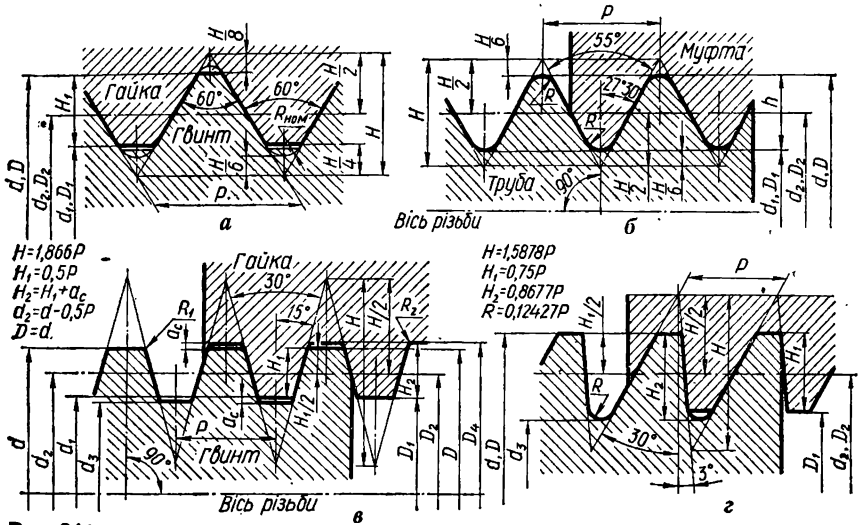


Рис. 244

10. Збіг різьби l_1 (рис. 243, в) — ділянка неповного профілю в зоні переходу від різьби до гладенької частини деталі.

$$11. \text{Кут підйому різьби } \tan \psi = \frac{t}{\pi d_2} = \frac{nP}{\pi d_2}.$$

19.5. Характеристика стандартних різьб загального призначення

Метрична різьба (рис. 244, а). Основні розміри різьби дає ГОСТ 9150—59, діаметри і кроки встановлює ГОСТ 8724—58 (табл. 7), а допуски на метричну різьбу — ГОСТ 16093—70.

Метрична різьба є основним типом кріпильної різьби, прийнятої в СРСР. Вона має профіль рівностороннього трикутника з кутом $\alpha = 60^\circ$, вершини якого зрізані на величину $H/8$, а западини притуп-

Таблиця 7

Деякі діаметри і кроки метричних різьб за ГОСТ 8724—58, мм

Крок	Діаметр								
	12	14	16	18	20	22	24	27	30
Великий	1,75	2	2	2	2,5	2,5	2,5	3	3,5
Дрібний	1,5; 1; 1,25; 0,75; 0,5	1,5; 1,25; 1; 0,75; 0,5	1,5; 1; 0,75; 0,5	1,5; 1; 0,75; 0,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5	2; 1,5; 1; 0,75; 0,5	2; 1,5; 1; 0,75	2; 1,5; 1; 0,75	3; 2; 1,5; 1; 0,75

лені або заокруглені на відстані $H/6$ від теоретичного профілю трикутника. Метричну різьбу виконують з великим і дрібним кроком для діаметрів 1—68 мм і тільки з дрібним кроком для діаметрів 70—600 мм. Різьбу 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.

Трубна циліндрична різьба (рис. 244, б) за ГОСТ 6357—73 має профіль рівнобедреного трикутника з кутом α при вершині 55° . Вершини і западини трикутника зрізані і заокруглені на висоті $H/6$ від теоретичного профілю. Вимірюють трубну різьбу в дюймах. Номінальний діаметр трубної різьби — величина умовна, бо при позначенні цієї різьби ставлять розмір не зовнішнього діаметра, як на всіх інших різьбах, а величину так званого умовного проходу труби, яка наближено дорівнює її внутрішньому діаметру. Так, трубна різьба з номінальним розміром 1" має зовнішній діаметр різьби 33,249 мм, а величину умовного проходу труби — 25 мм. Стандарт охоплює трубні різьби з діаметром 1/8 — 6". Допуски для трубної різьби беруть за ГОСТ 6357—73.

До ходових різьб, які застосовуються для передавання руху, відносять різьби трапецеїдальну, упорну і з прямокутним профілем.

Трапецеїдальна різьба (ГОСТ 9484—73) має профіль правильної рівнобічної трапеції з кутом α при вершині 30° (рис. 244, в). Стандарт охоплює трапецеїдальні різьби з діаметром 10—640 мм. Для кожного діаметра за стандартом є три різних кроки — великий, середній і дрібний. Так, різьба діаметром 60 мм має кроки 12; 8 і 3 мм. Допуски для трапецеїдальної різьби беруть за ГОСТ 9562—75.

Упорна різьба (ГОСТ 10177—62) має профіль нерівнобічної трапеції, один бік якої нахилений до вертикалі під кутом 30° , а другий бік — під кутом 3° (рис. 244, г). Для кожного діаметра стандартом передбачено три різних кроки, які за розмірами такі самі, як і для трапецеїдальної різьби. Допуски дає ГОСТ 10177—62.

19.6. Умовне зображення різьби

На кресленнях різьбу умовно зображують за правилами, установленними ГОСТ 2.311—68.

На стержні різьбу зображують суцільними основними лініями по зовнішньому діаметру і суцільними тонкими — по внутрішньому (рис. 245, а). На виглядах, паралельних осі стержня, суцільну тонку лінію проводять на всю довжину різьби без збігу. Ця лінія повинна перетинати межу фаски. На виглядах, перпендикулярних до осі стержня, суцільну тонку лінію проводять на $\sim 3/4$ довжини дуги кола, причому ця лінія може бути розірвана в будь-якому місці (рис. 245, а).

В отворі різьбу 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 різьби без збігу (рис. 245, б). При зображенні на площині, перпендикулярній до осі отвору, суцільною тонкою лінією проводять $\sim 3/4$ довжини дуги кола, розриваючи її в будь-якому місці. Невидиму різьбу

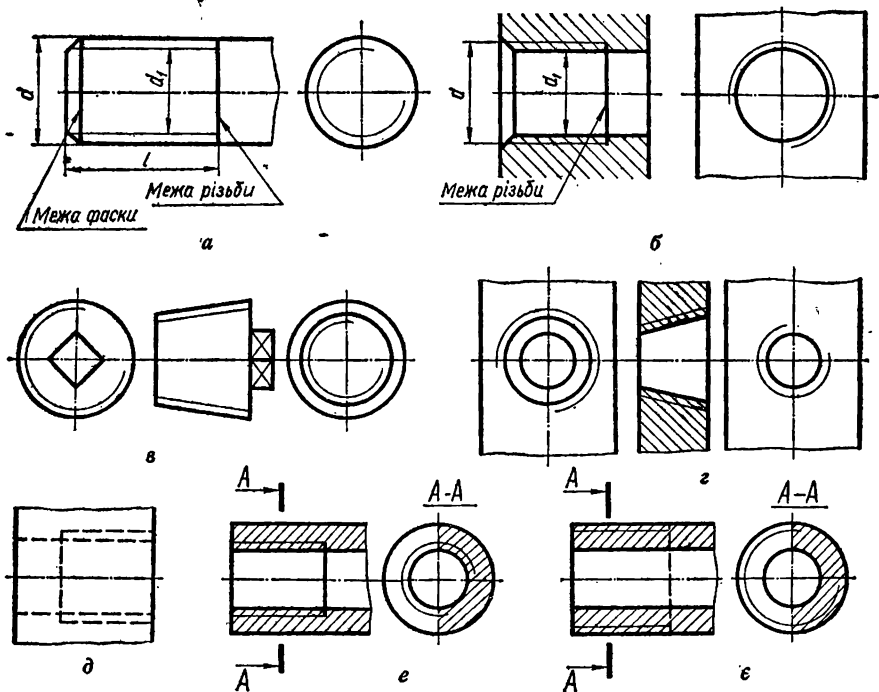


Рис. 245

в отворі на виглядах зображують штриховими лініями як по зовнішньому, так і по внутрішньому діаметру (рис. 245, д). Умовне зображення зовнішньої кінчної різьби роблять, як на рис. 245, в, а внутрішньої кінчної — як на рис. 245, г.

Суцільну тонку лінію наносять на відстані не менш як 0,8 мм від основної лінії і не більше величини кроку різьби. За стандартами ця відстань (H_2) дорівнює: 0,54P для метричної різьби; 0,64P для трубної і 0,5P для трапецієдальної.

Межу різьби показують суцільною основною лінією, якщо різьбу зображують як видиму (рис. 245, а, б), і штриховою лінією, якщо різьбу зображують як невидиму (рис. 245, д). Проводять цю лінію на кінці повного профілю різьби, тобто до початку збігу, причому лінія повинна доходити до зовнішнього діаметра різьби. Збіг різьби зображують у разі потреби тонкою суцільною похилою лінією (рис. 246, б—г, е).

Штриховку в розрізах і перерізах, як на стержні, так і на отворах, слід доводити до суцільної основної лінії (рис. 245, б, г, е, є).

Фаску, яка не має спеціального конструктивного призначення, на стержні або в отворі не слід показувати на тому вигляді, де зовнішній і внутрішній діаметри зображені колами (рис. 245, а, б).

Довжину l різьби на стержні або в отворі, як правило, показують без збігу (рис. 246, а, г, д). В разі потреби довжину L різьби показують разом із збігом (рис. 246, б, е) або окремо величину збігу l_1 (рис. 246, в). На кресленнях, за якими нарізають різьбу в глухом отворі, треба по-

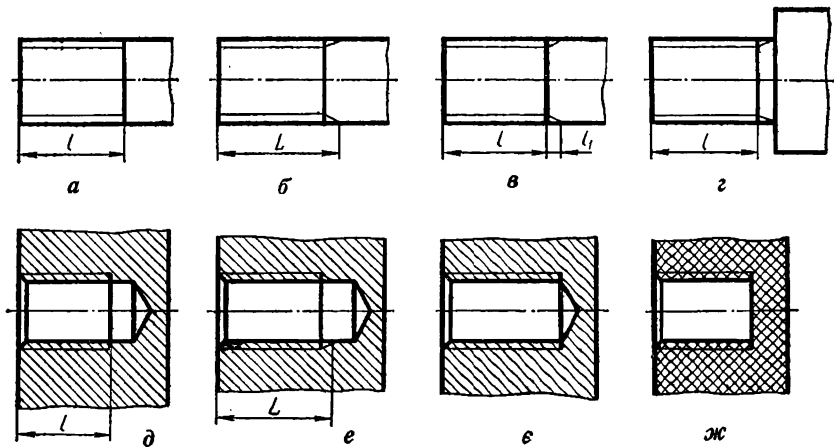


Рис. 246

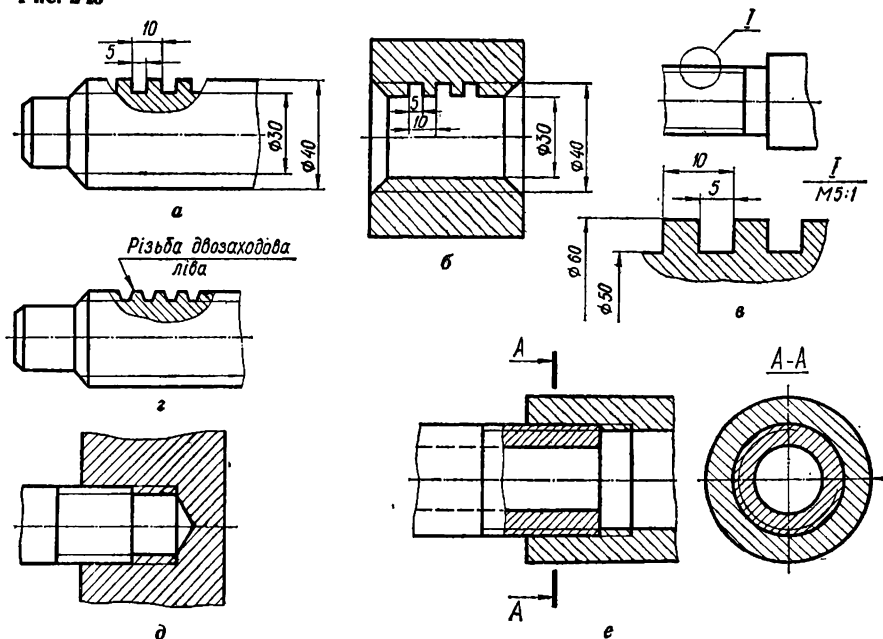


Рис. 247

казувати різницю між глибиною свердління і довжиною різьби (рис. 246, д). На інших кресленнях нарізаний глухий отвір допускається зображати так, як показано на рис. 246, е, ж, і при наявності різниці між глибиною свердління та довжиною різьби.

Різьбу з нестандартним профілем зображують одним із способів, показаних на рис. 247, а—г. На кресленні треба показати розміри: крок, ширину западини, зовнішній і внутрішній діаметри, граничні відхилення тощо.

При зображенні різьбового з'єднання в розрізі різьбу в отворі показують лише там, де вона не закрита різьбою стержня (рис. 247, *д, е*). Основні суцільні лінії, що відповідають зовнішньому діаметру різьби на стержні, переходять у тонкі суцільні лінії, що відповідають зовнішньому діаметру різьби в отворі, і навпаки, суцільні тонкі лінії на стержні переходять в основні лінії в отворі. На рис. 247, *е* різьбове з'єднання зображено й у поперечному розрізі.

19.7. Умовне позначення різьби

Позначення різьби виконують за відповідними стандартами на окремі різьби і за ГОСТ 2.311—68. Для всіх різьб, крім конічних і трубної циліндричної, позначення відносять до зовнішнього діаметра і проставляють над розмірною лінією, на її продовженні або на полицці (рис. 248, *а, б*). Позначення конічних різьб і трубної циліндричної відносять до контура різьби і проставляють на полицці лінії-виноски; лінію-виноску закінчують стрілкою, що впирається в зображення різьби (рис. 248, *в*).

Розглянемо позначення окремих видів різьб.

Метричну різьбу з великим кроком позначають буквою «М», розміром зовнішнього діаметра в міліметрах і полем допуску різьби, наприклад: $M12-6g$ — різьба метрична з великим кроком, зовнішній діаметр різьби 12 мм, поле допуску — $6g$. У позначенні різьби з дрібним кроком додатково показують величину кроку, наприклад: $M12 \times 1-6g$ (рис. 249, *а*), $M12 \times 1-6H$. Позначаючи різьбу в з'єднанні деталей, в чисельнику вказують поле допуску внутрішньої різьби, а в знаменнику — поле допуску зовнішньої різьби, наприклад: $M12-6 H/6g$; $M12 \times 1-6 H/6g$.

Допуски для метричної різьби встановлює ГОСТ 16093—70. За цим стандартом позначення поля допуску різьби складається з цифри, яка показує ступінь точності, і букви, що позначає основне відхилення. Для зовнішнього діаметра зовнішньої різьби встановлено 4, 6 і 8-й ступені точності, а для внутрішнього діаметра внутрішньої різьби — 5, 6 і 7-й. Основні відхилення для зовнішньої різьби позначають буквами *h, g, e, d*, а для внутрішньої — буквами *H і G*. Найпоширеніші для зовнішньої різьби поля допусків $6g$ і $8g$, а для внутрішньої — $6H$ і $7H$. Числові значення граничних відхилень для відповідних полів допусків можна знайти в ГОСТ 16093—70.

Раніше за ГОСТ 9253—59 допуски для метричної різьби позначали класами точності — кл. 1, кл. 2 і кл. 3. Для переведення класів точності в поля допусків ГОСТ 16093—70 рекомендує такі співвідношення: кл. 1 відповідають поля допусків $4h$ або $4H$; кл. 2, кл. 2а — $6g$ або $6H$; кл. 3 — $8g$ або $7H$.

У позначенні *трапецієдальної різьби* пишуть слово «Трап.», показують зовнішній діаметр різьби, крок і клас точності. Для цієї різьби ГОСТ 9562—60 встановлює три класи точності: кл. 1, кл. 2 і кл. 3. Приклади умовного позначення: Трап. 36×6 кл. 1; Трап. 36×6 кл. 3 тощо.

Позначаючи *упорну різьбу*, пишуть слово «Уп.», показують зовнішній (номінальний) діаметр різьби, крок і клас точності. За ГОСТ 10177—62 для зовнішньої різьби передбачено 1 і 2-й класи точності, а для внутрішньої — лише один клас точності. Приклади умовного позначення: Уп. 80×16 кл. 1; Уп. 80×16 кл. 2.

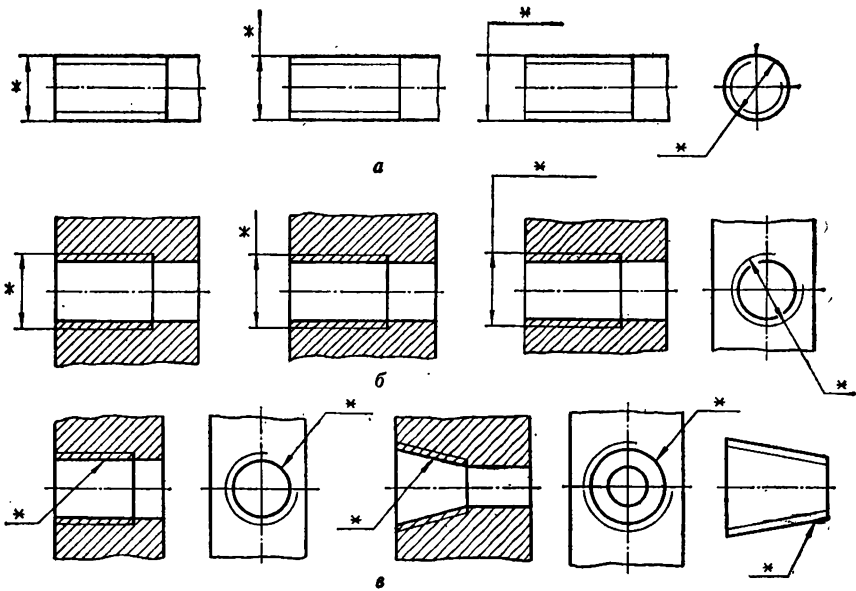


Рис. 248

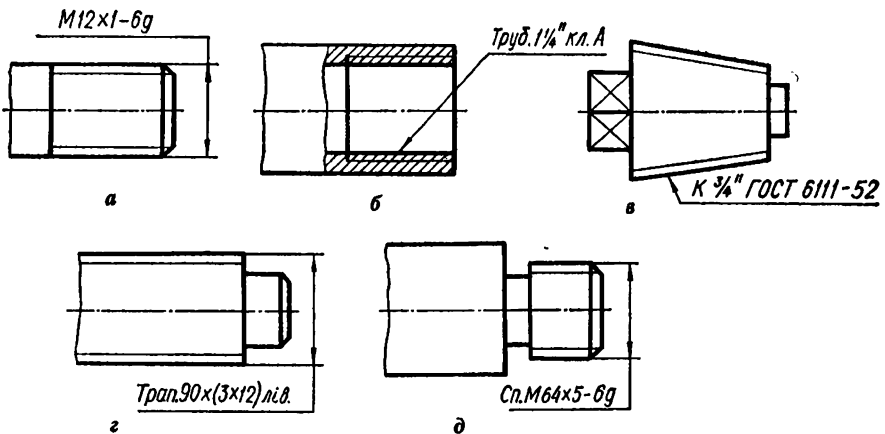


Рис. 249

Позначення *трубної циліндричної різьби* містить скорочене слово «Труб.», номінальний діаметр різьби в дюймах і клас точності, наприклад: Труб. 1 1/4" кл. А (рис. 249, б). Для циліндричної трубної різьби ГОСТ 6357—73 встановлює два класи точності — кл. А і кл. В.

У позначення *конічної трубної різьби* входить слово «К_{Труб}», номінальний діаметр різьби в дюймах і номер стандарту. Якщо різьба укорочена або підвищеної точності, додають слова «укор.» або «підв. точн.», наприклад: К_{Труб} 3/4" ГОСТ 6211—69; К_{Труб} 3/4" укор. ГОСТ 6211—69; К_{Труб} 3/4" підв. точн. ГОСТ 6211—69.

Конічну дюймову різьбу з кутом профілю 60° позначають буквою «К», величиною умовного проходу в дюймах і номером стандарту, наприклад: К $3/4$ " ГОСТ 6111—52 (рис. 249, в).

Для позначення лівої різьби додають слово «лів.», наприклад: Трап. 90×12 лів.; М24 $\times 1-6$ глів.

Коли різьба багатозаходова, то число заходів ставлять у дужках співмножником перед розміром кроку, наприклад: Трап. $90 \times (3 \times 12)$ лів.— різьба трапецеїдальна, діаметр 90 мм, число заходів 3, крок різьби 12 мм, ліва (рис. 249, з). Допускається число заходів різьби вказувати на кресленні написом (рис. 247, з).

Спеціальними називають різьби, деякі параметри яких відмінні від параметрів стандартизованих різьб. Є два типи спеціальних різьб:

1. Різьба має стандартизований профіль, але розміри діаметра або кроку її відмінні від розмірів, установлених відповідними стандартами. В умовному позначенні такої різьби додають слово «Сп.», наприклад: Сп. М64 $\times 5-6$ g (рис. 249, д). Якщо потрібно, показують граничні відхилення для середнього діаметра різьби, наприклад: Сп. М14 \times

$$\times 1,25 \frac{13,1888}{13,1180}.$$

2. Різьба має нестандартизований профіль. У цьому випадку профіль різьби виконують як виносний елемент і на ньому показують усі потрібні розміри. Найпоширенішою нестандартизованою ходовою різьбою є прямокутна (рис. 247, а — в).

19.8. Технічні вимоги до болтів, гвинтів, шпильок і гайок (ГОСТ 1759—70)

Для характеристики механічних властивостей (при нормальній температурі) болтів, гвинтів та шпильок, які виготовлені з вуглецевої або легованої сталі, 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. Клас міцності, як бачимо, позначено двома числами, перше з яких, помножене на 10, визначає найменший тимчасовий опір σ_b кгс/мм², друге, помножене на 10, визначає відношення границі текучості до тимчасового опору в процентах, і нарешті, добуток цих чисел визначає границю текучості σ_T кгс/мм². Так, клас міцності 5.8 означає, що тимчасовий опір $\sigma_b = 50$ кгс/мм², границя текучості $\sigma_T = 40$ кгс/мм², а відношення границі текучості до тимчасового опору становить 80% (тобто 8×10).

Для гайок, що виготовлені з вуглецевої та легованої сталей, встановлено 7 класів міцності: 4; 5; 6; 8; 10; 12 і 14. Клас міцності позначено числом, яке, помножене на 10, дає величину напруги σ_F кгс/мм² від випробного навантаження; наприклад, для класу міцності 8 напруга від випробного навантаження $\sigma_F = 80$ кгс/мм².

Для кожного класу міцності ГОСТ 1759—70 рекомендує певні марки сталей і технологічні процеси виготовлення деталей (табл. 8 і 9). Стандарт установлює також види покриттів для кріпильних деталей та їх позначення (табл. 10). Вид покриття для певного матеріалу вибирають, керуючись вказівками ГОСТ 14623—69, за ГОСТ 9791—68, товщину покриття — за ГОСТ 9791—68. Характер покриття залежить від умов роботи кріпильних деталей. Так, для легких умов застосовують цинкове та нікелеве багатшарове покриття, для середніх умов — кадмієве та багатшарове мідь-нікель-хром, для важких — окисне, фосфатне з промаслюванням тощо.

ГОСТ 1759—70 установлює й умовне позначення кріпильних деталей:

1. Для болтів, гвинтів і шпильок класів міцності 3.6—6.9, для гайок класів міцності 4—8 і для виробів з кольорових сплавів умовне

Рекомендовані технологічні процеси виготовлення болтів, гвинтів та шпильок з вуглецевих і легованих сталей

Клас міцності	Марка сталі	Рекомендовані технологічні процеси виготовлення
3.6	СтЗкпЗ, СтЗспЗ, сталь 10, 10кп	Гаряча висадка Холодна висадка з наступною термообробкою, що пом'якшує
4.6	Сталь 20	Гаряча висадка Холодна висадка з наступною нормалізацією
4.8	Сталь 10, 10кп	Холодна висадка
5.6	Сталь 30, 35	Гаряча висадка Холодна висадка з наступною нормалізацією
5.8	Сталь 10, 10кп, 20, 20кп, СтЗкпЗ, СтЗспЗ	Холодна висадка
6.6	Сталь 35 Сталь 45, 0Г	Гаряча висадка з наступними гартуванням і відпусканням Гаряча висадка
6.8 6.9	Сталь 20, 20кп	Холодна висадка з наступними гартуванням і відпусканням Холодна висадка з редукуванням стержня
8.8—14.9	Сталі за табл. 1 ГОСТ 1759—70	Гаряча та холодна висадка, точіння з наступним гартуванням і відпусканням

позначення виконують за такою схемою: а) назва виробу; б) вид виконання (позначають лише виконання 2 або 3, для шпильок — виконання Б); в) діаметр різьби; г) величина кроку різьби (позначають лише різьбу з дрібним кроком); д) поле допуску різьби (допуски 8g і 7H не позначають); е) довжина стержня (для гайок цей показник не пишуть); є) клас або група міцності; ж) вказівка про застосування спокійної сталі; з) вид покриття (вид покриття 00, тобто без покриття, в позначенні не пишуть) і) товщина покриття, мкм; ї) номер розмірного стандарту на деталь.

2. Для болтів, гвинтів та шпильок класів міцності 8.8—14.9, для гайок класів міцності 10—14 і для виробів з корозієтривких, жаротривких та жароміцних сталей або для виробів, матеріал і покриття

Таблиця 9

Рекомендовані технологічні процеси виготовлення гайок з вуглецевих та легованих сталей

Клас міцності	Марка сталі	Рекомендовані технологічні процеси виготовлення
4	Ст3кп3, Ст3сп3	Гаряча висадка або вирубка
5	Сталь 10, 10кп Сталь 20	Холодна висадка Гаряча висадка або вирубка
6	Ст5, сталь 35 Сталь 10, 10кп, 15, 15кп	Гаряча висадка або вирубка Холодна висадка
8	Сталь 20, 20кп Сталь 45 Сталь 35	Холодна висадка Гаряча висадка або вирубка Гаряча висадка з наступними гартуванням і відпусканням Холодна висадка
10—14	Сталі за табл. 2 ГОСТ 1759—70	Гаряча та холодна висадка, точіння — з наступними гартуванням і відпусканням

Таблиця 10

Види й умовне позначення покриттів для кріпильних деталей

Позначення	Вид покриття	Позначення	Вид покриття
00	Без покриття	07	Олов'яне
01	Цинкове з хроматуванням	08	Мідне
02	Кадмієве з хроматуванням	09	Цинкове
03	Нікелеве багат шарове — мідь-нікель	10	Окисне анодизаційне з хроматуванням
04	Багат шарове мідь-нікель-хром	11	Окисно-фосфатне
05	Окисне	12	Срібляне
06	Фосфатне з промаслюванням		

яких не обумовлені цим стандартом, позначення виконують за тією самою схемою, але в пункті ж) замість вказівки про застосування спокійної сталі подають марку сталі або сплаву.

19.9. Болти

Болт являє собою циліндричний стержень, на одному кінці якого є головка, а на другому нарізано різьбу.

Болти розрізняють за формою і розмірами головок, формою стержня, кроком різьби, характером виконання і точністю виготовлення.

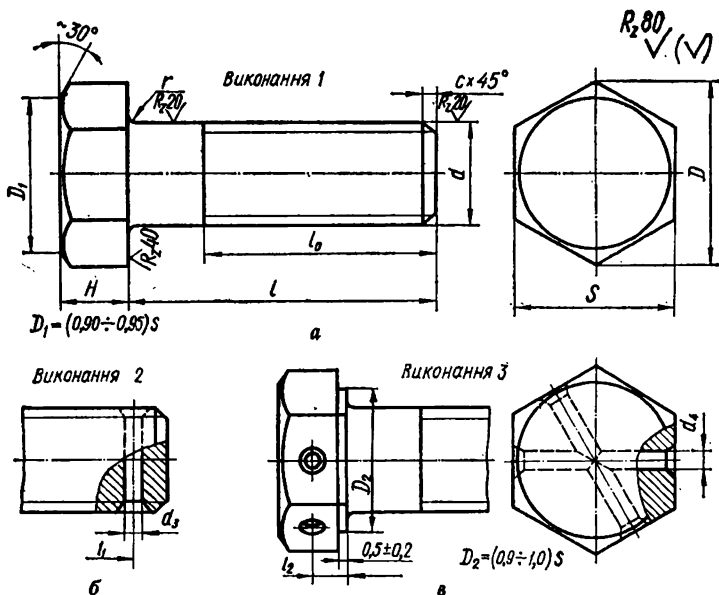


Рис. 250

Залежно від призначення і умов роботи болти виконують з шести-гранною (рис. 250), напівкруглою і потайною головками. Шестигранні головки виконують нормальних або зменшених розмірів з напрямним підголовком (рис. 250, в) або без нього (рис. 250, а). Різьбу нарізають метричну з великим або дрібним кроком, способом нарізання або накачування. Болти з шестиграними головками виготовляють без отвору під шплінт (рис. 250, а) — виконання 1, з отвором під шплінт у циліндричному стержні (рис. 250, б) — виконання 2 — і з отворами в головці для стопоріння болта дротом, який протягають крізь них (рис. 250, в), — виконання 3.

Виготовляють болти нормальної, підвищеної та грубої точності, які відрізняються величиною шорсткості стержня, різби та опорної площини головки. На рис. 250, а позначена шорсткість болта підвищеної точності виготовлення.

Метричну різьбу на болтах виконують з полями допусків 6g і 8g. В умовному позначенні болта вказують параметри, що наведені в кінці § 19.8.

Приклади умовного позначення:

1. Болт з шестигранною головкою, нормальної точності, виконання 1, з діаметром метричної різби $d = 12$ мм, великим кроком різби і полем допуску 8g, довжиною $l = 60$ мм, класу міцності 5.8, без покриття —

Болт M12 × 60.58 ГОСТ 7798—70.

2. Болт з шестигранною головою, підвищеної точності, виконання 2, з діаметром метричної різби $d = 12$ мм, дрібним кроком різби 1,25 мм і полем допуску 6g, довжиною $l = 60$ мм, класу міцності 10.9, виготовлений із сталі 40X, покриття 01, тобто цинкове з хроматуванням, товщина покриття 6 мкм —

Болт 2M12 × 1,25.6g × 60.109.40X.016 ГОСТ 7805—70.

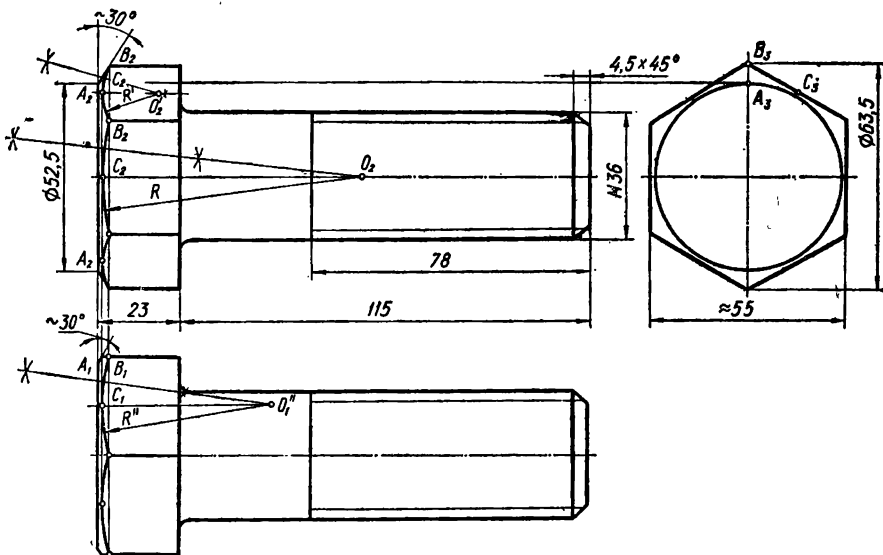


Рис. 251

Таблиця 11

Розміри болтів нормальної точності з шестигранною головкою (ГОСТ 7798—70), мм

Номінальний діаметр різьби d	Розмір «під ключ» S	Висота головки H	Діаметр описаного кола (не менше) D	Радіус під головкою r	Довжина різьби l_0	Довжина болта l
10	17	7,0	18,7	0,40—1,1	26	32—150
12	19	8,0	20,9	0,60—1,6	30	35—150
16	24	10,0	26,5	0,60—1,6	38	45—150
20	30	13,0	33,3	0,80—2,2	46	55—150
24	36	15,0	39,6	0,80—2,2	54	65—150
30	46	19,0	50,9	1,00—2,7	66	75—150
36	55	23,0	60,8	1,00—3,2	78	90—150

Примітка. Ряд довжин l : (32), 35, (38), 40, 45, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100, (105), 110, (115), 120, (125), 130, 140, 150.

За стандартними розмірами (табл. 11) на рис. 251 побудовано болт. Самостійно розгляньте і поясніть побудову. Позначення елементів див. на рис. 250.

19.10. Гайки

Гайка — це деталь, яка має різьбовий отвір для нагвинчування на болт або шпильку.

Розрізняють гайки за формою і розмірами поверхні, кроком різьби, характером виконання і точністю виготовлення.

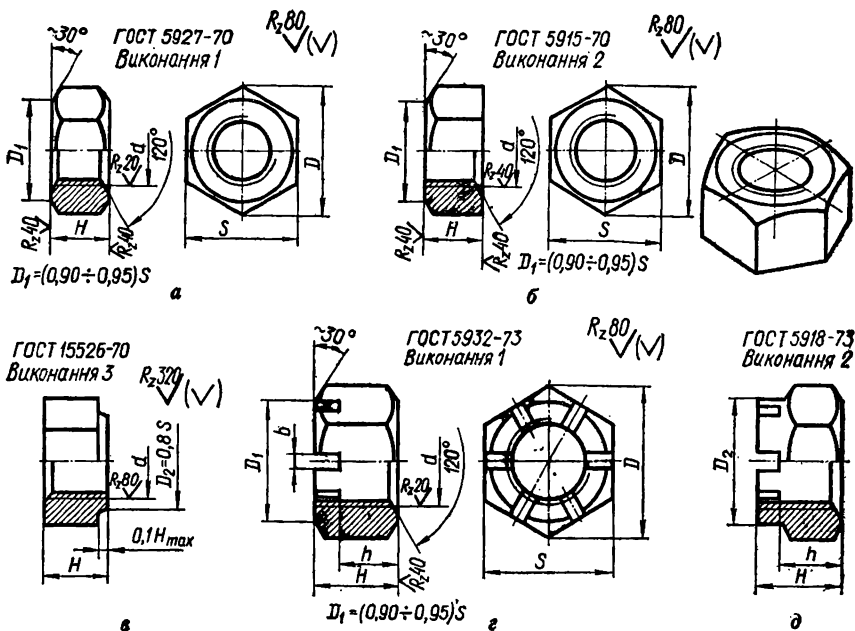


Рис. 252

За формою поверхні гайки бувають шестигранні (рис. 252, а — в), шестигранні прорізні (рис. 252, г), корончасті (рис. 252, д), круглі, баранцеві та ін. Гайки бувають низькі, нормальної висоти, високі і особливо високі. Крім того, гайки виготовляють також із зменшеним розміром «під ключ».

На гайках нарізають метричну різьбу з великим або дрібним кроком і з полями допусків $7H$ і $6H$. За характером виконання є три різновидності гайок: з двома конічними фасками (рис. 252, а) — виконання 1, з однією фаскою (рис. 252, б) — виконання 2 — і без фасок з виступом з одного торця (рис. 252, в) — виконання 3.

Виготовляють гайки нормальної, підвищеної та грубої точності. На рис. 252, а позначена шорсткість для гайок підвищеної точності виготовлення, на рис. 252, б — для гайок нормальної точності, а на рис. 252, в — для гайок грубої точності.

В умовному позначенні гайок указують параметри, подані в кінці § 19.8.

Приклади умовного позначення:

1. Гайка шестигранна нормальної точності, виконання 1, діаметр різьби $d = 12$ мм, з великим кроком різьби і полем допуску $7H$, класу міцності 5, без покриття —

Гайка M12.5 ГОСТ 5915—70.

2. Гайка шестигранна підвищеної точності, виконання 1, діаметр різьби $d = 12$ мм, з дрібним кроком 1,25 мм і полем допуску $6H$, класу міцності 12, виготовлена із сталі 40X, покриття 01, товщина покриття 6 мкм —

Гайка M12 × 1,25.6H.12.40X.016 ГОСТ 5927—70.

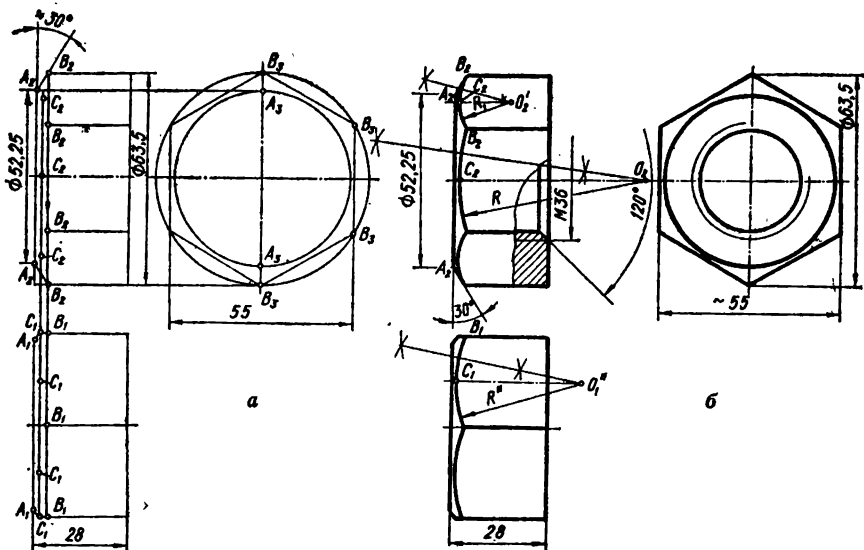


Рис. 253

На рис. 253 показано спосіб креслення шестигранної гайки з однією фаскою і діаметром різьби М36 (ГОСТ 5915—70). З таблиці стандарту (табл. 12) знаходять розміри елементів гайки: $d = 36$ мм; $H = 28$ мм; $D = 63,5$ мм; $S \approx 55$ мм. Креслять гайку в такій послідовності:

1. На всіх виглядах (рис. 253, а) проводять осеві лінії. На вигляді зліва будують допоміжне коло діаметром $D = 63,5$ мм і вписують у нього правильний шестикутник.

2. На головному вигляді і на вигляді зверху (рис. 253, а) проводять паралельні лінії на відстані 28 мм одна від одної. З вершин шестикутника проводять лінії зв'язку, внаслідок чого утворюються проєкції бічних ребер і граней гайки. На головному вигляді гайка проєктується трьома гранями, ширина проєкції дорівнює D , тобто 63,5 мм. На вигляді зверху гайка проєктується двома гранями, ширина проєкції дорівнює розміру «під ключ», тобто 55 мм.

Таблиця 12

Розміри гайок нормальної точності з шестигранною головкою (ГОСТ 5915—70), мм

Номинальний діаметр різьби d	Розмір «під ключ» S	Висота гайки H	Діаметр описаного кола (не менше) D
10	17	8	18,7
12	19	10	20,9
16	24	13	26,5
20	30	16	33,3
24	36	19	39,6
30	46	24	50,9
36	55	28	60,8

3. Креслять торцеві опорні поверхні гайки (рис. 253, а). Визначають діаметр D_1 кола, що обмежує торцеву площину гайки: $D_1 = 0,95S = 0,95 \times 55 = 52,25$ мм. На вигляді зліва коло проєктується в натуральну величину, причому воно не торкається сторін шестикутника. На головному вигляді і на вигляді зверху проєкції кола зображуються відрізками A_2A_2

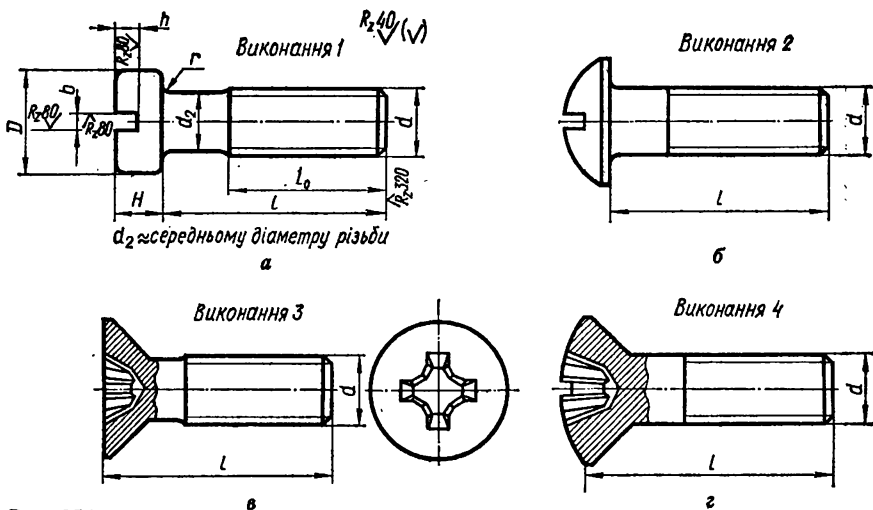


Рис. 254

і A_1A_1 . За допомогою косинця з точок A_1 і A_2 проводять твірні конічної фаски під кутом у 30° . Перетин цих твірних з ребрами призми на головному вигляді дає найнижчі точки B_2 кривих, а перетин їх з гранями на вигляді зверху дає найвищі точки C_1 . Проводячи з цих точок вертикальні лінії зв'язку, на всіх бічних ребрах призми дістають проєкції точки B , а на серединах бічних граней — проєкції точки C .

4. Конічна фаска перетинає грані призми по гіперболах, але в кресленні гіперболи замінюють дугами кіл (рис. 253, б). Маючи три точки (B_2, C_2, B_2), на кожній проєкції бічної грані знаходять центри O_2, O'_2, O'_1 , з яких циркулем проводять дуги кіл. Так, для знаходження центра O_2 до середини хорди B_2C_2 будують перпендикуляр, який перетне середню лінію грані в шуканій точці O_2 . Аналогічно знаходять O'_2 і O'_1 .

5. Закінчують побудову проведенням різьбового отвору діаметром М36 (рис. 253, б). На головному вигляді виконують місцевий розріз, щоб показати різьбовий отвір і фаску.

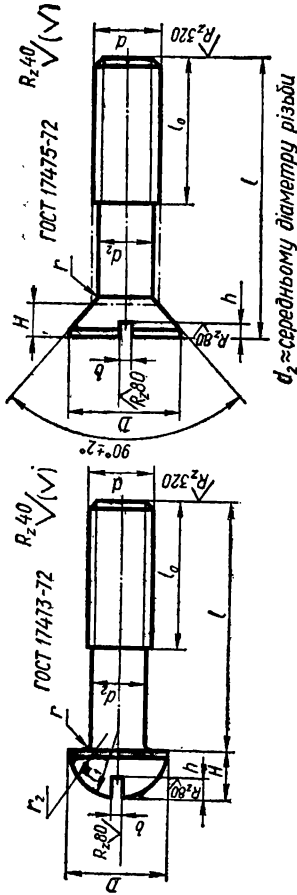
19.11. Гвинти

За призначенням гвинти поділяють на кріпильні і установлювальні.

Кріпильний гвинт являє собою циліндричний стержень, на одному кінці якого є головка, а на другому — різьба.

Головки кріпильних гвинтів виконують під гайковий ключ або з шлицем під викрутку. Залежно від призначення гвинтів головки бувають циліндричні (рис. 254, а), напівкруглі (рис. 254, б), потайні (рис. 254, в), напівпотайні (рис. 254, г), циліндричні з шестигранним заглибленням та ін. Кріпильні гвинти мають чотири виконання: виконання 1, коли різьба виступає над ненарізаною частиною стержня (рис. 254, а), виконання 2 — різьба йде нарівні із стержнем

Розміри гвинтів нормальної точності з напівкруглою головкою (ГОСТ 17473—72) і гвинтів нормальної точності з потайною головкою (ГОСТ 17475—72), мм



Номінальний діаметр різьби d	ГОСТ 17473—72						ГОСТ 17475—72					
	8	10	12	14	16	(18)	8	10	12	14	16	(18)
Діаметр головки D	13	16	18	21	24	27	14,5	18,0	21,5	25,0	28,5	32,5
Ширина шліца b	2	2,5	3	3	4	4	2	2,5	3	3	4	4
Глибина шліца h	3,5	4	4,2	4,5	5	5,5	2,0	2,5	2,5	3	3,5	4,0
Висота головки H	5,6	7	8	9,5	11	12,0	4	5	5,5	6,5	7	8
Радіус під головкою r	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6	1,6	1,1	1,1	1,6	1,6	1,6	1,6
Довжина нарізаної частини l_0	22	26	30	34	38	42	22	26	30	34	38	42
Радіус сфери r_1	12,8	16	19	25	26	28	—	—	—	—	—	—
Радіус головки r_2	6,4	8	9,5	11	13	14,5	—	—	—	—	—	—
Довжина гвинта l	28—70	32—70	35—85	40—90	45—95	50—110	32—70	38—70	42—85	48—90	55—95	60—110

Примітка. Ряд довжин гвинтів l : (28), 30, (32), 35, (38), 40, (42), 45, (48), 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100, 110.

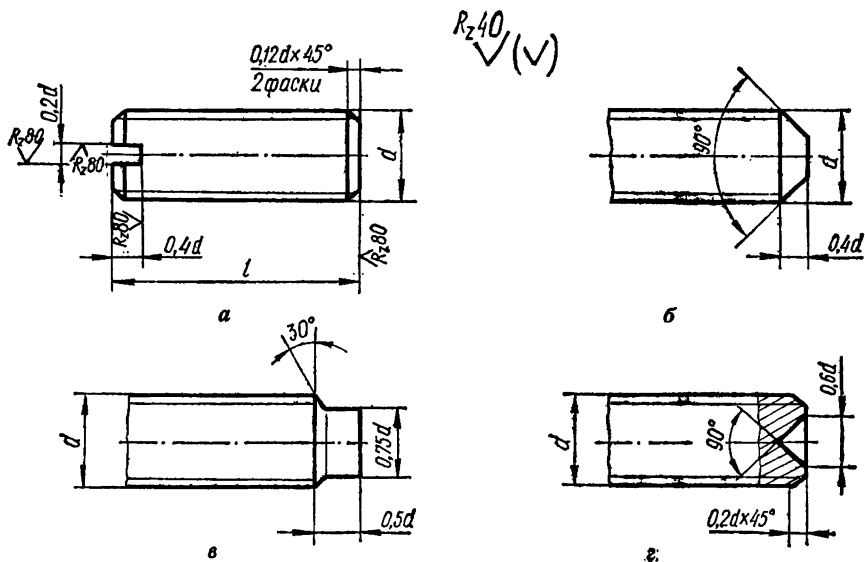


Рис. 255

(рис. 254, б), виконання 3 і 4 — з хрестоподібним шлицем у головці гвинта (рис. 254, в, г.). Виготовляють гвинти з метричною різьбою великого або дрібного кроку з полями допусків 8g і 6g. Виконують різьбу способом нарізання або накатування. Шорсткість поверхні кріпильних гвинтів відповідає нормальній точності виготовлення (рис. 254, а). Розміри деяких гвинтів наведено в табл. 13.

Установлювальні гвинти нарізають на всю довжину стержня. Вони мають натискний кінець, який заходить у відповідне заглиблення на деталі. Ці гвинти застосовують для фіксування однієї деталі відносно другої. Форма натискного кінця в установлювального гвинта може бути різною: плоска (рис. 255, а), конічна (рис. 255, б), циліндрична (рис. 255, в) і засвердлена (рис. 255, г).

В умовному позначенні гвинтів указують параметри, подані в кінці § 19.8.

Приклади умовного позначення:

1. Гвинт нормальної точності з циліндричною головкою, виконання 1, діаметр метричної різьби $d = 12$ мм, з великим кроком різьби і полем допуску 8g, довжина гвинта $l = 50$ мм, клас міцності 5.8, без покриття —

Гвинт M12 × 50.58 ГОСТ 1491—72.

2. Гвинт нормальної точності з напівкруглою головкою, виконання 3, різьба метрична діаметром $d = 12$ мм, з дрібним кроком 1,25 мм і полем допуску 6g, довжина гвинта $l = 50$ мм, клас міцності 10.9, виготовлений із сталі 40X, покриття 01 завтовшки 6 мкм —

Гвинт 3M12 × 1,25.6g × 50.109.40X.016 ГОСТ 17473—72.

3. Гвинт установлювальний з засвердленим кінцем, різьба метрична діаметром $d = 10$ мм, з великим кроком різьби і полем допуску 8g, довжина гвинта $l = 25$ мм, клас міцності 5.8, без покриття —

Гвинт M10 × 25.58 ГОСТ 1479—64.

19.12. Шпильки

Шпилька — це кріпильна циліндрична деталь з різьбою на обох кінцях.

Різьбовий кінець довжиною l_1 (рис. 256) загвинчується в деталь. Довжиною шпильки вважають частину l , на яку надівається скріплювана деталь і нагвинчується гайка. Виготовляють шпильки двох типів (рис. 256): А — з однаковим номінальним діаметром різьби та гладенької частини і Б — з номінальним діаметром різьби, більшим за діаметр ненарізаної частини.

Довжина l_1 різьбового кінця буває трьох видів:

1) $l_1 = d$ — для різьбових отворів у сталевих, бронзових і латунних деталях з достатньою пластичністю ($\delta_s \geq 8\%$);

2) $l_1 = 1,25d$ — для різьбових отворів у деталях із сірого та ковкого чавуну і в сталевих та бронзових деталях із зниженою пластичністю ($\delta_s < 8\%$);

3) $l_1 = 2d$ — для різьбових отворів у деталях з легких сплавів.

Довжина $l_0 = 2d + 6$ мм при $l \leq 150$ мм і $l_0 = 2d + 12$ мм при $l \geq 160$ мм. Розміри деяких шпильок наведено в табл. 14.

Шпильки виготовляють з метричною різьбою великого і дрібного кроку. За характером виконання шпильки бувають нормальної і підвищеної точності. На рис. 256 зображено шпильку з шорсткістю, що відповідає нормальній точності виготовлення.

Умовне позначення шпильок виконують за схемою, поданою в кінці § 19.8. Відміна полягає лише в тому, що після довжини шпильки в позначенні у вигляді дробу показують відношення довжини загвинчуваного різьбового кінця l_1 до довжини другого різьбового кінця l_0

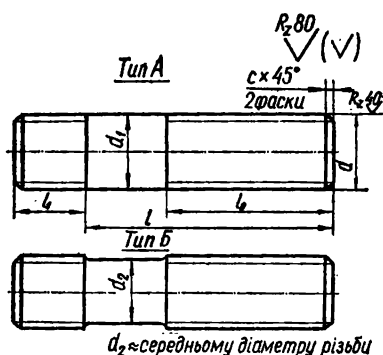


Рис. 256

Приклади умовного позначення:

1. Шпилька нормальної точності типу А, з метричною різьбою діаметром $d = 16$ мм, з великим кроком різьби і подем допуску 8g, довжина шпильки

Таблиця 14
Розміри шпильок нормальної точності (ГОСТ 11765—66) для деталей з різьбовими отворами, мм

Номінальний діаметр різьби d	Довжина l_1 загвинчуваного різьбового кінця		Довжина різьби l_0	Довжина шпильки l
	$l_1 = d$	$l_1 = 1,25d$		
10	10	12	26	38—200
12	12	15	30	40—150
16	16	20	38	48—150
20	20	25	46	60—150
24	24	30	54	70—150
30	30	38	66	90—150
36	36	45	78	100—150

Примітка. Ряд довжин l шпильок: (38), 40, (42), 45, (48), 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100, (105), 110, (115), 120, 130, 140, 150.

$l = 120$ мм, довжина загвинчуваного різьбового кінця $l_1 = 1,25d = 20$ мм, довжина нарізаної частини $l_0 = 38$ мм, клас міцності 5.8, без покриття —

Шпилька М16 × 120 $\frac{20}{38}$ 58 ГОСТ 11765—66.

2. Шпилька підвищеної точності типу Б, з метричною різьбою діаметром $d = 16$ мм, з дрібним кроком 1,5 мм і полем допуску 6g, довжина шпильки $l = 120$ мм, довжина загвинчуваного різьбового кінця $l_1 = d = 16$ мм, довжина нарізаної частини $l_0 = 38$ мм, клас міцності 10.9, виготовлена із сталі 40Х, покриття 02 (кадмієве з хроматуванням), товщина покриття 9 мкм —

Шпилька БМ16 × 1,5.6g × 120 $\frac{16}{38}$ 109.40Х.029 ГОСТ 11766—66.

19.13. Шайби

Шайба — це кільце з отвором, яке закладають під гайку або головку болта чи гвинта.

Призначення шайби — уберегти поверхню скріплюваної деталі від зминання або запобігти самовідгвинчуванню кріпильної деталі.

Розрізняють шайби круглі (рис. 257, а) за ГОСТ 11371—68, збільшені (ГОСТ 6958—68), зменшені (ГОСТ 10450—68), пружинні (рис. 257, б) за ГОСТ 6402—70, стопорні багатолапчасті (ГОСТ 11872—73), стопорні з лапкою (рис. 257, в) за ГОСТ 13463—68 та ін.

Шайби круглі бувають без фаски (виконання 1) або з однією фаскою (виконання 2). Виготовляють шайби штампуванням з листової низьковуглецевої сталі або токарною обробкою з круглої каліброваної сталі.

Для круглих і стопорних шайб ГОСТ 18123—72 встановлює марки матеріалів і їх умовні позначення, покриття і умовне позначення шайб на конструкторських документах.

Матеріали для шайб поділяють на види, які умовно позначають цифрами: 0 — вуглецеві сталі, 1 — леговані сталі, 2 — нержавіючі, 3 — кольорові метали та сплави. Кожний з цих видів матеріалів у свою чергу поділяють на групи, наприклад: 01 — сталь 08, 08кп, 10, 10кп; 02 — сталь Ст3, Ст3кп; 03 — сталь 15; 11 — сталі 40Х, 30ХГСА; 32 — латуні Л63, ЛС59-1 тощо.

Умовні позначення покриттів шайб виконують, як і болтів, за ГОСТ 1759—70 (див. табл. 10).

Умовне позначення круглих та стопорних шайб виконують за такою схемою: а) слово «Шайба»; б) вид виконання (виконання 1 не пишуть); в) діаметр стержня кріпильної деталі; г) умовне позначення групи матеріалу; д) умовне позначення покриття; е) товщина покриття; є) номер стандарту. Наприклад:

Шайба 2.12.01. 099 ГОСТ 11371—68

— шайба кругла, виконання 2, для стержня діаметром 12 мм, матеріал групи 01, покриття 09 (цинкове), товщина покриття 9 мкм.

Пружинна шайба — це сталеве кільце з розрізаними і розведеними кінцями. Пружинні шайби бувають легкі (Л), нормальні (Н), важкі (Т) і дуже важкі (ОТ). Виготовляють ці шайби з сталі 65Г або з легованих сталей. В умовному позначенні пружинних шайб указують: а) слово «Шайба»; б) діаметр стержня; в) вид виконання («Л», «Т» або «ОТ»,

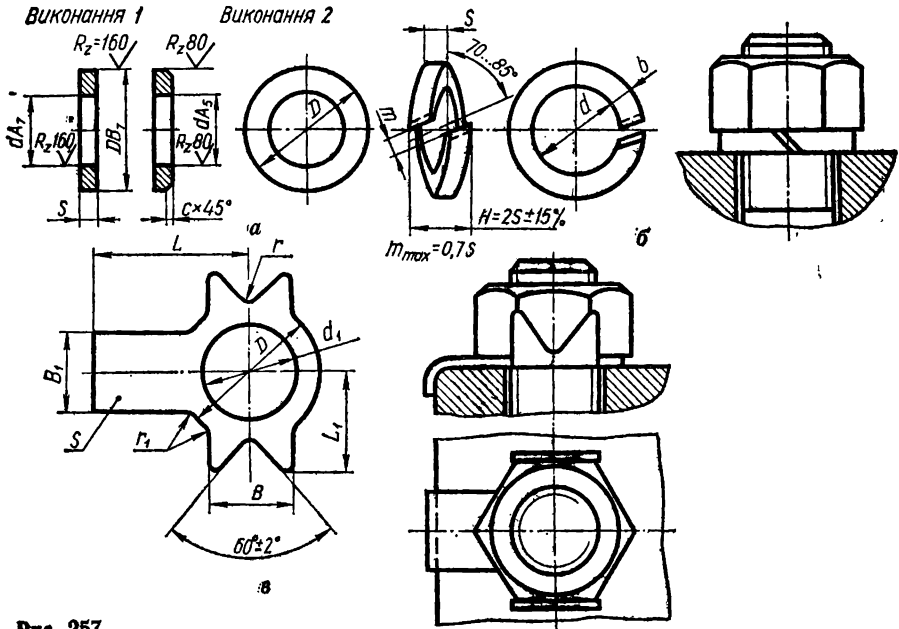


Рис. 257

виконання «Н» не пишуть); г) марку матеріалу; д) позначення покриття; е) товщину покриття; є) номер стандарту. Наприклад:

Шайба 12 65Г 029 ГОСТ 6402—70;
Шайба 12Т 3Х13 096 ГОСТ 6402—70.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Що таке циліндрична гвинтова лінія? Що називається кроком і витком гвинтової лінії?
2. Як знайти довжину витка гвинтової лінії? Як утворюється різьба?
3. Назвіть основні елементи профілю різьби.
4. У чому різниця між кроком і ходом різьби?
5. Як класифікують різьбу за її ознаками?
6. Дайте характеристику метричній, трубній і трапецеїдальній різьбам.
7. Як умовно зображують різьбу на стержні? в отворі?
8. Як показують на кресленні різьбу з нестандартним профілем?
9. Як у розрізі зображують різьбове з'єднання?
10. Як умовно позначають метричну різьбу з великим кроком? з малим? трубку? упорну?
11. Як позначають ліву різьбу? багатозаходову? спеціальну?
12. Що таке болт і за якими ознаками розрізняють болти?
13. Як умовно позначають болти на кресленнях?
14. Що таке гайка і за якими ознаками розрізняють гайки?
15. Як умовно позначають гайки на кресленнях?
16. За якими ознаками поділяють кріпильні гвинти і як їх умовно позначають на кресленні?
17. Що таке шпилька і за якими ознаками розрізняють шпильки?
18. Як умовно позначають шпильки на кресленнях?
19. Що таке шайба і як поділяють шайби? Як умовно позначають шайби на кресленнях?

Вправа. Виконайте завдання картки програмованого контролю з теми «Різьба і різьбові вироби». Правильність виконання перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми «Різьба і різьбові вироби»

1. Який профіль належить упорній різьбі (рис. 1)?



Рис. 1

2. Які різьби (рис. 1) належать до ходових?
3. На яких зображеннях рис. 2 зроблено помилки?

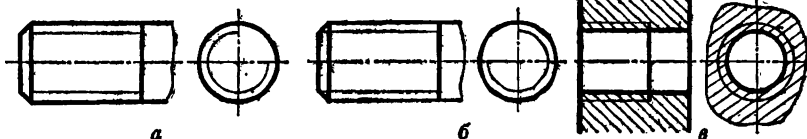


Рис. 2

4. На яких зображеннях зроблено помилки в позначенні різьби (рис. 3)?

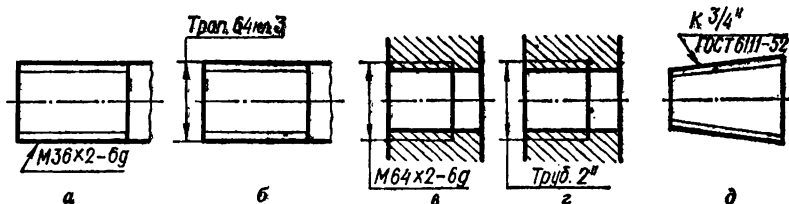


Рис. 3

5. Які різьби, перелічені нижче, вимірюють у дюймах?
Трапецеїдальна Упорна Ковічна Трубна Прямокутна

а б в г д

6. Розшифруйте словами умовне позначення болта

Болт 2М12 × 80.66 ГОСТ 7798—70.

7. Розшифруйте словами умовні позначення різьби:

Уп. 70 × 16; Трап. 60 × (3 × 8) лів.; М64 × 2 — 6g.

8. Запишіть словами умовне позначення гайки

Гайка М12 × 1,25. 6Н. 12.40Х.016 ГОСТ 5915—70.

9. Запишіть словами умовне позначення гвинта

Гвинт 2М12 × 40.56 ГОСТ 17475—72

10. Запишіть словами умовне позначення шпильки

Шпилька БМ16 × 1,5.6g × 100 $\frac{20}{38}$ 58.016 ГОСТ 11766—66.

§ 20. РОБОЧИ КРЕСЛЕННЯ ТА ЕСКІЗИ ДЕТАЛЕЙ

20.1. Вимоги до робочих креслень деталей

- 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 і контролю.

Робоче креслення деталі повинно мати: а) мінімальну, але достатню кількість зображень (видглядів, розрізів, перерізів, виносних елементів), які повністю розкривали б форму деталі; б) необхідні розміри з граничними відхиленнями; в) позначення шорсткості всіх поверхонь; г) позначення граничних відхилень форми і розташування поверхонь; д) відомості про матеріал, термічну обробку, покриття, які деталь повинна мати перед складанням; е) окремі вимоги до конструкції або до технології її виготовлення та ін.

Розглянемо основні вимоги до робочих креслень деталей за ГОСТ 2.109—73 (більш докладно ці вимоги викладені в стандарті):

1. На кожну деталь виконують окреме креслення на аркушах форматів за ГОСТ 2.301—68. Основний напис креслення повинен відповідати ГОСТ 2.104—68. Назву виробу в основному написі записують у називному відмінку і в однині. Якщо назва деталі складається з кількох слів, то на першому місці має стійти іменник, наприклад: «Колесо зубчасте».

2. В основному написі показують умовне позначення матеріалу, яке складається з назви матеріалу, його марки та номера стандарту, наприклад: «Сталь 45 ГОСТ 1050—74». Якщо в позначення входить скорочена назва матеріалу («Ст», «СЧ», «Бр.» та ін.), то повні назви «Сталь», «Сірий чавун», «Бронза» тощо писати не треба, наприклад: «Ст3 ГОСТ 380—71».

3. Якщо за конструктивними або експлуатаційними вимогами деталь треба виготовити з сортового матеріалу певного профілю і розмірів (листової сталі, прокату, стрічки тощо), такий матеріал записують в основному написі за стандартами на відповідний сортамент, наприклад:

$$\text{Стрічка} \frac{5 \times 50 \text{ ГОСТ } 103-57}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-58};$$

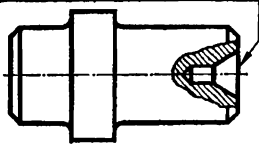
$$\text{Квадрат} \frac{B60 \text{ ГОСТ } 2591-71}{\text{Ст3 ГОСТ } 535-58}.$$

4. Якщо для виготовлення деталі можна використати заміник вибраного матеріалу, це записують у технічних вимогах. В основному написі вказують не більше одного матеріалу.

5. Масу деталі проставляють в основному написі в кілограмах, не зазначаючи одиниці вимірювання. Допускається показувати масу в інших одиницях вимірювання з позначенням цих одиниць, наприклад: 5 г; 0,20 т.

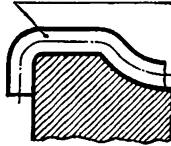
6. Масштаб зображення на робочих кресленнях вибирають за ГОСТ 2.302—68.

2 отб. центр. АЗ ГОСТ 14034-68



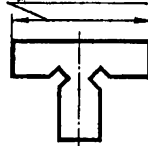
а

Вигнути за дет...



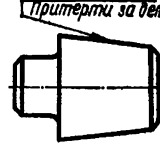
б

Пригнати за дет...

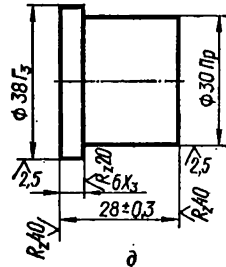


в

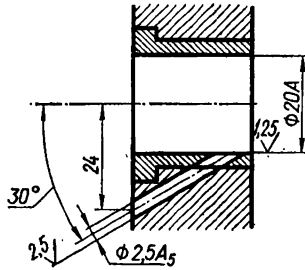
▷ 1:7
Притерти за дет...



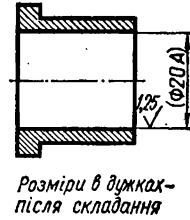
г



д



е



в

Рис. 258

Робочі креслення, як правило, розробляють на всі деталі, що входять до складу виробу. Допускається не виконувати окремих креслень на такі деталі: а) виготовлені відрізанням під прямим кутом фасонного або сортового матеріалу; б) виготовлені різанням по колу або по прямокутному периметру листового матеріалу; в) індивідуального виробництва, форму і розміри яких (довжину, радіус згину тощо) встановлюють за місцем; г) покупні, які підлягають покриттю, що не змінює характеру спряження деталей; д) нерознімних з'єднань (зварних, паяних та ін.), якщо конструкція деталей проста і не потребує більше трьох-чотирьох розмірів, які проставляють на складальному кресленні. Дані, потрібні для виготовлення і контролю деталей, на які не виконують робочі креслення, показують на складальних кресленнях виробу та в специфікації.

8. На робочих кресленнях застосовують умовні позначення (знаки, лінії, буквено-цифрові позначення), встановлені відповідними стандартами. Ці позначення пишуть без будь-яких пояснень на кресленні та без посилання на номер стандарту.

9. Не дозволяється робити посилання на документи, які визначають розміри конструктивних елементів деталі (фасок, проточок, гнізд, тощо), якщо у відповідних стандартах немає умовного позначення цих елементів. Розміри таких елементів треба повністю наводити на робочому кресленні.

Звернемо увагу на дві обставини:

1) Якщо готовий вибір повинен мати центрові отвори, виконані за ГОСТ 14034—68, то їх зображують спрощено з написом на поличці лінії-виноски умовного позначення (рис. 258, а). Якщо ж центрові отвори у готовому виробі неприпустимі, то в технічних вимогах на робочому кресленні записують: «Центрові отвори неприпустимі». Центрові отвори не зображують і нічого в технічних вимогах не пишуть, коли

наявність або відсутність отворів не впливає на конструкцію деталі і виробу;

2) якщо ребра або кромки деталі треба виготовити гострими або заокруглити, то на кресленні в технічних вимогах слід зробити відповідний напис, наприклад: «Кромки заокруглити $R3$ мм». Якщо ніяких вказівок на кресленні немає, ребра і кромки притуплюють.

10. У записах на робочому кресленні не дозволяється вмішувати технологічні вказівки, бо вони обмежують технолога у виборі процесу для виготовлення виробу й утруднюють використання креслень на інших підприємствах. Як виняток допускається вказувати способи виготовлення та контролю, коли вони єдині, що гарантують потрібну якість виробу; наприклад, «спільна обробка», «спільне згинання», «притирання», «розвальцьовування» тощо. Відповідні написи роблять у технічних вимогах або на самому кресленні (рис. 258, б—з). Дopusкається вказівка щодо вибору технологічної заготовки деталі (вилков, поковка тощо).

11. На робочому кресленні проставляють розміри, граничні відхилення і позначення шорсткості поверхні, які деталь повинна мати перед складанням виробу (рис. 258, д). Розміри, граничні відхилення і шорсткість поверхні, які мають додатковою обробкою в процесі складання виробу або після нього, показують на складальному кресленні. Наприклад, на рис. 258, е показано розмір $\varnothing 20A$ і шорсткість $1.25\sqrt{\text{ }}$ поверхні внутрішнього діаметра втулки і розміри $\varnothing 2,5A_6$, $24,30^\circ$ і шорсткість $2.5\sqrt{\text{ }}$ отвору для змашування, які виконують після складання.

Виріб, для виготовлення якого передбачають припуск на наступну обробку деяких елементів у процесі складання, зображують на кресленні з усіма даними, які він повинен мати після остаточної обробки. Ці розміри беруть у дужки, а в технічних вимогах пишуть: «Розміри в дужках — після складання» (рис. 258, є).

12. У деяких випадках використовують ступінчастий спосіб виготовлення деталей, тобто спочатку роблять виріб-заготовку, з якої за робочим кресленням виготовляють потрібну деталь. Для заготовок застосовують, як правило, один технологічний процес (штампування, кування, лиття тощо), тому шорсткості поверхонь і класи точності розмірів звичайно однакові для всіх елементів деталі. У цих випадках заготовки зображують на робочому кресленні суцільними тонкими лініями, а поверхні, які мають додатковою обробкою, — суцільними основними лініями (рис. 259, а). На кресленні показують лише ті розміри, граничні відхилення, шорсткість та ін., які потрібні для додаткової обробки. Так, на рис. 259, а показано розміри, граничні відхилення і позначення шорсткості лише для обробки фаски і отвору під штифт.

Дозволяється на такому кресленні показувати довідкові, габаритні і приєднувальні розміри. У графі «Матеріал» слід писати слово «Заготовка» з її відповідним позначенням.

13. Якщо деталь можна виконувати в кількох варіантах, які відрізняються технологією виготовлення (лиття, об'ємне штампування, зварювання, пресування тощо), то на кожний варіант виконують окре-

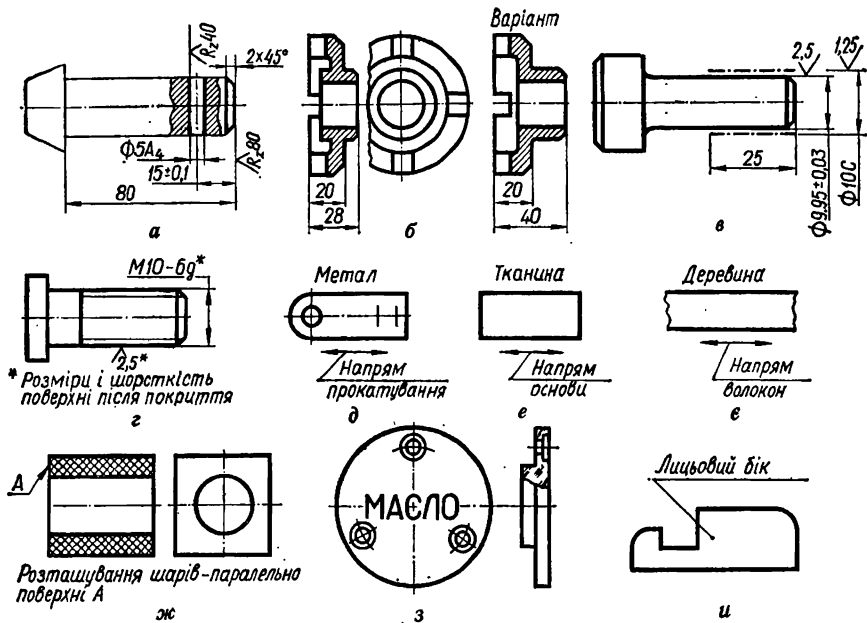


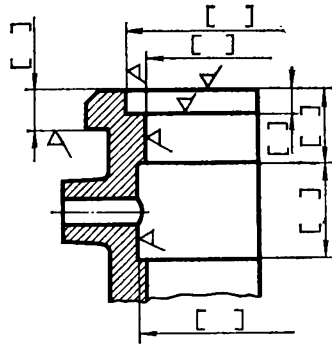
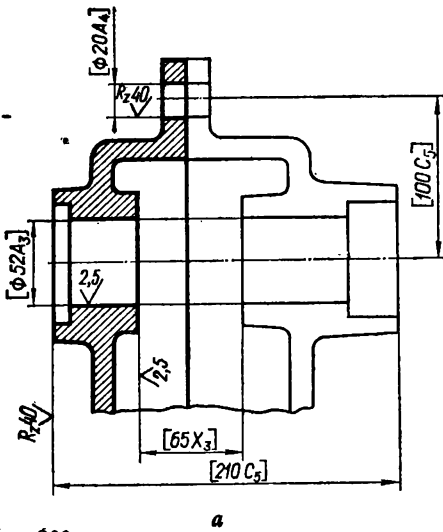
Рис. 259

ме робоче креслення з самостійним його позначенням. Якщо ж варіанти деталі відрізняються лише окремими конструктивними елементами (канавками, фасками, проточками, характером різьби тощо), то відповідні вказівки заносять до технічних вимог або на кресленні показують додаткове зображення варіанта з написом над ним «Варіант» (рис. 259, б).

14. Якщо деталь підлягає покриттю (цинком, хромом та ін.), то на кресленні показують розміри і шорсткість поверхні до покриття. Дозволяється показувати їх і до і після покриття. Дані, що стосуються елементів деталі до покриття, показують від контурної лінії поверхні, а ті, що будуть після покриття, — від потовщеної штрих-пунктирної лінії, яка обмежує поверхню під покриття (рис. 259, в). На рис. 259, г показаний випадок нанесення розмірів і шорсткості поверхні у тому разі, коли ці дані потрібно показати лише після покриття.

15. Якщо деталь виготовляють з матеріалів, які мають певний напрям прокатування, основи, волокон і т. п. (металева стрічка, тканина, деревина, фанера), то в разі потреби цей напрям показують на кресленні (рис. 259, д—є). Вказівки про розміщення шарів текстоліту, гетинаксу, фібри та ін., вміщують у технічних вимогах (рис. 259, ж). Якщо треба, на кресленні показують лицьовий бік матеріалу (рис. 259, и).

16. Деталі з прозорих матеріалів показують як непрозорі. Якщо ж із зворотного боку на цьому матеріалі є написи, цифри, знаки, які треба бачити з лицьового боку, то на кресленні їх показують як видимі з відповідною вказівкою в технічних вимогах (рис. 259, з).

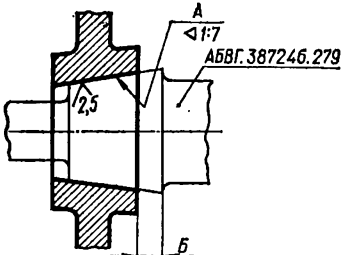


1. Обробку за розмірами в квадратних дужках виконувати спільно з дет.
2. Деталі застосовувати разом

Рис. 260

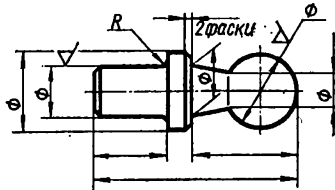
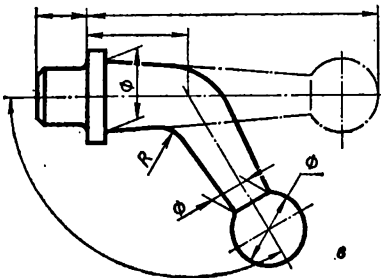
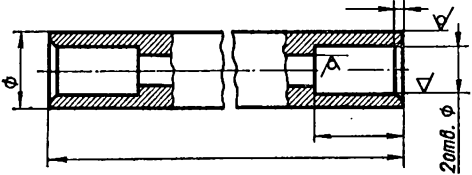
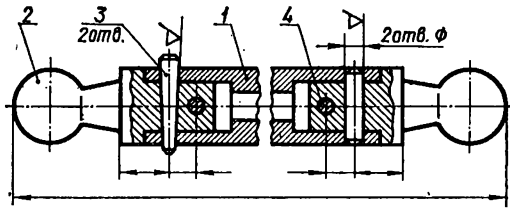
а

б



1. Поверхню А обробити за дет. АБВГ 387246.279, витримавши розмір Б
2. Деталі застосовувати разом

а



б

Рис. 261

17. Якщо до складання виробу деталь треба обробити разом з іншою деталлю, для чого ці вироби тимчасово з'єднують, то на кожну з них виконують окреме креслення з усіма даними. Розміри елементів деталей, які дістають під час спільної обробки, поміщають у квадратні дужки (рис. 260, а, б), а в технічних умовах записують: «Обробку за розмірами в квадратних дужках виконувати спільно з дет. ...». У складних випадках для кращого пояснення розмірів, що зв'язують різні поверхні обох деталей, поруч із зображенням однієї з них виконують тонкими суцільними лініями повне або часткове зображення другої деталі (рис. 260, а).

18. Якщо деякі елементи виробу треба обробити і підігнати до іншого виробу, то розміри цих елементів позначають на кресленні знаком «*» або буквою, а в технічних вимогах роблять відповідний запис (рис. 261, а).

19. Якщо отвори під гвинти, штифти та інші кріпильні деталі виконують у процесі складання, то на робочому кресленні деталі ці отвори не показують і вказівок у технічних умовах не пишуть, а всі потрібні дані подають на складальному кресленні (рис. 261, б).

20. Якщо фасонну деталь виконують згинанням з листового матеріалу або прокату і її зображення не дає повного уявлення про форму і розміри окремих елементів, на кресленні поруч з основним зображенням виконують повну або часткову розгортку деталі (див. рис. 301). Розгортку виконують основними суцільними лініями, а лінії згину (в разі потреби) — тонкими суцільними лініями з написом на полиці «Лінія згину». Над розгорткою пишуть «Розгортка» і підкреслюють.

Дозволяється сполучати вигляд деталі з частковою розгорткою. У цьому випадку розгортку виконують тонкими штрих-пунктирними лініями і напису «Розгортка» над зображенням не роблять (рис. 261, в).

20.2. Виконання ескіза деталі з натури

Конструкторські документи, призначені для одноразового використання, можна виконувати в ескізному вигляді.

Ескізом називається креслення, виконане від руки, тобто без креслярських інструментів і без застосування точного масштабу.

Ескізи виконують за всіма вимогами, які ставлять до робочих креслень. Послідовність виконання ескіза деталі з натури можна поділити на дві стадії: підготовчу і основну.

Підготовча стадія виконання ескіза:

1. Уважно розглядаючи деталь, ознайомлюються з її конструкцією, виявляють наявні отвори, приливи, фланці, виступи, проточки, канавки, різьбу, симетрію чи асиметрію деталі в цілому і окремих її частин тощо. Аналізуючи деталь, уявно розчленовують її на прості геометричні форми і розглядають, як ці форми поєднані в одне ціле.

2. З'ясовують призначення деталі, її назву, робоче положення в механізмі, матеріал, з якого її виготовлено, умови роботи тощо.

3. Вибирають положення деталі для побудови її головного зображення. Головним зображенням може бути вигляд, фронтальний розріз або поєднання розрізу з виглядом. Головне зображення повинно дати

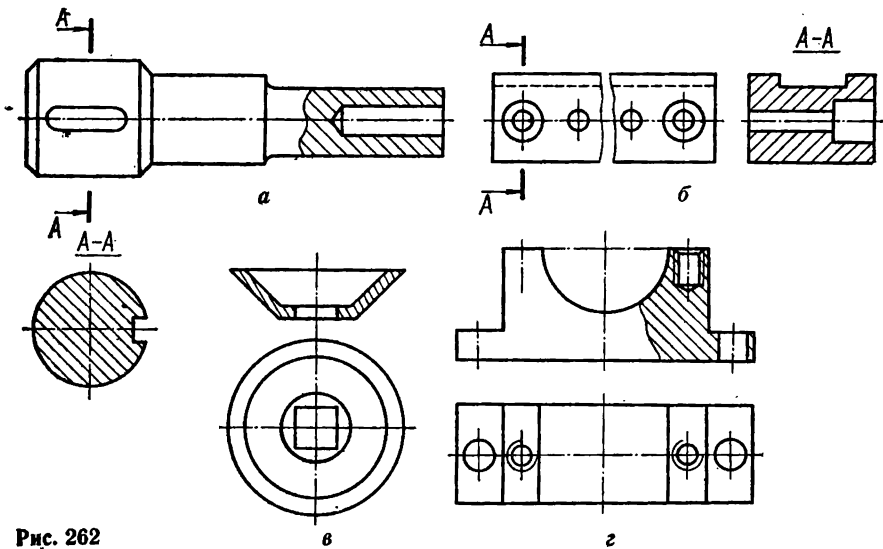


Рис. 262

якнайповніше уявлення про форму і розміри предмета. Вибираючи головне зображення, слід урахувати деякі вимоги технологічного і конструктивного порядку. Так, деталі, які обробляють на токарному верстаті (осі, втулки, кільця, вали, шпинделі тощо), розміщують так, щоб їх осі займали горизонтальне положення (рис. 262, а, б); штамповані деталі розміщують на головному зображенні відповідно до їх положення при пресуванні (рис. 262, в); корпусні деталі, які виготовляють литтям, показують у тому вигляді, яке вони займають на головному зображенні у конструкції виробу (рис. 262, з); при цьому основна оброблювана стична площина найчастіше займає горизонтальне положення.

4. Вибирають потрібні зображення: вигляди, розрізи, перерізи, виносні елементи, які повністю розкриють зовнішню і внутрішню будову деталі.

5. Установлюють величину зображення, підготовляють папір, олівці, гумку. Ескіз рекомендується виконувати на міліметровому папері або на папері в клітинку, бо це полегшує додержання проекційного зв'язку, паралельності ліній, симетричності тощо. Олівці беруть марок МТ, М і 2М. М'який олівець утворює контрастність ліній і дає можливість додержувати потрібної їх товщини. Розмір ескіза повинен дати змогу виявити форму найдрібніших елементів деталі і полегшити нанесення розмірів.

Основна стадія виконання ескіза:

1. На вибраному форматі паперу наносять рамку і в правому нижньому куті виділяють місце для основного напису (див. § 20.4).

2. Установлюють на око габаритні розміри зображуваної деталі, тобто співвідношення довжини, висоти та ширини, і наносять габаритні прямокутники — місця розташування зображень предметів. При цьому враховують і площу, яка потрібна для нанесення розмірів, написів,

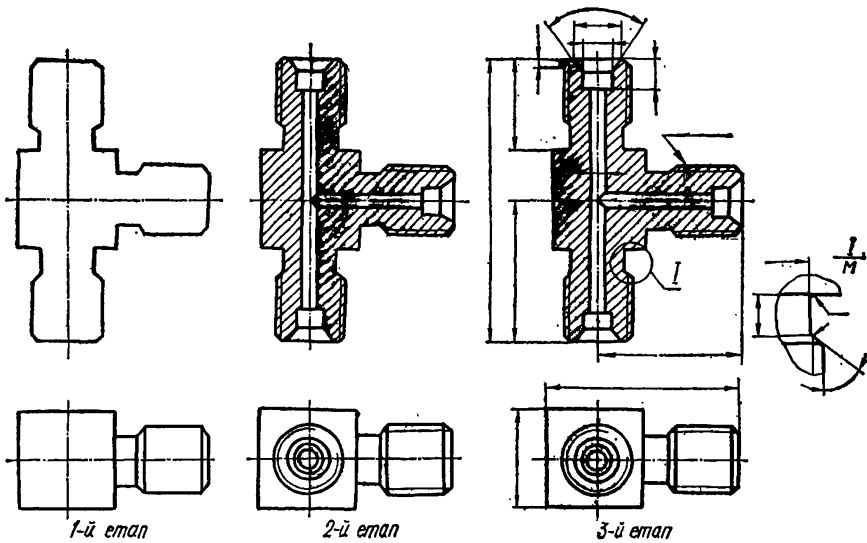


Рис. 263

позначень, технічних умов. Правильне планування формату (компопування) має і певне естетичне значення.

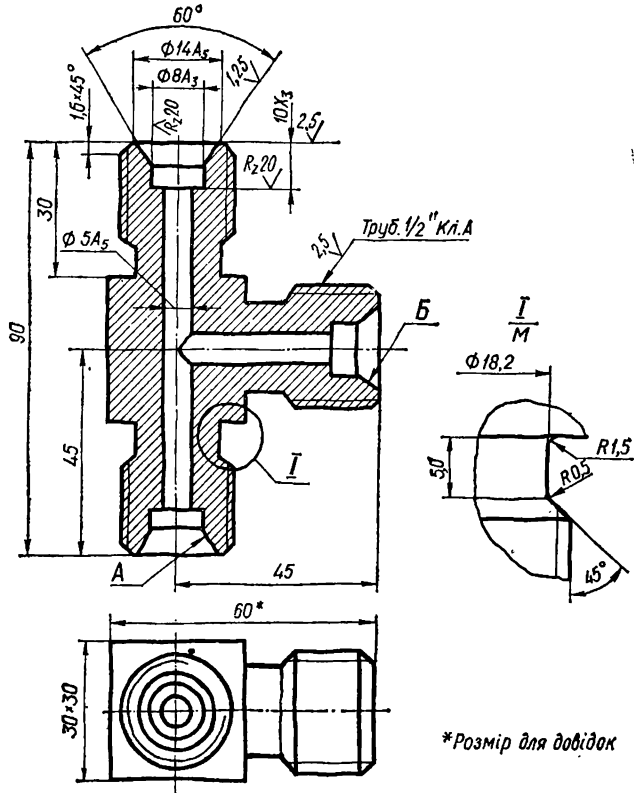
3. Проводять осі симетрії деталі і центрові осі отворів. За встановленими на око пропорціями на зображеннях наносять контури елементів деталі і будують зовнішній її обрис у цілому. Виконують конструктивні і технологічні елементи — фаски, галтелі, скруглення, проточки, уклони тощо. Попереднє розчленування деталі на окремі прості геометричні форми дає можливість правильніше підійти до виконання ескіза і нанесення на ньому розмірів.

4. Тонкими лініями намічають контури розрізів і перерізів. При цьому слід урахувувати таке: а) внутрішня поверхня деталі звичайно паралельна зовнішній; б) осі отворів для болтів, гвинтів і шпильок повинні бути перпендикулярні до опорних площин головок і гайок, а розміри цих площин — достатні для їх розміщення; в) центри отворів розташовуються, як правило, симетрично відносно осей деталі або у вершинах правильних багатокутників тощо.

5. Виконують потрібні виносні елементи, додаткові і місцеві вигляди, які б повніше розкривали зображувану деталь.

6. Усувають зайві лінії (проекційного зв'язку, невидимого контуру, габаритні прямокутники та ін.), перевіряють усі виконані зображення і обводять видимий контур суцільною основною лінією, заштриховують розрізи і перерізи.

7. Наносять виносні і розмірні лінії. Розміри на ескізах можна розбити на три групи: а) розміри, що визначають деталь у цілому, — габаритні; б) розміри, які встановлюють взаємне положення окремих елементів деталі, — відносні розміри; в) розміри окремих елементів деталі. Розміри зовнішніх елементів розміщують, як правило,



1. Непоказані радіуси скруглень 2мм
2. Непоказані граничні відхилення розмірів:
отворів - за А₇, валів - за В₇, решти - за СМ₇
3. Неперпендикулярність осі отвору А відносно осі отв. Б не більша за 0,02 мм

4-й етап

					КМТ4.002012.002				
Зм	Арк	№ док.им	Підпис	Дата	Трійник		Літ.	Маса	Масшт.
Розроб.		Кост. А.					И		
Перев.		Ласкін А.	Хв	5.8.78			Аркшит. Аркушев		
І. контр.		Ласкін А.	Хв						
Н. контр.					Сталь 35		КМТ		
Затв.					ГОСТ 1050-74		Гр.КМ-10		

Рис. 264

з боку вигляду, а внутрішніх — з боку розрізу. Проставляють розміри з урахуванням конструктивних і технологічних баз (див. § 20.5).

8. Вимірюють деталь і проставляють розмірні числа за правилами ГОСТ 2.307—68. Слід пам'ятати про умовні позначення і спрощені написи, які застосовують при нанесенні розмірів.

9. Визначають шорсткість поверхні, виходячи з умов її виготовлення або призначення, і показують на кресленні відповідними знаками. У потрібних випадках ставлять позначення термообробки, покриття тощо.

10. Виконують потрібні написи, технічні умови, заповнюють основний напис і остаточно оформлюють ескіз.

На рис. 263, 264 показано етапи виконання ескиза трійника.

20.3. Виконання робочого креслення деталі

Як і для ескиза, можна намітити дві стадії виконання робочого креслення деталі.

Підготовча стадія виконання робочого креслення:

1. Проаналізувати ескіз деталі, для чого: а) прочитати ескіз і уявити собі зовнішню і внутрішню будову деталі; б) перевірити наявність необхідної і достатньої кількості зображень (виглядів, розрізів, перерізів, виносних елементів); в) перевірити достатність і доцільність нанесення розмірів з урахуванням вимог конструктивного та технологічного порядку; г) перевірити наявність і правильність нанесення позначень шорсткості поверхонь, покриття, термообробки; д) прочитати основний напис, технічні вимоги та інші пояснювальні написи, що є на ескізі, і в разі потреби скоректувати їх і ін.

2. За ГОСТ 2.302—68 вибрати масштаб зображення. Найсприятливішим є натуральний масштаб, тобто 1 : 1.

3. Скласти остаточною схему компоновання креслення, тобто намітити місця основних і додаткових зображень, основного напису, технічних вимог, площу, потрібну для нанесення розмірів, і т. п.

Після підготовчої роботи переходять до *безпосереднього виконання креслення:*

1. Креслять рамку, залишають місце для основного напису, позначень, технічних вимог, проводять осі симетрії, центрові лінії, тонкими лініями креслять видимий контур зображення, намічають невидимий контур, виконують розрізи, перерізи, виносні елементи, додаткові зображення. Проводять виносні і розмірні лінії.

2. Уважно перевіряють виконану побудову й усувають зайві допоміжні лінії. Осьові і центрові лінії обводять тонкою штрих-пунктирною лінією, а видимий контур зображення — суцільною основною. Заштриховують розрізи і перерізи. Остаточно обводять виносні і розмірні лінії, проставляють розмірні числа, наносять знаки шорсткості поверхні, допуски і посадки, позначення термообробки й покриття. Заповнюють основний напис і технічні вимоги.

У кінці теми на рис. 299—301 наведено приклади виконання робочих креслень деталей.

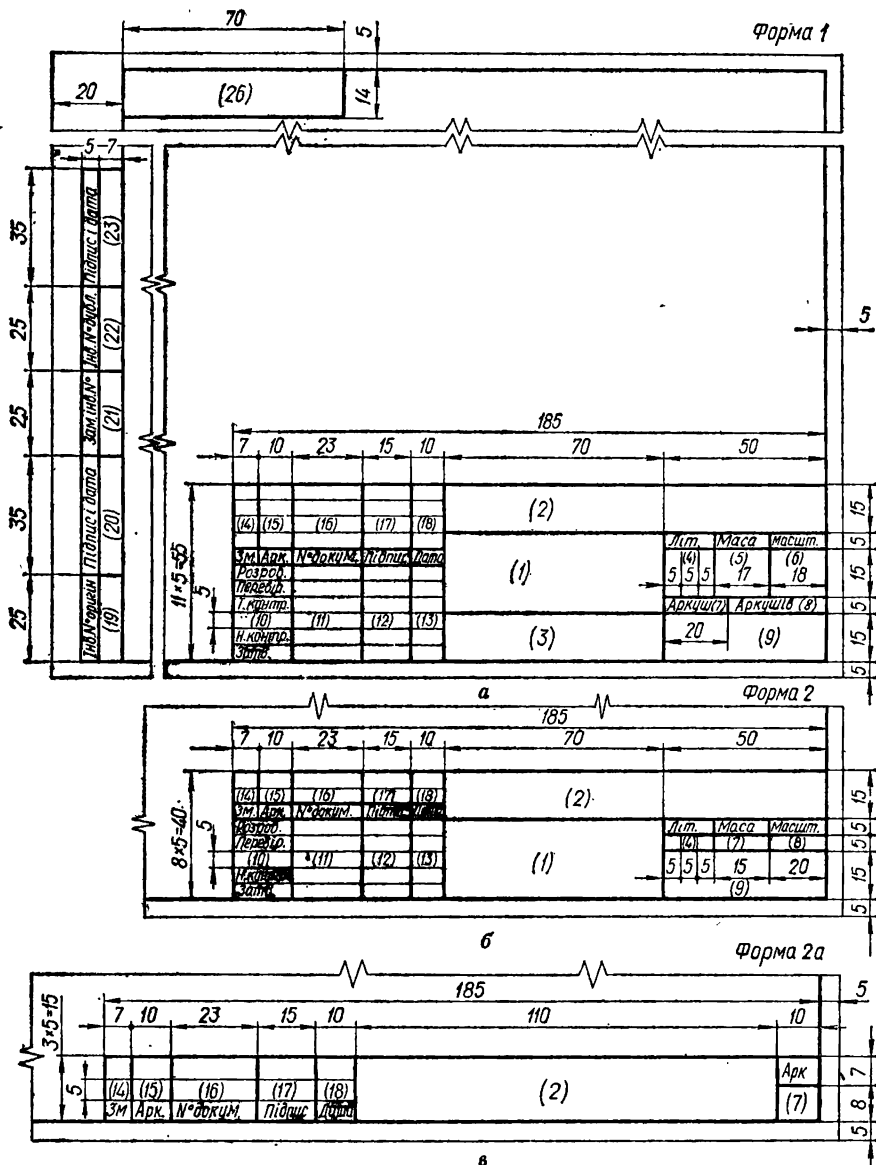
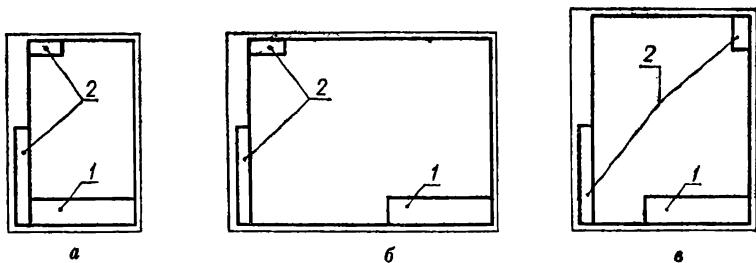


Рис. 265

20.4. Основні написи

Кожне креслення повинно мати основний напис, в якому наводяться найважливіші відомості про предмет (його назва, позначення, матеріал, маса та інші дані).

Основний напис (ГОСТ 2.104—68) на кресленнях і схемах виконують за формою 1 (рис. 265, а), а в текстових документах — за формою



1 - Основний напис
2 - Додаткові графи

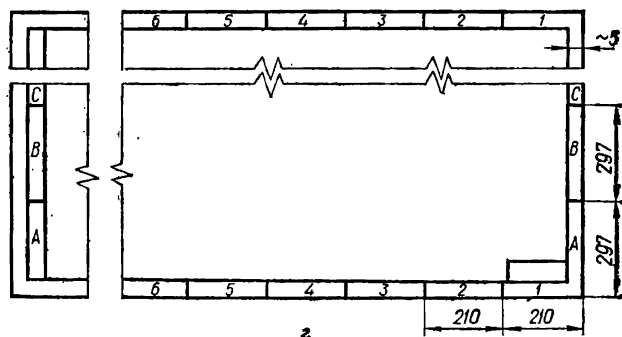


Рис. 266

2 і 2а (рис. 265, б, в). Для наступних аркушів креслень і схем дозволяється основний напис виконувати за формою 2а.

Проставляють основні написи в правому нижньому куті конструкторського документа і виконують їх основними і тонкими суцільними лініями. На аркуші креслення формату 11 напис розміщують лише вздовж коротшої сторони (рис. 266, а), а на аркушах більших форматів — уздовж довгої (рис. 266, б) або короткої сторони (рис. 266, в).

Щоб можна було швидко знайти складову частину виробу або його елемента, рекомендується розбити поле креслення на зони. Позначки, що поділяють аркуш на зони, роблять звичайно на відстанях, що дорівнюють одній із сторін формату 11. По горизонталі позначки наносять арабськими цифрами справа наліво, а по вертикалі — великими буквами латинського алфавіту знизу вгору (рис. 266, г). Отже, кожному зоні позначають сполученням букви і цифри, наприклад: А1; В3.

У графах основного напису подають (рис. 265, а):

у графі (1) — назву виробу або документа, якщо в цього документа є шифр;

у графі (2) — позначення документа за ГОСТ 2.201—68 (див. § 23.8);

у графі (3) — позначення матеріалу деталі (графу заповнюють лише для креслень деталей);

у графі (4) — літеру, що присвоєна документу за ГОСТ 2.103—68. Літеру «А» присвоюють документам установочної серії, літеру «В» — документам серійного або масового виробництва, літеру «И» — документам індивідуального виробництва; на навчальних кресленнях можна ставити літеру «У»;

у графі (5) — масу виробу за ГОСТ 2.109—73;
у графі (6) — масштаб, в якому виконано креслення (за ГОСТ 2.302—68);

у графі (7) — порядковий номер аркуша. Якщо документ складається з одного аркуша, графу не заповнюють;

у графі (8) — загальну кількість аркушів документа (графу заповнюють лише на першому аркуші);

у графі (9) — назву або індекс підприємства. На навчальних кресленнях пишуть факультет, технікум, групу;

у графі (10) — характер роботи, яку виконує той, хто підписує документ: «Розробив», «Перевірив», «Технологічний контроль» тощо;

у графі (11) — прізвища тих, хто підписує документ;

у графах (12), (13) — підписи і дати, коли підписано документ;

у графах (14) — (18) — зміни на кресленні. Ці графи заповнюють за ГОСТ 2.503—68. На навчальних кресленнях їх не заповнюють;

у графах (19) — (23) — інвентарний номер оригіналу, підписи тих, хто прийняв дублікат, та ін. Ці графи в навчальних кресленнях не заповнюють;

у графі (26) — позначення документа, повернуте на 180° . Цей запис потрібен для технічного архіву креслень.

20.5. Бази і нанесення розмірів

Розміри на ескізах і робочих кресленнях слід проставляти з урахуванням конструктивних умов роботи деталі в з'єднанні, технології її виготовлення і контролю. Виходячи з цього, вибирають бази, від яких обмірюють деталі при їх виготовленні, контролі і складанні. Бази поділяють на конструктивні, технологічні, вимірні і складальні.

Конструктивною базою (рис. 267, а, в, г) називається сполучення поверхонь, ліній і точок, що визначають положення деталі в механізмі, тобто елементів, відносно яких орієнтують інші деталі.

Технологічною базою (рис. 267, д) називається поверхня, відносно якої орієнтують оброблювану поверхню деталі при виготовленні.

Вимірною базою (рис. 267, б) називається поверхня (або система поверхонь), від якої відлічують розміри при обмірванні готових деталей. Вимірною базою може бути і вісь обертання або вісь симетрії деталі.

Складальною базою називається сукупність поверхонь, ліній і точок, відносно яких фактично орієнтують інші деталі виробу.

Наведемо приклади деяких конструктивних баз. На рис. 267, а конструктивною базою є площина, від якої треба витримати розмір m , що визначає положення спряжених поверхонь. На рис. 267, в конструктивними базами є лінії — осі циліндрів, які дають змогу витримати розмір l , від якого залежить положення спряжених поверхонь A і B . На рис. 267, г конструктивною базою є точка O .

Знімаючи ескізи деталей, в навчальній практиці найчастіше користуються технологічними базами, бо, як правило, розміщення деталі в механізмі невідоме. На рис. 267, д при нанесенні розмірів втулки за основну базу A взято лівий торець деталі. Розміри нанесено так, щоб за ними легко було виготовити деталь. Крім основної бази A в нашому

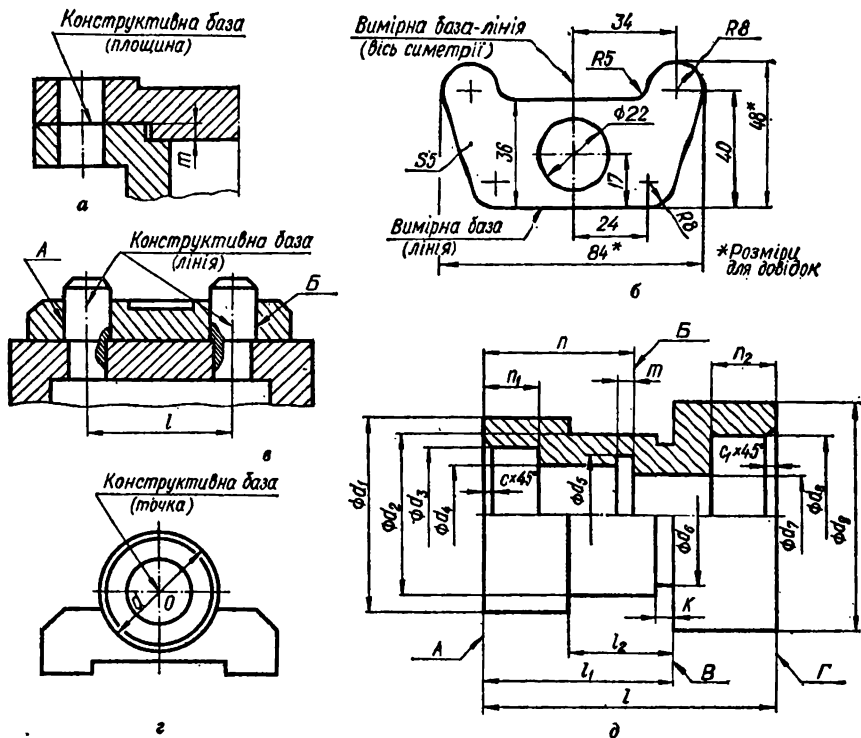


Рис. 267

випадку використані ще й допоміжні бази *Б*, *В*, *Г*, які дають можливість найпростіше і найточніше проконтролювати розміри, задані на кресленні деталі.

Відносно основної бази *А* орієнтовано розміри n , n_1 , l , l_1 , а відносно допоміжної бази *В* — розміри l_2 , K . Обробляючи зовнішню поверхню, спочатку проточують деталь по діаметру d_1 на довжину l_1 , а потім по діаметру d_2 на довжину l_2 . Виточку завширшки K виконують різцем, ширина різальної кромки якого також дорівнює K . Обробляючи внутрішню поверхню деталі, спочатку просвердлюють отвір діаметром d_7 по всій довжині втулки. Потім з одного боку деталь розточують по діаметру d_4 на довжині n і по діаметру d_3 на довжині n_1 . Різцем виконують виточку завширшки t по діаметру d_5 . З другого боку деталь розточують по діаметру d_8 на довжині n_2 . Розмір n_2 орієнтовано відносно допоміжної бази *Г*. Останньою операцією є відрізання деталі за розміром l з розточуванням фасок $c \times 45^\circ$. Зверніть увагу на те, що розміри, які належать зовнішній поверхні деталі, винесені вниз, а внутрішній — угору. Проставляння розмірів цілком відповідає технології виготовлення деталі і дає змогу легко їх контролювати.

Застосовують три способи проставляння розмірів на кресленнях: ланцюговий, координатний і комбінований.

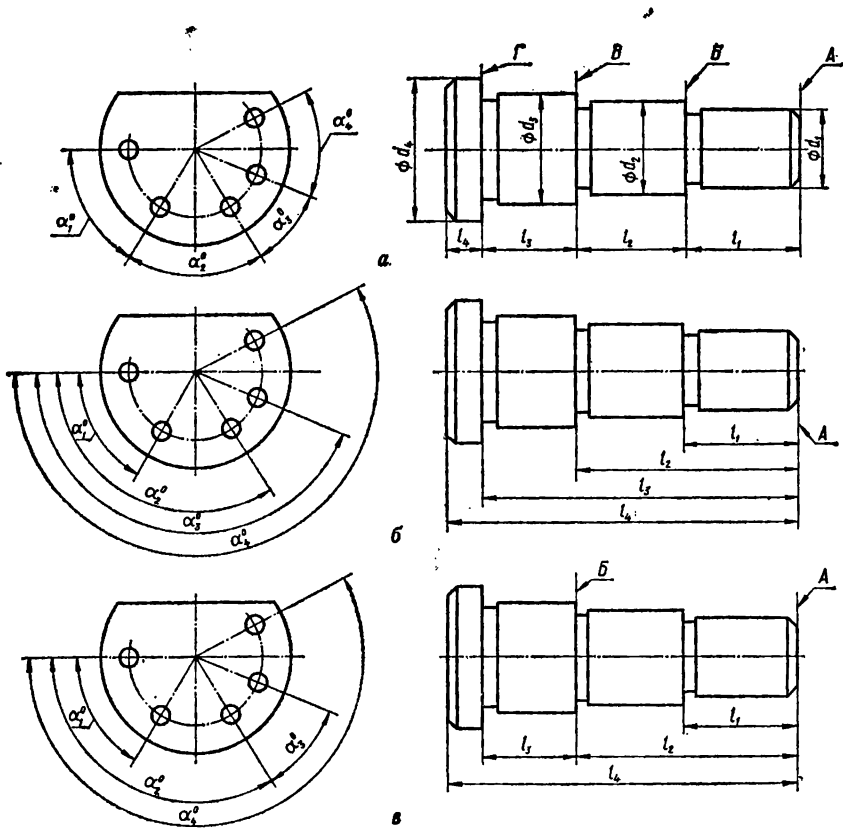


Рис. 268

При *ланцюговому* способі розміри проставляють послідовно — ланцюжком (рис. 268, а). У цьому випадку кожний ступінь, наприклад валика, проточують самостійно, тобто спочатку проточують ступінь за діаметром d_1 на довжину l_1 від бази А, потім — ступінь d_2 на довжину l_2 від бази В і т. д. При цьому способі ланцюг не повинен бути замкненим: коли на кресленні проставлено загальний розмір деталі, то один з поопераційних розмірів випускають, бо без цього неможливо додержати потрібної точності розміру. Ланцюговий спосіб застосовують при нанесенні розмірів на міжцентрові відстані, для ступінчастих деталей, коли треба витримати точні розміри кожного ступеня, при обробці деталі комплектом різального інструменту тощо.

При *координатному* способі розміри проставляють від певної бази (рис. 268, б). Кожний розмір в цьому разі є певною координатою, що визначає положення елемента відносно бази. Позитивною рисою цього способу є те, що точність будь-якого розміру залежить лише від технологічних помилок, які виникають при виконанні певної операції і зовсім не залежать від точності виконання інших розмірів. Цей спосіб найпоширеніший у конструкторській практиці.

Комбінований спосіб нанесення розмірів (рис. 268, в) є поєднанням ланцюгового і координатного способів.

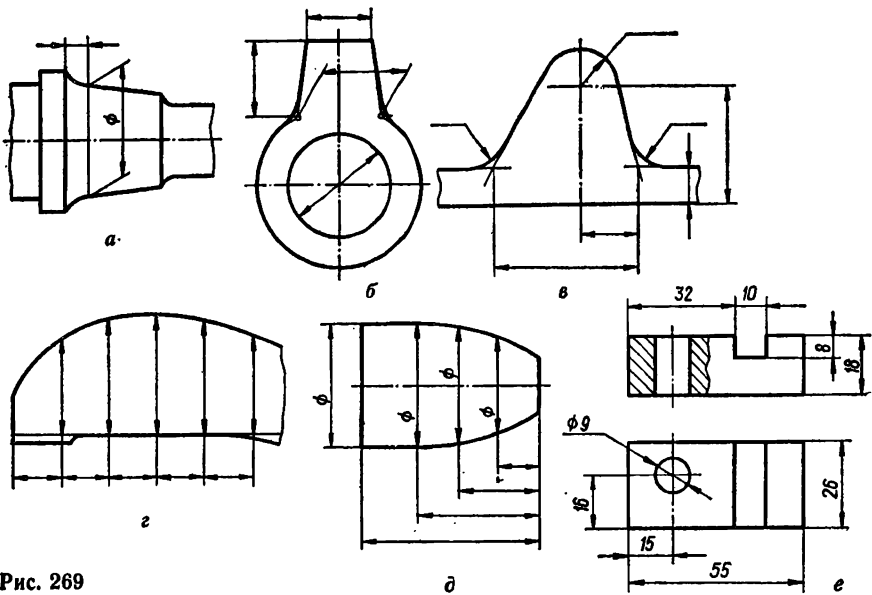


Рис. 269

20.6. Нанесення розмірів на кресленнях (ГОСТ 2.307—68)

У розділі «Геометричне креслення» було розглянуто лише основні правила нанесення розмірів. Розглянемо додатково ряд нових положень, які стосуються головним чином машинобудівного креслення:

1. Загальна кількість розмірів на кресленні має бути мінімальною, але достатньою для виготовлення виробу і контролю якості.

2. Лінійні розміри і граничні відхилення їх показують на кресленні в міліметрах, не позначаючи одиниці вимірювання. В технічних вимогах і пояснювальних записках, зроблених на полі креслення, одиницю вимірювання (*мм*) треба показувати обов'язково (див. рис. 274).

3. Розмірні числа на кресленні показують справжні розміри виробу незалежно від вибраного масштабу.

4. Розмірні лінії повинні бути перпендикулярними до виносних. При незначній величині конусності або уклону виносні і розмірні лінії слід проводити так, щоб разом з вимірюваним відрізком вони утворили паралелограм (рис. 269, *а*).

5. В місцях плавного скруглення деталі виносні лінії проводять від точок перетину сторін округлюваного кута (рис. 269, *б, в*) або від центра дуги скруглення.

6. Для нанесення розмірів криволінійного контуру дозволяється як виняток використовувати виносні лінії як розмірні (рис. 269, *г, д*).

7. Розміри одного конструктивного елемента (отвору, паза, виступу, канавки тощо) рекомендується групувати на одному зображенні, віддаючи перевагу тому зображенню, на якому форма елемента розкривається найбільш повно і виразно (рис. 269, *е*).

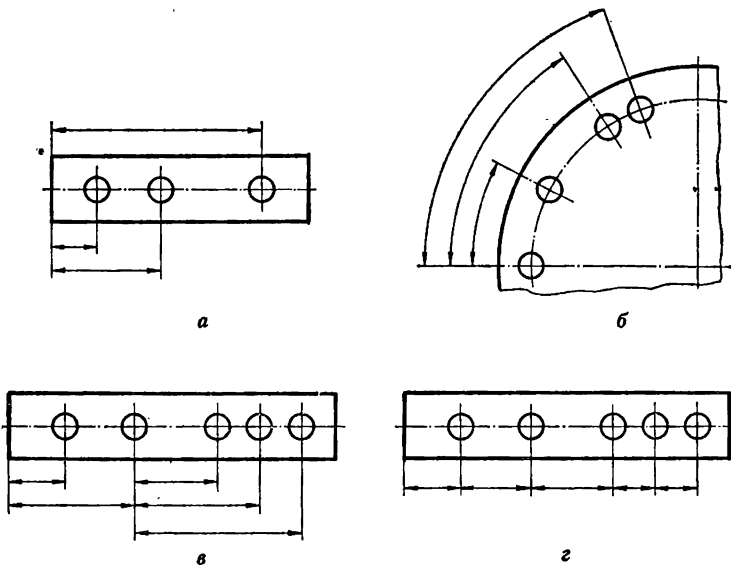


Рис. 270

8. Розміри, що визначають взаємне розташування спряжених поверхонь, як правило, проставляють від конструктивних баз з урахуванням можливості їх виконання і контролю.

9. Якщо однакові елементи (отвори, пази, зубці тощо) розташовані на одній осі або на одному колі, рекомендується розміри, які визначають їх взаємне розташування, наносити такими способами:

а) від однієї спільної бази, за яку правитиме поверхня деталі (рис. 270, а) або її вісь (рис. 270, б);

б) від двох або більшої кількості спільних баз (рис. 270, в);

в) між кожною парою суміжних елементів, тобто ланцюжком (рис. 270, г). Ланцюг ні в якому разі не повинен бути замкненим. Виняток з цього правила становить випадок, коли один із розмірів є довідковим (див. рис. 274, а, б).

10. На багатьох деталях бувають однакові елементи (отвори, пази тощо), розміщені рівномірно або нерівномірно. Розглянемо, як треба проставляти розміри в цих випадках:

а) якщо однакові елементи, наприклад отвори, рівномірно розміщені по колу, то показують загальну їх кількість і розмір одного отвору (рис. 271, а);

б) якщо однакові отвори розміщені не по осях симетрії, то положення їх центрів треба координувати кутовими розмірами відносно осей зовнішнього кола (рис. 271, б);

в) якщо треба точно витримати розмір між центрами рівномірно розміщених отворів, на кресленні показують один з кутів з граничними відхиленнями (рис. 271, в);

г) якщо однакові рівномірно розміщені елементи, наприклад отвори, займають не все коло, а лише його частину, то розмір реко-

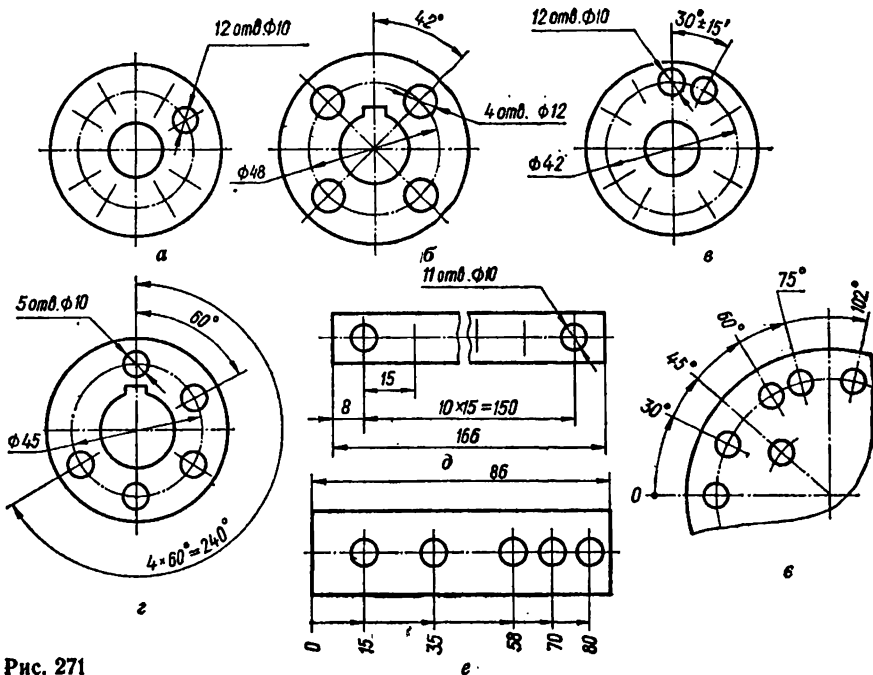


Рис. 271

мендується наносити між сусідніми елементами і між кінцевими, причому останній розмір подають у вигляді добутку кількості проміжків на величину розміру між ними (рис. 271, г). Так само проставляють розміри для елементів (отворів, пазів і ін.), розміщених не по колу, а по прямій (рис. 271, д);

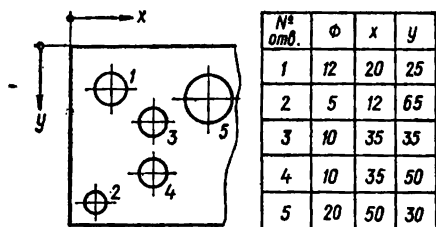
д) коли багато розмірів нанесено від загальної бази, рекомендується робити спрощення (рис. 271, е, е): від позначки 0 провести загальну розмірну лінію і розмірні числа нанести у напрям вивносних ліній на їх кінцях;

е) коли різні за розмірами однотипні елементи розміщені по поверхні деталі нерівномірно, допускається координатний спосіб нанесення розмірів із зведенням усіх розмірних чисел в одну таблицю (рис. 272, а);

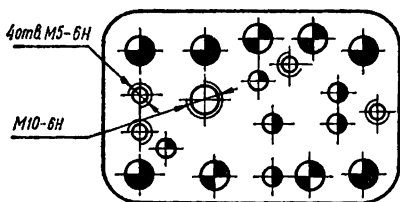
ж) коли на кресленні є кілька близьких за розмірами груп отворів, рекомендується однакові отвори позначати одним умовним знаком. На рис. 272, б зображено плиту, яка має 6 груп однакових отворів різних діаметрів. Кожна група позначена своїм умовним знаком і всі потрібні дані зведені в таблицю;

з) на рис. 273 показано, як ставити розміри у випадках, коли отвори зображені тільки в розрізі і коли тільки на вигляді, а розрізу немає.

11. Розміри, які не підлягають виконанню і які наведені для більшої зручності користування кресленням, називаються *довідковими*. На кресленні ці розміри позначають знаком «*», а в технічних вимогах записують: «* Розміри для довідок».



а



Позначення	Кількість	Розміри	Шорсткість поверхні
	2	φ 5A	2,5
	4	φ 6A ₅	R _z 40
	5	φ 8,5	R _z 40
	4	φ 8	R _z 40

б

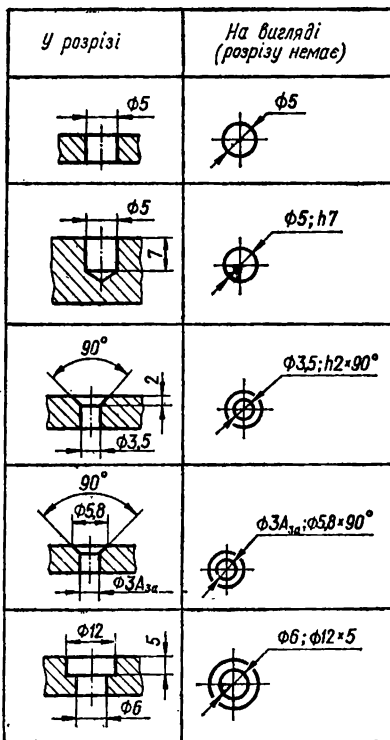


Рис. 273

Рис. 272

До довідкових слід віднести такі розміри:

а) один з розмірів замкненого розмірного ланцюга, наприклад розміри 74 і 32 на рис. 274, а, б (на довідкові розміри граничних відхилень не призначають);

б) розміри, перенесені з креслень предметів-заготовок (на рис. 274, в, щоб просвердлити отвір, виконавчими є розміри $\varnothing 3,6A_5$ і $70 \pm 0,2$. Розміри діаметра різьби гвинта М16 і його довжина 80 є довідковими);

в) розміри, які визначають положення елементів деталі, що оброблятиметься за іншою деталлю або разом з нею (на рис. 274, г три отвори $\varnothing 8,5A_5$ треба обробити за спряженою деталлю, тому довідковими будуть розміри центрального кола $\varnothing 65$ та кутів 115 і 122° , які визначають положення цих отворів), і деякі інші.

12. Не дозволяється повторювати розміри того самого елемента на різних зображеннях, у технічних вимогах, в основному написі або в специфікації. Якщо в технічних вимогах треба зробити посилання на розмір, який вже нанесено на зображенні, то цей розмір або відповідний елемент позначають буквою, а в технічних вимогах роблять напис за прикладом рис. 274, д.

13. Якщо симетрична деталь має симетрично розміщені однакові елементи, наприклад отвори, то розміри в цих випадках проставляють

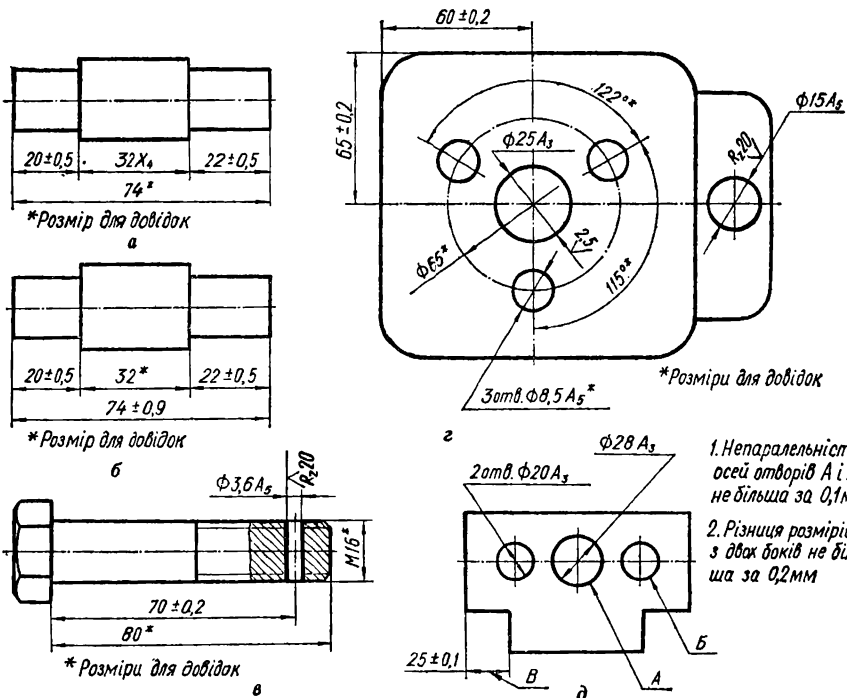


Рис. 274

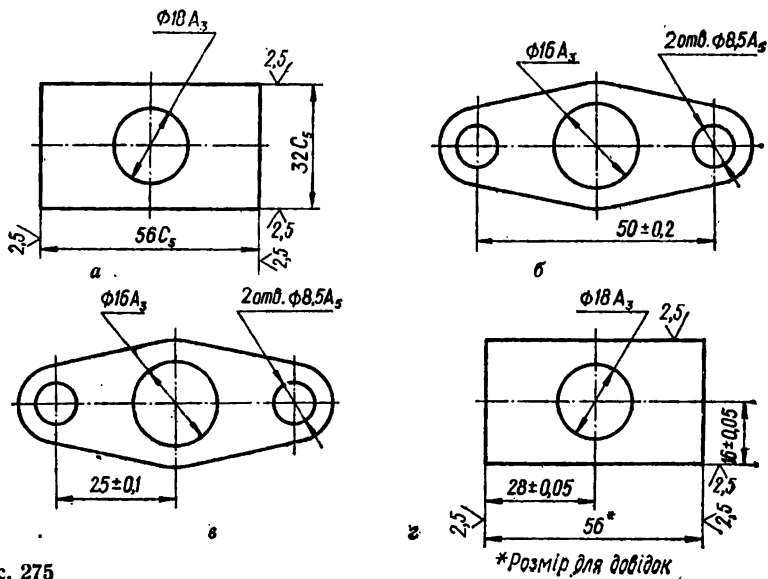


Рис. 275

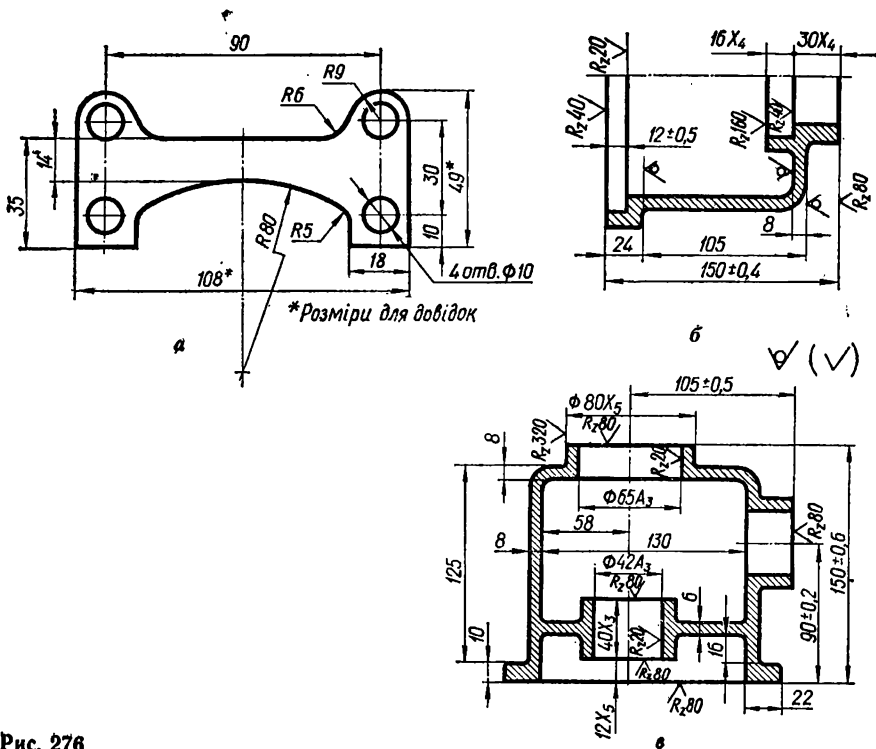


Рис. 276

так, як показано на рис. 275, а, б. Спосіб нанесення розмірів, показаний на рис. 275, в, г, рекомендується для виробів індивідуального виробництва.

14. Розміри симетрично розміщених елементів виробу (крім отворів) треба проставляти лише один раз, не позначаючи кількість елементів і групуючи всі розміри в одному місці (рис. 276, а).

15. На всі розміри, нанесені на робочому кресленні, як правило, призначають граничні відхилення. Дозволяється не призначати граничних відхилень на розміри, які визначають зони різної шорсткості тієї самої поверхні, зони термообробки, покриття, накатки, насічки і т. п., а також на розміри деталей індивідуального виробництва, які задаються з припуском на приганяння.

16. Багато деталей виготовляють литтям, штампуванням, куванням та прокатуванням з наступною механічною обробкою частини їх поверхонь, головним чином спряжених. Виконуючи робочі креслення цих деталей, слід пам'ятати таке:

а) взаємне розташування поверхонь, які не оброблятимуться, показують розмірами, що безпосередньо зв'язують ці поверхні між собою;

б) поверхні, які оброблятимуться механічно, повинні бути зв'язані з необроблюваними поверхнями не більш як одним розміром по кожному координатному напрямку, тобто по довжині, висоті і глибині. На рис. 276, б таким зв'язуючим розміром є 24 мм, а на рис. 276, в — в одному напрямі розмір 10 мм, а в другому — 58 мм.

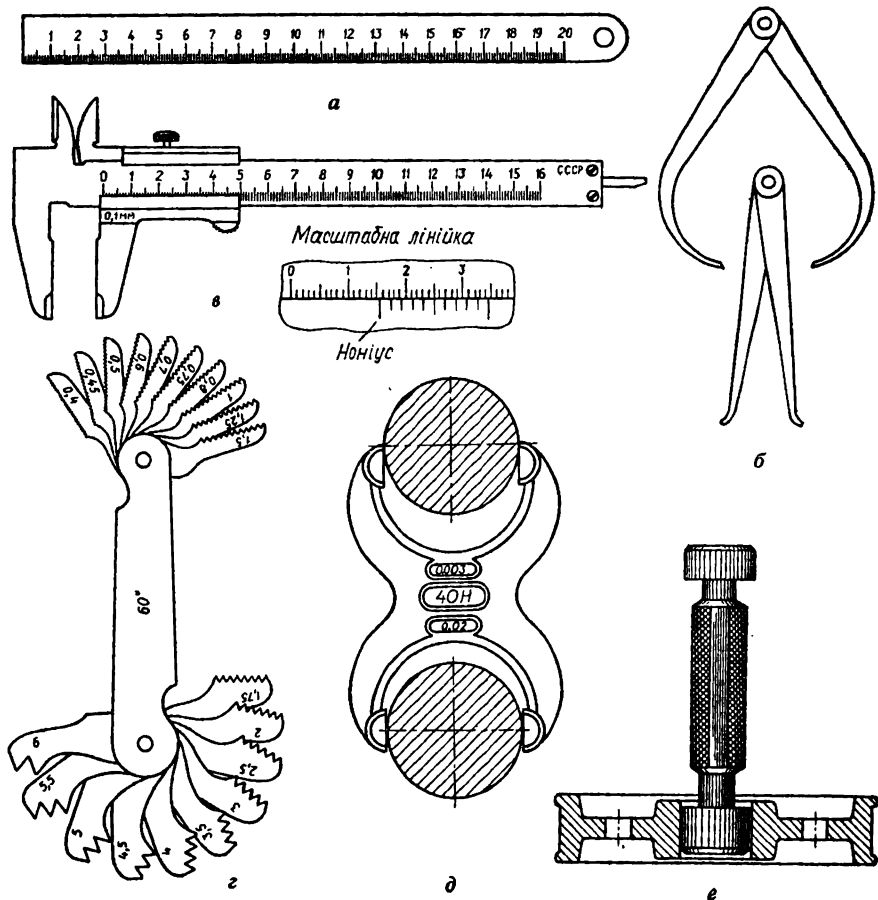


Рис. 277

20.7. Вимірювальний інструмент і прийоми вимірювання деталей

Для вимірювання лінійних розмірів при зніманні ескізів застосовують сталю масштабну лінійку (рис. 277, а), для вимірювання зовнішніх та внутрішніх діаметрів — кронциркуль і нутромір (рис. 277, б). Точність вимірювання цими інструментами 0,2 ... 0,6 мм. Щоб досягти більшої точності вимірювання, користуються штангенциркулем (рис. 277, в) і мікрометром. Радіусомірами визначають радіуси зовнішніх і внутрішніх скруглень на деталі. За допомогою різьбомірів (рис. 277, г) вимірюють крок різьби; на пластинках різьбоміра проставлено кроки і характер різьби (метрична, трубна тощо). Малі пази між поверхнями вимірюють щупами — набором сталених пластинок, товщина яких відрізняється одна від одної на десяти і соті частини міліметра. В умовах серійного виробництва для вимірювання з великою точністю використовують граничні скоби (рис. 277, д) і калібри (рис. 277, е).

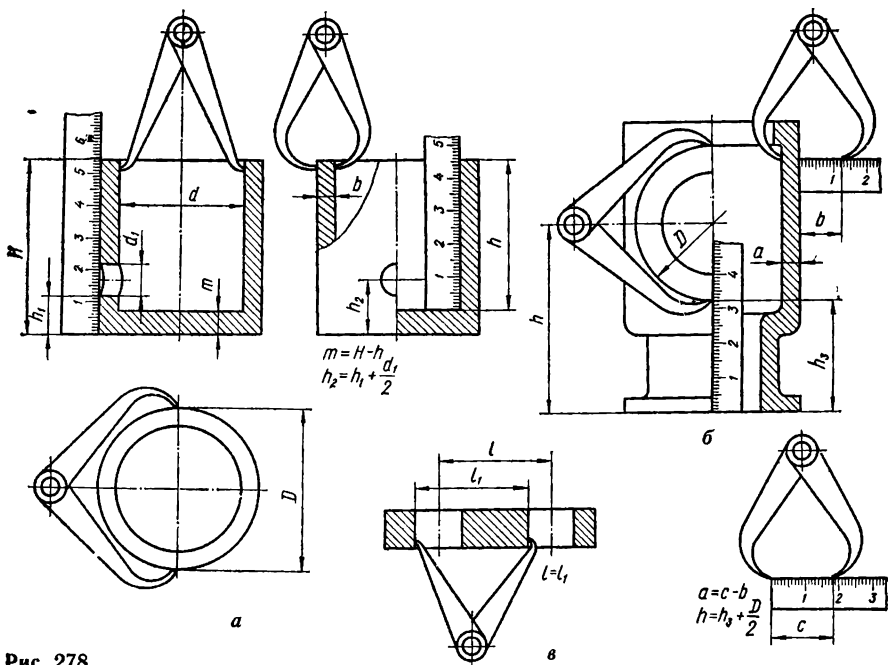


Рис. 278

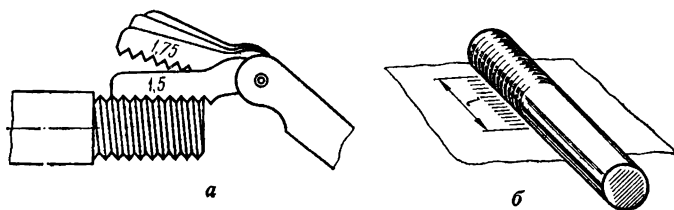


Рис. 279

Розглянемо деякі способи вимірювання деталей і їх елементів:
 1. На рис. 278, а показано, як за допомогою сталльної лінійки виміряти лінійні розміри предмета (висоту, довжину, глибину).

2. Зовнішні і внутрішні діаметри тіл обертання, товщину стінок вимірюють кронциркулем і нутроміром (рис. 278, а, б). Якщо ж не можна вийняти кронциркуль з деталі, не збивши його ніжок, застосовують прийом, показаний на рис. 278, б: ніжки встановлюють з деяким запасом b , який визначають сталлюю лінійкою, прикладеною до зовнішньої поверхні деталі. Вимірюють величину c і за різницею c та b визначають товщину a стінки.

3. Висоту центра отвору можна знайти за формулою $h = h_3 + \frac{D}{2}$, визначивши величини D і h_3 (рис. 278, б).

4. На рис. 278, в показано, як виміряти відстань між центрами однакових отворів.

5. Крок різби можна визначити різбобірами (рис. 279, а). Якщо різбобіра немає, роблять відбиток на папері (рис. 279, б), вимірюють на ньому відстань l між крайніми чітко виявленими рисками, підраховують кількість кроків, що припадає на цю довжину, і, поділивши величину l на це число, дістають крок P різби. Результат треба звірити і скоректувати за відповідною таблицею стандарту.

20.8. Технологічні особливості конструювання деталей машин

При конструюванні виробів слід урахувати фактори, від яких залежить технологічність деталей і процесу їх виготовлення. До таких факторів слід віднести:

а) оптимальність конструкції, яка забезпечує використання заготовок з найменшими припусками і дає змогу обробляти їх простими і найпродуктивнішими технологічними методами;

б) мінімальний об'єм механічної обробки виробу;

в) достатню жорсткість конструкції, що дає можливість застосувати швидкісні режими різання;

г) мінімальну масу виробу;

д) широке застосування уніфікованих і нормалізованих деталей та окремих конструктивних елементів виробу (фасок, проточок, центрових гнізд, різб тощо);

е) зменшення номенклатури і кількості застосовуваних марок матеріалів і профілів прокату;

є) зменшення по можливості вимог до точності розмірів, взаємного розміщення спряжених поверхонь, шорсткості поверхні, коли це не призводить до погіршення експлуатаційних якостей машини;

ж) взаємозамінність деталей і вузлів виробу;

з) уникання по можливості криволінійних і фасонних поверхонь, обробка яких потребує спеціального устаткування, пристроїв та інструментів.

Вимоги до деталей, виготовлюваних литтям:

1. Щоб витягти модель із форми, треба її стінкам і ребрам надати відповідних ливарних уклонів. Величина цих уклонів залежить від висоти або довжини розрахункового елемента вилівка. За ГОСТ 3212—57 кути β (рис. 280, а) беруть залежно від величини h так: якщо $h = 20 \div 50$ мм, $\beta = 3 \div 2^\circ$, а якщо $h = 50 \div 800$ мм, $\beta = 1^\circ \div 0^\circ 30'$.

У великогабаритних деталях роблять, як правило, конструктивні уклони, які значно більші за ливарні. На кресленні конструктивні уклони позначають і проставляють їх розміри, а ливарні умовно не показують, роблять лише відповідний запис у технічних вимогах (див. рис. 300).

2. Щоб деталь не мала внутрішніх напруг і ливарних дефектів, треба здійснювати плавний перехід від однієї товщини стінки до другої. На рис. 280, в, г показано величини радіусів скруглень зовнішніх і внутрішніх кутів деталей, вилитих з чавуну, сталі або сплавів, при відношенні товщин стінок S/S_1 менших або більших за 1,25,

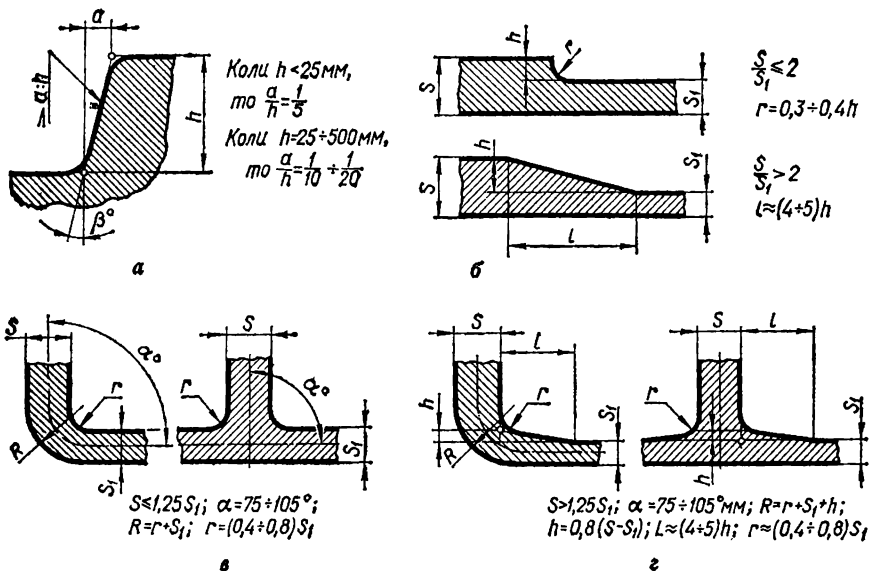


Рис. 280

3. На рис. 280, б подано норми, за якими слід виконувати перехід від стінки однієї товщини до стінки іншої товщини. Якщо відношення $S/S_1 \leq 2$, то перехід виконують за допомогою скруглення (галтелі), а якщо $S/S_1 > 2$, то треба робити плавний клиновидний перехід.

4. Опорні бурти (фланці) роблять більшої товщини, ніж товщина стінки основної частини деталі. При цьому слід передбачити плавний перехід від стінки до фланця (рис. 281, а).

5. Оброблювану поверхню слід трохи піднімати над необроблюваною. Це забезпечує вільний вихід різального інструмента і зменшує величину площі механічної обробки поверхні (рис. 281, б).

6. Якщо деталь має кілька оброблюваних площин, то їх треба розміщати по можливості на одному рівні. Це прискорює виготовлення і не потребує переналагодження інструмента (рис. 281, в).

7. Рекомендується стичну площину не робити суцільною (рис. 281, г), що дає змогу зменшити площу обробки і поліпшує контакт деталей у роботі. З тих самих причин діаметр середньої частини отвору (рис. 281, д) роблять трохи більшим, ніж діаметр кінцевих робочих частин, де відбувається спряження вала з отвором.

8. 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 (рис. 282).

Вимоги до деталей з механічною обробкою поверхонь:

1. У місцях переходу від одного діаметра вала до іншого (рис. 283, а) роблять скруглення (галтелі). Наявність скруглень підвищує міцність конструкції. Величина галтелей (рис. 283, б) залежить від характеру поверхні (вільна чи спряжена) і з'єднання (рухоме чи неру-

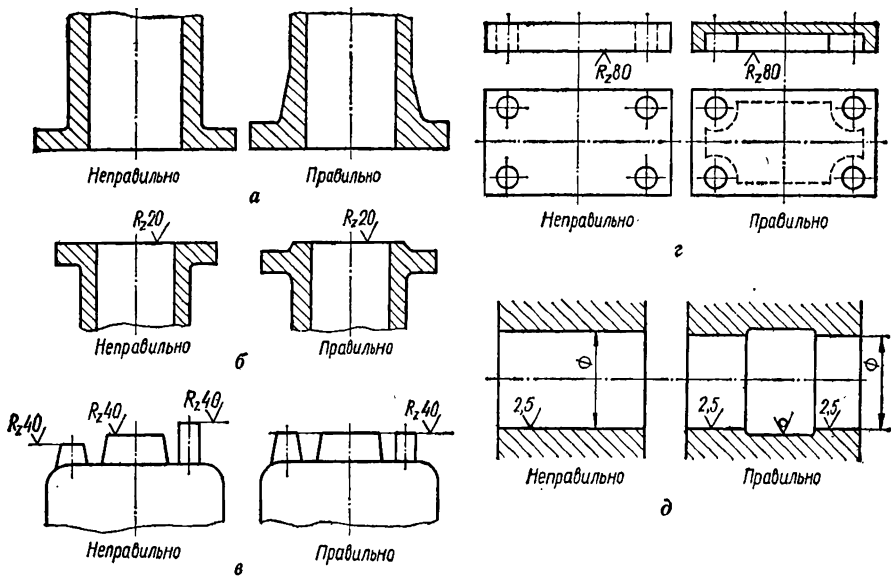


Рис. 281

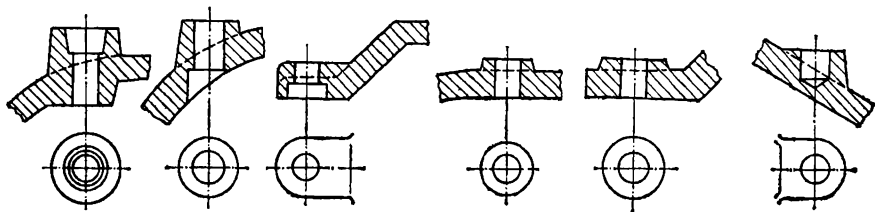


Рис. 282

хоме). За ГОСТ 10948—64 розміри радіусів скруглень беруть з таких рядів:

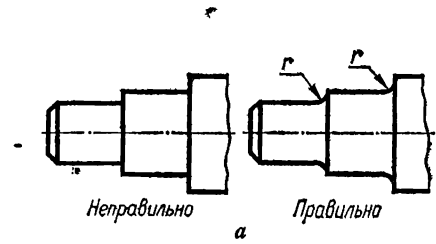
- 1-й ряд — 0,10; 0,40; 0,60; 1,0; 1,6; 2,5; 3,0; 6,0; 10; 16 мм і ін.;
- 2-й ряд — 0,20; 0,30; 0,50; 0,80; 1,2; 2,0; 3,0; 5,0; 8,0 мм та ін.

На рис. 283, в показано співвідношення, за якими визначають радіуси скруглень спряжених валів і втулок.

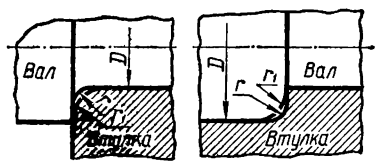
2. Для зручності складання виробів на кінцях окремих деталей роблять фаски (рис. 283, з), розміри яких беруть з тих же рядів, що й скруглення (ГОСТ 10948—64).

3. На зовнішній поверхні рукояток, головок гвинтів, кришок, круглих гайок та інших деталей, які треба загвинчувати вручну, наносять накатку. Вона буває пряма, коса і сітчаста з нахилом 30° до твірної. Кут заточування профілю накатки дорівнює $60\text{--}90^\circ$ залежно від матеріалу деталі, а величина кроку — $0,5 \dots 1,6$ мм. Приклади умовного позначення накатки наведено на рис. 284, а.

4. Деталі, які повинні мати високий клас шорсткості поверхні, як правило шліфують. У цих випадках за допомогою спеціальних канавок (рис. 285) і різниці діаметрів ступенів дають вихід шліфувальному



Радіуси скруглень спряжених валів і втулок



$r \approx (0,04 \pm 0,05)D$; $r_1 \approx (0,06 \pm 0,07)D$

в

Радіуси скруглень і фаски (ГОСТ 10948-84)

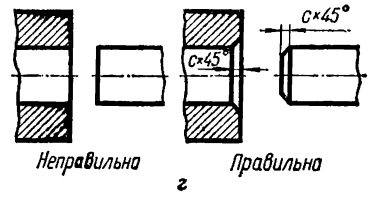
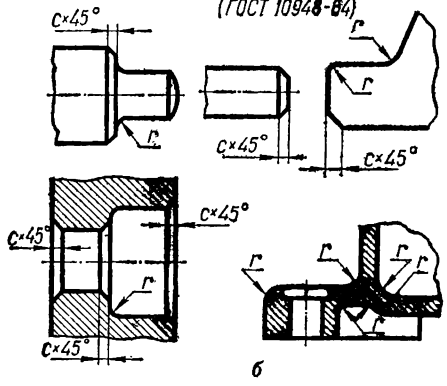
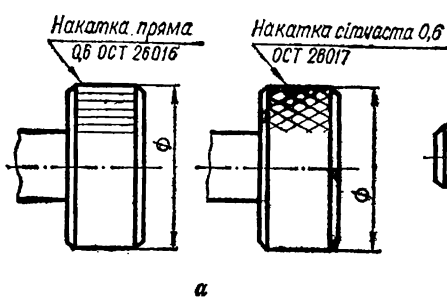


Рис. 283



Неправильно

Правильно

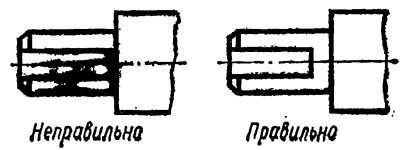
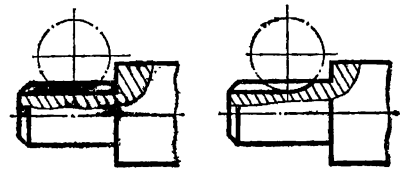
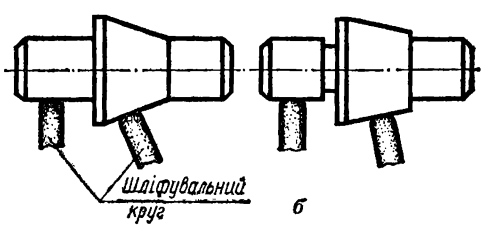
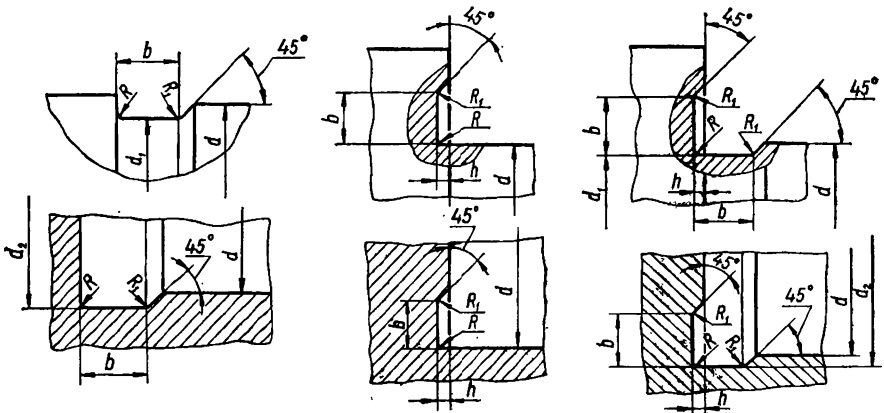


Рис. 284



Шліфування по циліндру

Рис. 285

Шліфування по торцю

Шліфування по циліндру і торцю

інструменту (рис. 284, б). Розміри канавок беруть за ГОСТ 8820—69 (табл. 15).

5. Якщо конструкція не передбачає вільного виходу різального інструмента, то перехідна частина деталі за формою і розмірами повинна відповідати формі і розмірам застосовуваного інструмента (рис. 284, в).

6. Щоб установлювати деталь у центрах верстата або пристрою для її обробки чи контролю, роблять центрові отвори. Розміри і умовне позначення центрових отворів беруть за ГОСТ 14034—68 (див. § 20,1).

7. При нарізанні різьби на деякій ділянці, де різець поступово виходить з металу, утворюються витки неповного профілю, тобто глибина різьби поступово зменшується. Ця нарізана частина називається *збігом*

Таблиця 15

Канавки для виходу шліфувального круга (ГОСТ 8820—69), мм

d (орієнтовно)	b	d_1	d_2	h	R	R_1
До 10	1	$d-0,3$	$d+0,3$	0,15	0,3	0,3
	(1,5)				0,5	0,5
	2					
10—50	3	$d-0,5$	$d+0,5$	0,25	1	0,5
50—100	5	$d-1$	$d+1$	0,5	1,5	
Понад 100	8				2	1
	(10)	3				

Таблиця 16

Збіги, недорізи, проточки і фаски метричної різьби (ГОСТ 10549—63), мм

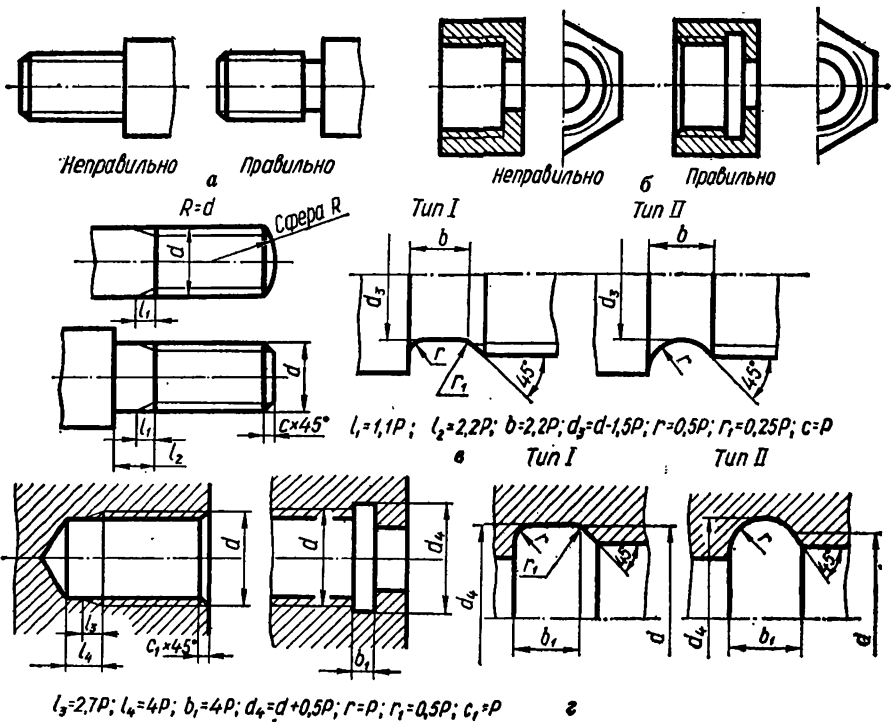
А. Різьба зовнішня

Р	Збіг l_{1max}			Недоріз l_{2max}		Проточка										Фаска c			
	для кута забірної частини інструмента, °			нормальний	зменшений	Тип I													
						нормальна			вужька			Тип II		d_2					
	20	30	45	b	r	r_1	b	r	r_1	b	r	d_2							
1	1,8	1,2	1,7	3,0	2,0	3,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	2,0	0,5	0,3	3,6	2,0	$d-1,5$	1,0	
1,25	2,2	1,5	0,9	4,0	2,5	4,0						1,5	1,0	0,5	3,0	4,4	2,5	$d-1,8$	1,5
1,5	2,8	1,6	1,0													4,6		$d-2,2$	
1,75	3,2	2,0	1,2													5,4	3,0	$d-2,5$	
2	3,5	2,2	1,4	5,0	3,0	5,0	5,6	$d-3,0$											
2,5	4,5	3,0	1,6	6,0	4,0	6,0	1,5	1,0	4,0	5,0	1,5	7,3	4,0	$d-3,5$	2,5				
3	5,2	3,5	2,0									7,6		$d-4,5$					
3,5	6,3	4,0	2,2	8,0	5,0	8,0	2,0	1,0	5,0	1,5	1,5	10,2	5,5	$d-5,0$					
4	7,1	4,5	2,5									10,3		$d-6,0$	3,0				

Б. Різьба внутрішня

Р	Збіг l_{1max}			Недоріз l_{2max}		Проточка										Фаска c_1		
				нормальний	зменшений	Тип I												
						нормальна			вужька			Тип II		d_1				
	нормальний	зменшений	нормальний	зменшений	b	r	r_1	b	r	r_1	b_1	r	d_1					
1	2,7	1,8	4,0	3,0	4,0	1,0	1,5	1,0	2,5	1,0	0,5	1,6	0,5	0,3	3,6	2,0	$d+0,5$	1,0
1,25	3,3	2,2	5,0	3,8	5,0	2,0						4,5			2,5			
1,5	4,0	2,7	6,0	4,5	6,0	2,5						3,5	$d+0,7$					
1,75	4,7	3,2	7,0	5,2	7,0	3,0							6,2	2,0				
2	5,5	3,7	8,0	6,0	8,0	2,0	3,0	1,0	0,5	4,0	0,5	6,5	5,0	$d+1,0$	2,0			
2,5	7,0	4,7	10,0	7,5	10,0	3,0						8,9		5,0				
3	—	5,7	—	9,0	10,0	3,0	1,0	5,0	1,5	0,5	1,5	11,4	6,5	$d+1,2$	2,5			
3,5	—	6,6	—	10,5								13,1		7,5				
4	—	7,6	—	12,5	12	12	12	14,3	8,0	$d+1,5$	3,0							

Примітка. Недоріз дорівнює сумі збігу і недоводу; недовод — це величина ненарізанної частини деталі між кінцем збігу і опорною поверхнею деталі.



$$l_3=2,7P; l_4=4P; b_1=4P; d_4=d+0,5P; r=P; r_1=0,5P; c_1=P$$

Рис. 286

різби. Крім того, практично неможливо нарізати різьбу впритул до торця ступеня більшого діаметра (рис. 286, а) або впритул до стінки для внутрішньої різби (рис. 286, б).

Щоб уникнути збігу, різьбу звичайно починають з виточування кільцевої канавки, призначеної для виходу різця. Така канавка називається *проточкою*. Проточки бувають зовнішні і внутрішні (рис. 286, в, г). Діаметр зовнішньої проточки повинен бути меншим від внутрішнього діаметра різби, а діаметр внутрішньої проточки — більшим від зовнішнього діаметра різби. Збіги різби, недорізи, проточки і фаски для різьб різних типів установлені ГОСТ 10549—63 (табл. 16).

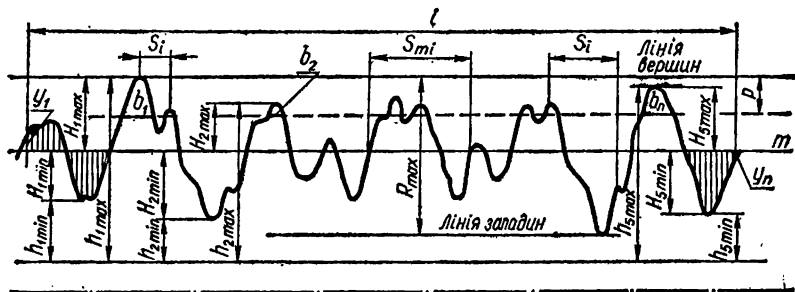
20.9. Шорсткість поверхні

Механічна обробка залишає на поверхні виробу нерівності у вигляді гребінців і западин різної величини і форми (рис. 287, а).

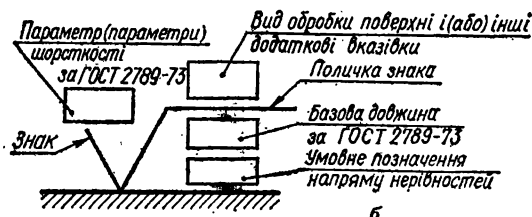
Під шорсткістю поверхні (ГОСТ 2789—73) розуміють сукупність нерівностей з відносно малими кроками, виміряну на певній довжині l , яку називають базовою.

Для нормування й оцінки шорсткості поверхонь стандарт установлює шість різних параметрів шорсткості:

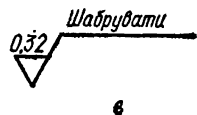
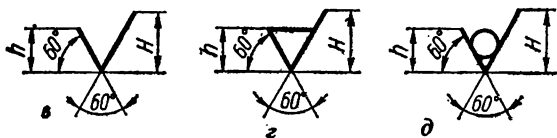
R_d — середнє арифметичне відхилення профілю;



а



б



е

Рис. 287

- R_z — висоту нерівностей профілю по десяти точках;
- R_{\max} — найбільшу висоту нерівностей профілю;
- S_m — середній крок нерівностей;
- S — середній крок нерівностей по гребінцях;
- t_p — відносну опорну довжину профілю.

У виробничій практиці і в навчальному кресленні головним чином користуються параметрами R_a і R_z . Параметр R_a визначають як середнє арифметичне абсолютних відхилень профілю в межах базової довжини l (рис. 287, а):

$$R_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n |y_i|.$$

Параметр R_z — це сума середніх арифметичних абсолютних відхилень точок п'яти найбільших максимумів та п'яти найбільших мінімумів у межах базової довжини l :

$$R_z = \frac{1}{5} \left(\sum_{i=1}^5 |H_{i \max}| + \sum_{i=1}^5 |H_{i \min}| \right).$$

Величини R_a і R_z вибирають з рядів, що наведені в стандарті.

До 1 січня 1975 р. шорсткість поверхні залежно від величин R_a і R_z поділяли на 14 класів і позначали трикутником з циф-

Класи шорсткості поверхні і відповідні їм параметри

Клас шорсткості поверхні	Розряд	Параметри шорсткості, мкм		Базова довжина l , мм
		R_a	R_z	
1	—	—	320—160 вкл.	8,0
2	—	—	160—80 вкл.	
3	—	—	80—40 вкл.	
4	—	—	40—20 вкл.	2,5
5	—	—	20—10 вкл.	
6	а	2,50—2,00 вкл.	—	0,8
	б	2,00—1,60 »	—	
	в	1,60—1,25 »	—	
7	а	1,25—1,00 вкл.	—	
	б	1,00—0,80 »	—	
	в	0,80—0,63 »	—	
8	а	0,63—0,50 вкл.	—	
	б	0,50—0,40 »	—	
	в	0,40—0,32 »	—	
9	а	0,32—0,25 вкл.	—	0,25
	б	0,25—0,20 »	—	
	в	0,20—0,16 »	—	
10	а	0,160—0,125 вкл.	—	
	б	0,125—0,100 »	—	
	в	0,100—0,080 »	—	
11	а	0,080—0,063 вкл.	—	
	б	0,063—0,050 »	—	
	в	0,050—0,040 »	—	
12	а	0,040—0,032 вкл.	—	
	б	0,032—0,025 »	—	
	в	0,025—0,020 »	—	
13	а	—	0,100—0,080 вкл.	0,08
	б	—	0,080—0,063 »	
	в	—	0,063—0,050 »	
14	а	—	0,050—0,040 вкл.	0,08
	б	—	0,040—0,032 »	
	в	—	0,032—0,025 »	

Шорсткість поверхні сталі при різних методах обробки

Оброблю- вача по- верхня	Метод обробки	Шорсткість поверхні																	
		R _z 320	R _z 160	R _z 80	R _z 40	R _z 20	2,5	1,25	0,63	0,32	0,16	0,080	0,040	R _z 0,100					
Зовнішня циліндрична	Обточування	попереднє чистове тонке	+	+	++	++	+	++	+										
		Шліфування						+	+	++	++	+							
	Притирання	грубе середнє тонке									+	++	++	+				+	
		Розточування	+	+	+	++	+	+	++										
	Внутрішня циліндрична	Свердління																	
			Зенкерування																
Розвірчуван- ня		чорнове чистове																	
		нормальне точне тонке																	
Притирання	Протигування																		
	Внутрішнє шліфування	попереднє чистове																	
		грубе середнє тонке																	

Площина											
Шліфування-притирання (хонінгування)	нормальне дзеркальне	+	+	++	+	+	+	+	+	+	+
Стругання	попереднє чистове тонке	++	+	+	++	+	++	+	+	+	+
Циліндричне фрезерування	попереднє чистове тонке	++	+	++	++	+	++	+	+	+	+
Торцеве фрезерування	попереднє чистове тонке	++	+	++	++	+	++	+	+	+	+
Торцеве точіння	попереднє чистове тонке	++	+	++	++	+	++	+	+	+	+
Плоске шліфування	попереднє чистове	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Притирання	грубе середнє тонке										+

Висота h знаків (рис. 287, *в—д*) має приблизно дорівнювати висоті цифр розмірних чисел, а висота $H = (1,5 \div 3) h$. Товщина ліній цих знаків дорівнює половині товщини суцільної основної лінії.

Параметр R_a записують на кресленні без символу, наприклад 0,5, а всі інші параметри — після позначення відповідного символу, наприклад: $R_z 32$; $R_{\max} 6,3$; $S_m 0,063$. Якщо параметри R_a і R_z та базові довжини відповідають ГОСТ 2789—73 (табл. 17), то базову довжину l в умовному позначенні не показують. Якщо ж цієї відповідності немає, а також для всіх інших параметрів шорсткості, базову довжину треба показувати. Вибирають її з такого ряду: 0,01; 0,03; 0,08; 0,25; 0,80; 2,5; 8 і 25 мм. Вид обробки поверхні показують у позначенні тоді, коли він єдиний, що забезпечує потрібну якість поверхні (рис. 287, *е*, *є*).

Коли треба, на кресленні показують не тільки величину, а й напрям нерівності поверхні. Типи нерівностей і їх умовні позначення такі: а) паралельна (=); б) перпендикулярна (\perp); в) перехресна (X); г) довільна (M); д) колова (C); е) радіальна (R). Висота цих знаків наближено дорівнює h , а товщина ліній — половині товщини основної суцільної лінії.

Приклади читання умовних позначень шорсткості поверхонь:

$R_z 40 \sqrt{\quad}$ — висота нерівностей профілю по десяти точках $R_z < 40$ мкм на стандартній базовій довжині ($l = 2,5$ мм);

$25 \sqrt{0,25}$ — середнє арифметичне відхилення профілю $R_a < 2,5$ мкм на базовій довжині 0,25 мм (нестандартній);

$0,025 \sqrt{\text{Полірувати M}}$ — середнє арифметичне відхилення профілю $R_a < 0,025$ мкм на стандартній базовій довжині (0,25 мм). Поверхню зробити поліруванням, напрям нерівностей — довільний.

Правила нанесення позначень шорсткості поверхонь на кресленнях (ГОСТ 2.309—73):

1. Позначення шорсткості поверхонь розміщують на лініях контуру, виносних лініях або полічках ліній-виносок; коли місця мало, дозволяється писати їх на розмірних лініях, їх продовженні або в розриві виносної лінії (рис. 288, *а*). На лініях невидимого контуру проставляти знаки дозволяється лише тоді, коли від цих ліній проставлено й розміри деталі.

2. Знак шорсткості, що має полічку, розміщують відносно основного напису так, як показано на рис. 288, *б*, *в*; знак, що не має полічки, — як на рис. 288, *г*. Якщо лінія контуру поверхні розташована у заштрихованих зонах, позначення шорсткості проставляють на полічці лінії-виноски.

3. Коли всі поверхні виробу мають однакову шорсткість, її позначення проставляють у правому верхньому куті креслення, а на зображення ніяких знаків не наносять (рис. 289, *а*). Розміри і товщина ліній знака, винесеного у правий верхній кут, повинні бути у 1,5 раза більшими за позначення, нанесені на зображенні.

4. Якщо однакову шорсткість має лише частина поверхонь виробу, то позначення цієї шорсткості наносять у правому верхньому куті

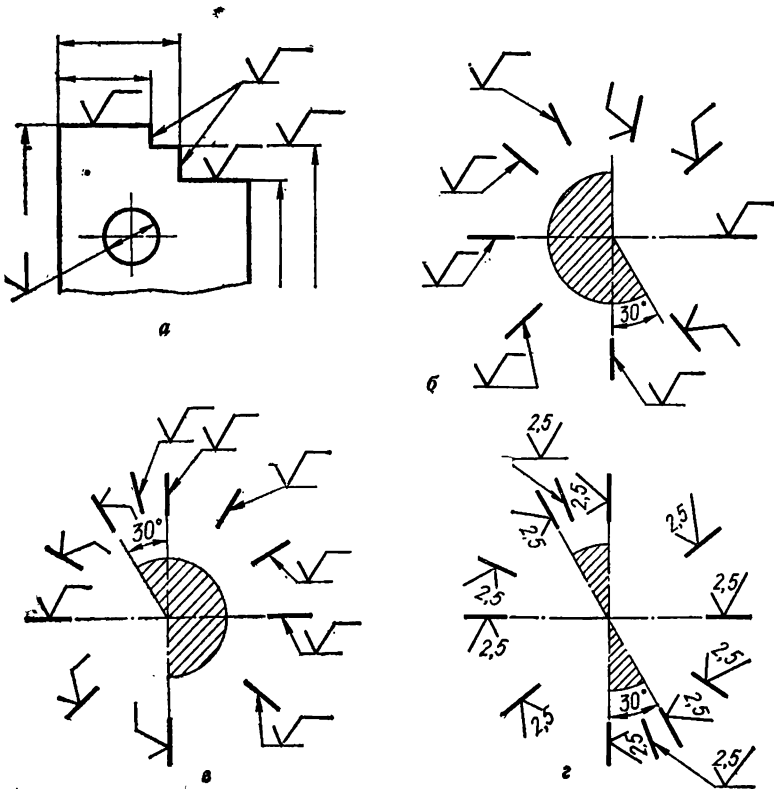


Рис. 288

(рис. 289, б) і поруч проставляють знак (\checkmark). Це означає, що всі поверхні, на яких не нанесено позначень шорсткості або знака \checkmark , мають величину шорсткості, проставлену перед знаком (\checkmark). Розміри останнього такі самі, як і знаків на зображенні.

5. Якщо частина поверхонь виробу за даним кресленням не обробляється, в правому верхньому куті перед позначенням (\checkmark) наносять знак \checkmark (рис. 289, в). Цей запис слід читати так: «Непозначені поверхні зберігають стан поставки і не обробляються за цим кресленням».

6. Шорсткість поверхонь елементів, які повторюються на деталі (отворів, пазів, зубців тощо) і кількість яких на кресленні позначено, треба проставляти лише один раз. Ця ж вимога стосується й однієї і тієї самої поверхні, незалежно від кількості зображень її на кресленні.

7. Позначаючи шорсткість робочих поверхонь зубців зубчастих коліс, евольвентних шліців тощо, знаки наносять на лінії ділильної поверхні (рис. 290, а). Знаки шорсткості поверхні різьби проставляють за загальними правилами при зображенні профілю різьби (рис. 290, б) або на виносній чи розмірній лінії різьби (рис. 290, в).

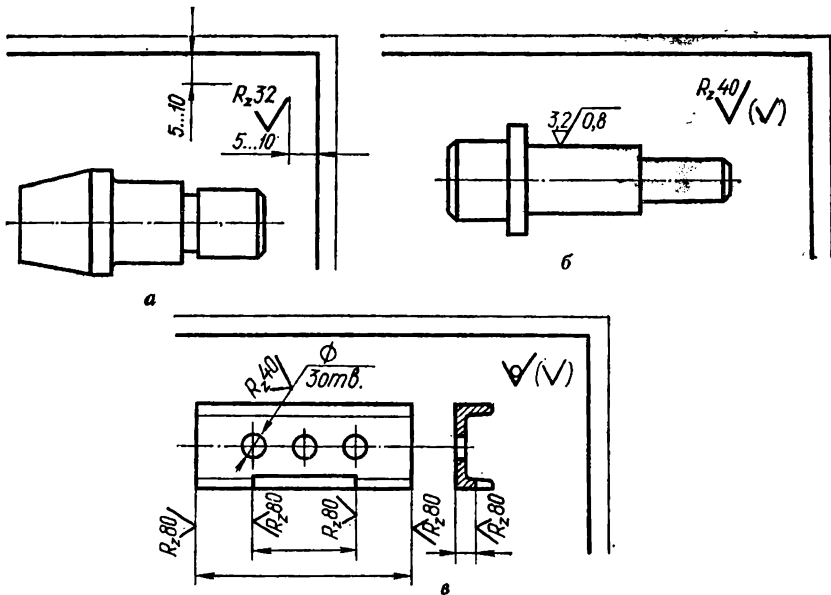


Рис. 289

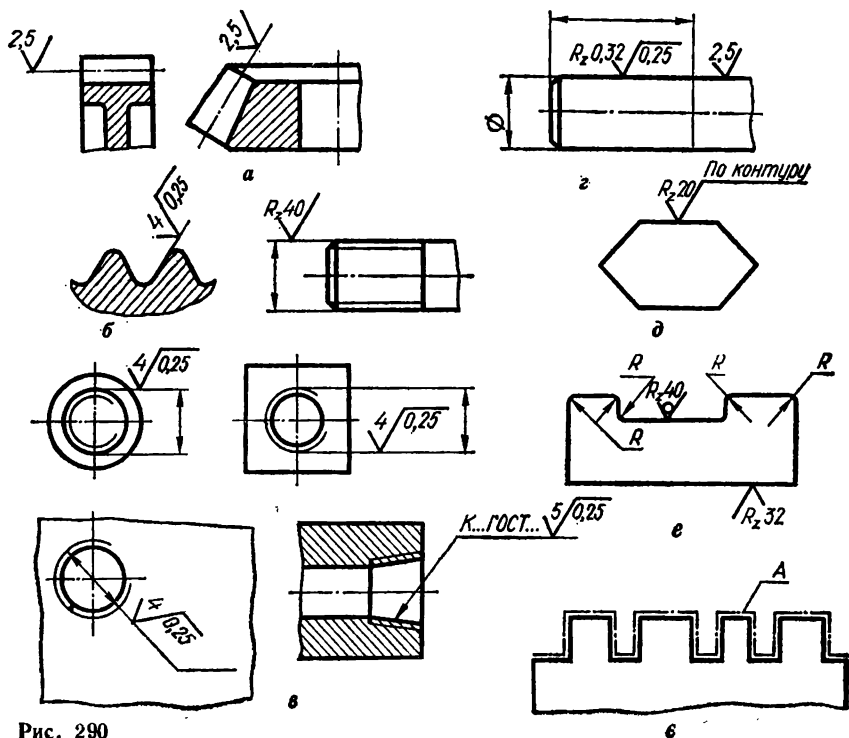


Рис. 290

8. Якщо шорсткість поверхні на різних ділянках її різна, позначення шорсткості наносять так, як на рис. 290, *г*.

9. На рис. 290, *д* позначено шорсткість поверхні, коли вона однакова по всьому контуру деталі. Якщо ж контур має плавні переходи, напису «По контуру» не роблять (рис. 290, *е*).

10. Якщо контур поверхні складний, його додатково обводять потовщеною штрих-пунктирною лінією, позначають буквою (рис. 290, *е*), а в технічних вимогах записують, наприклад: «Шорсткість поверхні А — ...».

20.10. Нанесення на кресленнях позначень покриття

Покриття, яке наносять на поверхню деталі, може мати різне призначення: декоративне, електроізоляційне, антикорозійне, проти спрацювання тощо.

Покриття металеві і неорганічні неметалеві позначають за ГОСТ 9791—68. Записують їх у такій послідовності: а) спосіб нанесення; б) вид; в) технологічна ознака; г) товщина; д) ступінь блиску; е) вид додаткової обробки.

Способи нанесення покриття і їх позначення такі: хімічний — Хим; анодизаційний — Ан; гарячий — Гор; дифузійний — Диф; металізаційний — Мет і ін. Електролітичний спосіб нанесення покриття як найпоширеніший умовного позначення не має.

Вид покриття позначають однією або кількома буквами, 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 процентах першого і другого (якщо їх три) компонентів, наприклад: М — Ц (60) — мідно-цинкове покриття з вмістом міді до 60%.

Технологічну ознаку покриття показують першими буквами 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 (в разі потреби) так: матове — м; блискуче — б; дзеркальне — зк.

Позначення додаткових видів покриття: фосфатування — фос; хроматування — хр; оксидування — окс тощо.

Приклади умовного позначення металевого покриття:

Ц12.хр — цинкове електролітичне покриття завтовшки 12 *мкм*, хроматоване;
М30.Н18.Х.б — хромове електролітичне покриття завтовшки менше 1 *мкм*, блискуче, з підшаром міді завтовшки 30 *мкм* і нікелю завтовшки 18 *мкм*;
Ан. Окс.хр — покриття окисне анодизаційне з хроматуванням.

Правила позначення покриттів на кресленнях установлює ГОСТ 2.310—68. Позначення покриття або всі дані, потрібні для його вико-

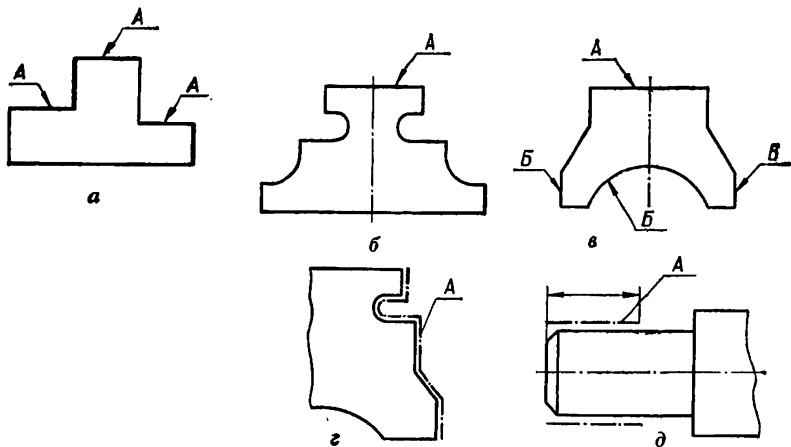


Рис. 291

нання, показують у технічних вимогах до креслення. Якщо покриття однакове для всіх поверхонь виробу, то запис виконують за типом «Покриття Хтв24». При нанесенні однакового покриття лише на деякі поверхні їх позначають однією буквою (рис. 291, а, б) і записують: «Покриття поверхонь А...». Наносячи різне покриття, поверхні виробу позначають різними буквами (рис. 291, в) і записують: «Покриття поверхонь А..., поверхонь Б — ...». Якщо якусь частину поверхонь деталі (рис. 291, б) треба залишити без покриття, то записують так: «Покриття..., крім поверхні А».

Якщо поверхня, на яку наносять покриття, має складну конфігурацію або обмежена за розмірами, її додатково обводять потовщеною штрих-пунктирною лінією на відстані 0,8 ... 1 мм від лінії контура, позначають однією буквою (рис. 291, г, д) і роблять напис за типом «Покриття поверхні А...».

20.11. Нанесення на кресленнях термічної та інших видів обробки (ГОСТ 2.310—66)

Під термічною обробкою розуміють технологічний процес, який складається з нагрівання до певної температури та швидкого або повільного охолодження виробу.

В результаті термічної обробки метал змінює структуру і набуває потрібних механічних або фізико-хімічних властивостей. Основними видами термічної обробки є відпал, гартування, ціанування.

На кресленнях виробів, які піддають термічній або іншій обробці, наводять показники властивостей матеріалу, виявлених внаслідок обробки (рис. 292): твердість HRC ; HRB ; HRA ; HB ; HV , границю міцності σ_b , границю пружності σ_y , ударну в'язкість a_k і ін. Глибину обробки поверхні позначають буквою h .

Твердість металу вимірюють: а) за Роквеллом (ГОСТ 9013—59) — по шкалі А (HRA), шкалі В (HRB) або шкалі С (HRC); б) за Брінеллем

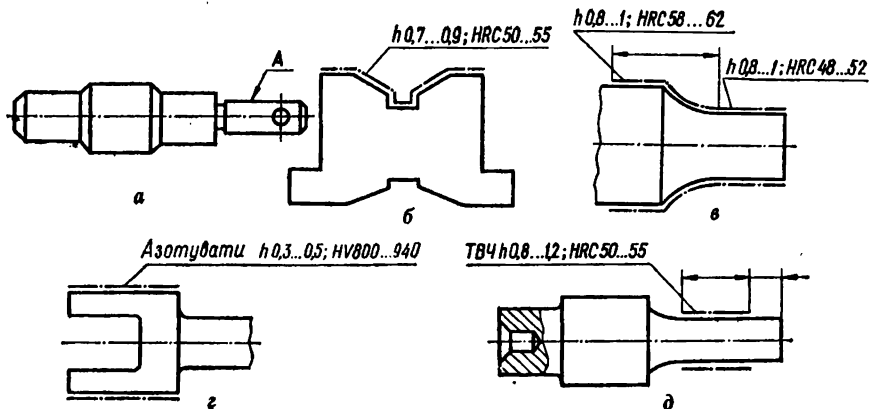


Рис. 292

(ГОСТ 9012—59) — *HB*; в) за Віккерсом (ГОСТ 2999—59) — *HV*. Записують твердість металу так: *HRB 90...96* — твердість за шкалою В Роквелла в межах 90—96 одиниць; *HV 500...550* — твердість за Віккерсом у межах 500—550 одиниць і ін.

Глибину обробки і твердість указують граничними значеннями «від ... до», наприклад: *h 0,7...0,9; HRC 58...62*.

Якщо весь виріб піддають одному виду обробки, то в технічних вимогах записують: «*HRC 40...50*» або «Цементувати *h 0,7...0,9, HRC 58...62*». Коли більшу частину поверхні виробу піддають якомусь одному виду обробки, а решту — іншому або закривають від обробки, то в технічних вимогах записують: «*HRC 40...50*, крім поверхні *А*» (рис. 292, *а*) або «*HRC 30...35*, крім місця, позначеного окремо».

Коли місця, що піддаються обробці, мають складну конфігурацію або коли обробку виконують на обмеженій частині поверхні, ці місця обводять потовщеною штрих-пунктирною лінією і позначають, як на рис. 292, *б, в*. Дозволяється позначити вид обробки поверхні, якщо він єдиний, що гарантує потрібні властивості матеріалу (рис. 292, *г, д*), або коли обробка не підлягає контролю, наприклад, відпал.

20.12 Допуски і посадки

Під взаємозамінністю розуміють такий принцип конструювання і виробництва, при якому незалежно виготовлені деталі складаються у виріб без підганяння, підбирання або додаткової обробки.

Взаємозамінність може бути повною і неповною.

Поверхні деталі поділяють на вільні і спряжені. Вільними називають поверхні, які при складанні механізмів не стикаються. Ці поверхні можуть бути як обробленими, так і не обробленими. Розміри їх називають вільними і визначають з міркувань габаритів установки, міцності її, ваги тощо. Поверхні, які стикаються між собою, називають спряженими. Такі поверхні, як правило, утворюються внаслідок механічної обробки на верстатах. Розміри їх називають спряженими.

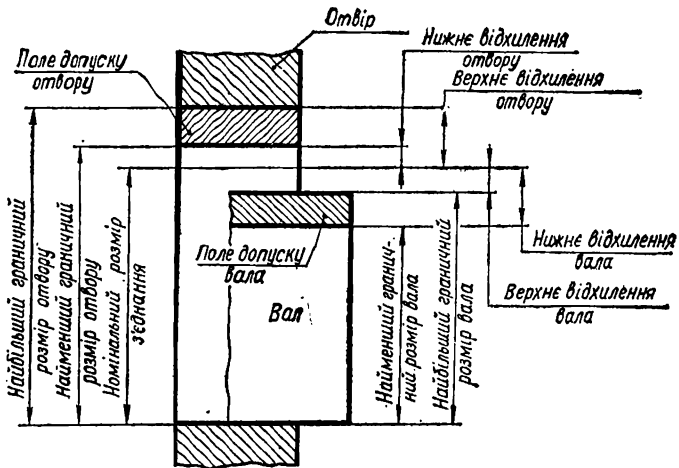


Рис. 293

У з'єднанні двох деталей, що входять одна в одну, розрізняють охоплюючу й охоплювану поверхні. *Охоплююча поверхня* має загальну назву «отвір», а *охоплювана* — «вал». Ці назви умовні, бо їх застосовують не тільки для поверхонь обертання.

Розрізняють розміри номінальні, дійсні і граничні (рис. 293). *Номінальними* називають спільні для вала і отвору розміри, які проставляють на кресленні. Їх визначають розрахунком або вибирають з конструктивних чи технологічних міркувань. При обробці деталей з багатьох причин неможливо досягти абсолютно точно заданого розміру, та в цьому й немає потреби. Розміри, які дістають вимірюванням готової деталі, називають *дійсними*. Враховуючи похибки обробки, призначення машини, конструктор установлює найбільший і найменший *граничні* розміри, між якими й перебувають дійсні розміри деталі. Різницю між найбільшим і найменшим допустимими граничними розмірами скорочено називають *допуском на обробку* або просто *допуском*. Отже, допуск показує немовби дозволена похибка обробки, заздалегідь передбачену і відображену на кресленні. Придатними і взаємозамінними будуть такі деталі, в яких розмір після їх обробки не виходить за межі допуску.

На кресленні допуск на обробку показують у вигляді двох відхилень від номінального розміру. Одне відхилення називається верхнім (ВО), друге — нижнім (НО). *Верхнє відхилення* є різницею між найбільшим граничним розміром і номінальним, а *нижнє* — різницею між найменшим граничним розміром і номінальним. Коли граничний розмір більший від номінального, то відхилення проставляють із знаком плюс (+); коли ж граничний розмір менший від номінального, то відхилення від'ємне і проставляють його із знаком мінус (—); коли один з граничних розмірів дорівнює номінальному, то відхилення нульове і його на кресленні не проставляють.

Приклад. Нехай на кресленні є розмір вала $\varnothing 80^{+0,2}_{-0,3}$. Це означає, що номінальний розмір вала дорівнює 80 мм; верхнє відхилення дорівнює +0,2 мм, а нижнє

—0,3 мм; найбільший граничний розмір $80 + 0,2 = 80,2$ мм, найменший $80 - 0,3 = 79,7$ мм; допуск розміру на виготовлення вала $+0,2 - (-0,3) = 0,5$ мм або $80,2 - 79,7 = 0,5$ мм. Отже, при виготовленні вала його дійсні розміри можуть змінюватись у межах 80,2...79,7 мм. Інтервал розмірів, обмежений граничними розмірами (80,2 і 79,7 мм), і є полем допуску.

Посадки. Якщо у з'єднаних деталей розмір отвору більший від розміру вала, то у з'єднанні буде зазор. Якщо ж розмір вала більший від розміру отвору, то у з'єднанні буде натяг. Тому *зазором* називається додатна різниця між розмірами отвору і вала, а *натягом* — додатна різниця між розмірами вала і отвору. Характер з'єднання двох деталей, що залежить від величини зазора або натягу, називається *посадкою*.

Посадки поділяють на три види: рухомі, які забезпечують зазор у з'єднанні; нерухомі, які забезпечують у з'єднанні натяг, і перехідні.

За величиною зазора *рухомі посадки* бувають восьми видів: ковзна — С, руху — Д, ходова — Х, легкоходова — Л, широкоходова — Ш, широкоходова 1-а — Ш1, широкоходова 2-а — Ш2, теплова ходова — ТХ. Найменший зазор має ковзна посадка, найбільший — теплова ходова.

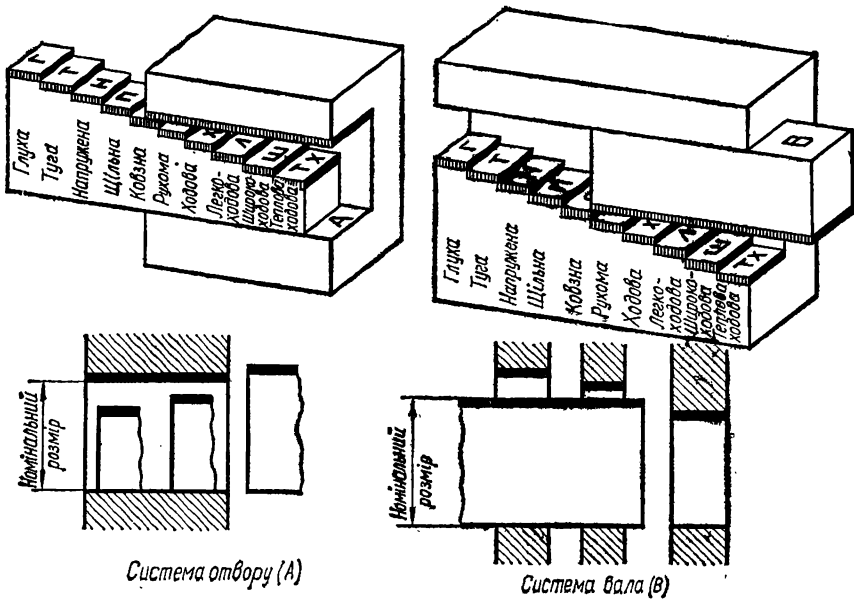
За величиною натягу *нерухомі посадки* бувають шести видів: легкопресова — Пл, пресова — Пр, пресова 1-а — Пр1, пресова 2-а — Пр2, пресова 3-я — Пр3 і гаряча — Гр. Легкопресова посадка має найменший натяг, а гаряча — найбільший.

До *перехідних посадок* належать чотири: щільна — П, напружена — Н, туга — Т і глуха — Г. При перехідній посадці між спряженими деталями може бути як зазор, так і натяг.

Сукупність розмірів, допусків і посадок називається системою допусків. У кожній системі допусків передбачається кілька класів точності, які характеризуються величиною допуску. Для деталі з тим самим номінальним розміром чим грубіший клас точності, тим більший допуск, і навпаки, чим точніший клас, тим менший допуск. При малих допусках обробити деталь складніше і дорожче, тому конструктор, вибираючи класи точності, враховує, для чого призначено деталь і в яких умовах вона працюватиме. Застосовують такі класи точності: 1, 2, 2а, 3, 3а, 4, 5, 7, 8, 9 і 10. Найточнішим є перший клас. Для спряжуваних розмірів застосовують 1—5-й, а для вільних розмірів — 7—9-й класи точності.

Система допусків поділяється на систему отвору і систему вала. *Система отвору* — це сукупність посадок, у яких для одного класу точності й одного номінального розміру граничні відхилення отворів однакові, а різні посадки утворюються зміною граничних відхилень вала (рис. 294, а). В усіх стандартних посадках системи отвору нижнє відхилення отвору дорівнює нулю, тобто найменший його граничний розмір дорівнює номінальному. Поле допуску такого отвору називається *основним*.

Система вала — це сукупність посадок, у яких граничні відхилення валів однакові (для одного номінального розміру й одного класу точності), а різних посадок досягають зміною граничних відхилень отворів (рис. 294, б). В усіх стандартних посадках системи вала верхнє



Система отвору (А)

Система вала (В)

а

б

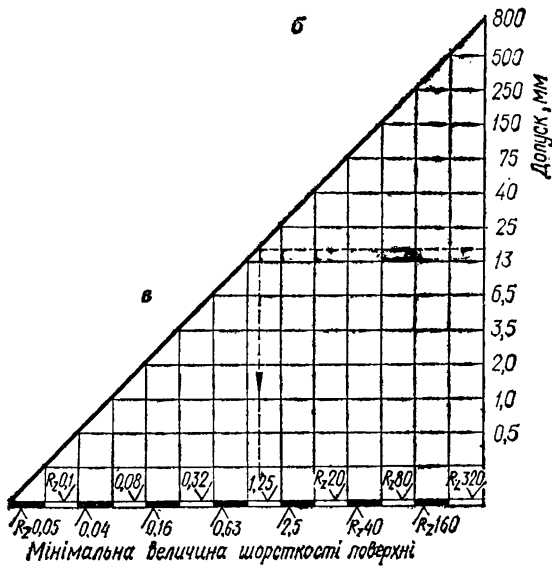


Рис. 294

відхилення його дорівнює нулю. Поле допуску такого вала називається **основним**.

Допуски основних отворів позначають буквою А, а основних валів — буквою В з числовим значенням класу точності, наприклад А₁, В₄ тощо. Оскільки 2-й клас точності найпоширеніший і в системі допусків вважається основним, то при позначенні полів допусків цього класу цифру 2 не пишуть, У табл. 19 подано стандартизовані посадки

Стандартизовані посадки і позначення полів допусків отворів і валів для з'єднань розмірів 1—500 мм

Посадка	Група посадок	Система отвору								Система вала							
		Класи точності посадок															
		1	2	2a	3	3a	4	5	1	2	2a	3	3a	4	5		
		Позначення полів допусків															
		отворів								валів							
		A ₁	A	A _{2a}	A ₃	A _{3a}	A ₄	A ₅	B ₁	B	B _{2a}	B ₃	B _{3a}	B ₄	B ₅		
Позначення полів допусків																	
валів								отворів									
Пресова 3-я	Нерухомі	—	—	—	Пр3 ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Пресова 2-а		Пр 2 ₁	—	Пр2 _{2a}	Пр2 ₃	—	—	—	—	—	Пр2 _{2a}	—	—	—			
Пресова 1-а		Пр 1 ₁	—	Пр1 _{2a}	Пр1 ₃	—	—	—	—	—	—	—	—	—			
Гаряча Пресова		—	Гр	—	—	—	—	—	—	Гр	—	—	—	—			
Легкопресова		—	Пр	—	—	—	—	—	—	Пр	—	—	—	—			
		—	Пл	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—				
Глуха Туга Напружена Щільна	Перехідні	Г ₁ Н ₁ П ₁	Г Т Н П	Г _{2a} Т _{2a} Н _{2a} П _{2a}	—	—	—	—	Г ₁ Т ₁ Н ₁ П ₁	Г Т Н П	Г _{2a} Т _{2a} Н _{2a} П _{2a}	—	—	—			
Ковзна Руку Ходова Легкоходова Широкоходова Теплова ходова	Рухомі	С ₁ Д ₁ Х ₁	С Д Х	С _{2a} Х _{2a}	С ₃ Х ₃	С _{3a} —	С ₄ Х ₄	С ₅ Х ₅	С ₁ Д ₁ Х ₁	С Д Х	С _{2a} —	С ₃ Х ₃	С _{3a} —	С ₄ Х ₄	С ₅ Х ₅		
		—	Л Ш ТХ	—	—	—	Л ₄ Ш ₄	—	—	—	—	—	—	—	—		

і вказано, в яких класах точності їх застосовують. Наприклад, пресову посадку застосовують лише в 2-му класі точності, а ковзну — в класах 1—5.

Чим менший допуск, тим вищий клас чистоти поверхні, тобто менша шорсткість (рис. 294, в). Зв'язок між величиною допуску і шорсткістю поверхні встановлюється так, як показано на рис. 294, в штриховою лінією.

Позначення допусків і посадок на кресленні (ГОСТ 2.307—68). Граничні відхилення розмірів показують на кресленні безпосередньо після номінального розміру. Для лінійних розмірів відхилення можна показати трьома способами:

1. Умовним позначенням полів допусків і посадок. Якщо розміри наносять за системою отвору, то разом з числовою величиною їх біля розміру отвору пишуть велику букву А з індексом, що показує клас точності, а біля розміру вала ставлять букву посадки також з індексом класу точності (рис. 295, а). Другий клас, як найпоширеніший, не позначають. При нанесенні розмірів за системою вала (рис. 295, б) разом з числовим значенням діаметра вала пишуть букву В, а біля роз-

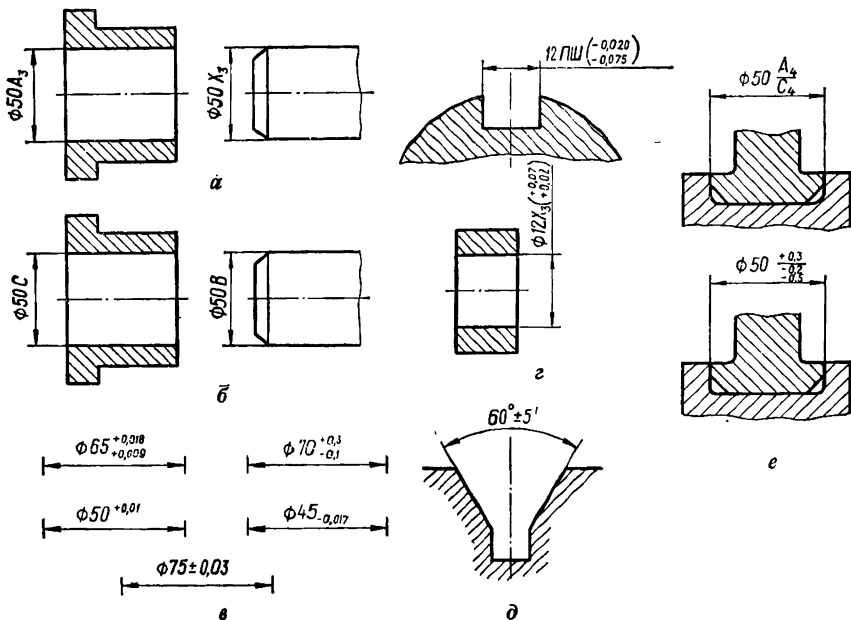


Рис. 295

міру отвору — посадку з індексом класу точності; 2-й клас також не позначають.

2. Числовим значенням граничних відхилень (рис. 295, в). Замість букв, що визначають характер посадки, проставляють числові значення відхилень. Верхнє відхилення пишуть над нижнім; нульове відхилення не позначають, наприклад: $\phi 50^{+0,01}$. Цифри відхилень пишуть дрібнішим шрифтом, ніж цифри розмірів. При симетричному розміщенні поля допуску величину відхилення слід писати лише один раз із знаками « \pm ». У цьому разі шрифт цифр відхилень такий самий, як і шрифт цифр розміру.

3. Умовним позначенням полів допусків і числовими значеннями граничних відхилень (рис. 295, г).

Граничні відхилення кутових розмірів показують лише числовими величинами (рис. 295, д).

Якщо граничні відхилення розмірів 5-го і грубіших класів точності повторюються на кресленні багаторазово, допускається не писати їх біля кожного номінального розміру, а робити в технічних вимогах напис за типом «Непоказані граничні відхилення розмірів: отворів — за A_7 , валів — за B_7 , решти — за SM_7 » або «Непоказані граничні відхилення розмірів: діаметрів — за A_5, B_5 , решти — за SM_5 » (див. рис. 299, 300).

Якщо посадку треба проставити на складальному кресленні, де зображено спряжені деталі, то позначення наносять за типом $\phi 50_{\frac{A_4}{C_4}}$, тобто зверху пишуть позначення отвору, а знизу — вала або запи-сують відповідні числові значення відхилень (рис. 295, е).

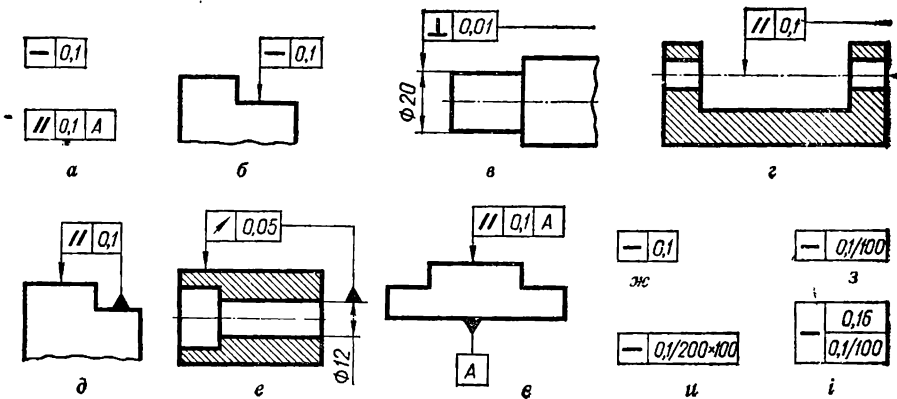


Рис. 296

20.13. Відхилення форми і розташування поверхонь (ГОСТ 2.308—68)

При виготовленні деталей внаслідок багатьох причин утворюються відхилення не лише розмірів, а й геометричної форми виробу. До відхилень форми поверхонь належать неплосинність (∇), непрямолінійність ($-$), нециліндричність (b), некругість (\circ) і відхилення профілю поздовжнього перерізу ($=$). Ці відхилення визначаються найбільшою віддаллю точок реальної поверхні відповідно від прилягаючої ідеальної площини, прямої або ідеального циліндра. У дужках показано символічні позначення цих відхилень.

Крім відхилень форми є й ряд типових відхилень від правильного взаємного розташування поверхонь і осей: непаралельність ($//$), неперпендикулярність (\perp), неспіввісність (∇), торцеве і радіальне биття (\nearrow), відхилення від перетину осей (\times), несиметричність (\div) і зміщення осей від номінального їх розташування ($+$).

На кресленні відхилення можна показати умовним позначенням або записом у технічних вимогах. Щоб проставити умовні позначення, треба менше часу, воно зручніше для читання і тому рекомендується насамперед.

Умовні позначення розміщують у прямокутних рамках, які поділяють на дві або три частини (рис. 296, а). У першій показують символ відхилення, у другій наводять величину граничного відхилення в міліметрах, третю частину рамки застосовують, коли треба позначити базу або іншу поверхню, якої стосується відхилення. Базову поверхню позначають заштрибованим трикутником (рис. 296, д, е).

Прямокутну рамку виносною лінією із стрілкою з'єднують з контурною лінією поверхні, якщо відхилення стосується поверхні або профілю (рис. 296, б), з розмірною лінією елемента, якщо відхилення стосується осі або площини симетрії (рис. 296, в), і, нарешті, з віссю симетрії, якщо відхилення стосується спільної осі отворів або спільної площини симетрії (рис. 296, г).

На рис. 296, *д* базою є площина деталі, а на рис. 296, *е*—вісь або площина симетрії. На рис. 296, *є* показано, як записати умовне позначення відхилення по відношенню до бази *A*, якщо останню важко сполучити лінією з прямокутною рамкою.

Висоту знаків, букв і цифр, які вписують у прямокутну рамку, беруть такими, що дорівнюють висоті розмірних чисел на кресленні, а висоту самої рамки — на 2—3 мм більшу за висоту знаків. Розміщують рамку горизонтально і виконують її суцільними тонкими лініями.

На рис. 296, *ж*—*і* показано різні випадки умовного запису відхилень, наприклад непрямолінійності. На рис. 296, *ж* відхилення 0,1 мм стосується всієї довжини поверхні, на рис. 296, *з* відхилення 0,1 мм дозволяється на довжині лише 100 мм, а на рис. 296, *и* воно стосується площини розміром 200 × 100 мм². Позначення на рис. 296, *і* слід читати так: «величина відхилення має бути не більшою за 0,16 мм по всій довжині і не більшою за 0,1 мм на довжині 100 мм».

У текстовому запису вказують коротку назву задаваного відхилення, буквене позначення або назву елемента (наприклад, поверхні), для якого задається граничне відхилення, і величину граничного відхилення в міліметрах. Якщо відхилення стосується розташування поверхонь, то позначають ще й бази, відносно яких задано відхилення (базою може бути лінія, спільна вісь або площина симетрії тощо). Приклади позначення граничних відхилень форми і розташування поверхонь умовно і текстовим записом наведено на рис. 297.

20.14. Текстові написи на кресленнях (ГОСТ 2.316—68)

Крім зображення виробу з розмірами і граничними відхиленнями, креслення може мати таке: а) текстову частину, що складається з

Показання граничних відхилень	
Умовне позначення	Запис у технічних вимогах
<i>Нециліндричність</i>	
	 <i>Нециліндричність поверхн. А не більша за 0,01мм</i>
<i>Непаралельність</i>	
	 <i>Непаралельність поверхн. А і Б не більша за 0,1мм</i>
<i>Неперпендикулярність</i>	
	 <i>Неперпендикулярність осі отв. Б відносно осі отв. А не більша за 0,04</i>
<i>Биття</i>	
	 <i>Радіальне биття конуса відносно осі поверхн. А не більша за 0,01мм</i>

Рис. 297

технічних вимог і технічної характеристики; б) написи з позначенням зображень; в) таблиці з різними параметрами.

Розміщують написи і таблиці паралельно основному напису. Зміст усіх написів має бути коротким і точним. Скорочення слів дозволяються лише загальноприйнятті.

Розглянемо текстові написи, якими наводяться технічні вимоги щодо виробу. Технічні вимоги групують і подають у такій послідовності:

а) вимоги до матеріалу, заготовки, термообробки, зазначення матеріалів-замінників і ін.;

б) розміри, граничні відхилення розмірів, форми взаємного розташування поверхонь, маса та ін.;

в) вимоги до якості поверхні, її обробки, покриття;

г) зазори, розташування окремих елементів конструкції;

д) вимоги до налагодження та регулювання виробу;

е) умови і методи випробування виробу, вказівки щодо таврування і маркування виробу;

є) правила транспортування і зберігання;

ж) особливі вимоги експлуатації та ін.

Пункти технічних вимог повинні мати наскрізну нумерацію. Кожен з них треба починати з нового рядка. Запис розміщують над основним написом; ширина колонки не більша за 185 мм. Якщо формат більший від 11-го, дозволяється розмішувати напис у дві колонки.

20.15. Групові креслення деталей

ГОСТ 2.113—70 установлює правила виконання групових конструкторських документів (групових креслень деталей, групових складальних креслень, групових специфікацій тощо), які одночасно містять інформацію про кілька виробів. Розглянемо лише питання про групові креслення деталей.

Групове креслення деталей — це зведене креслення, що містить дані, потрібні для виготовлення і контролю однотипних деталей, які відрізняються розмірами, матеріалом, покриттям, шорсткістю поверхонь та іншими даними. Розробляти і використовувати групові креслення рекомендується лише при невеликій кількості змінних параметрів виробу.

На груповому кресленні (рис. 298) повністю зображують основне виконання деталі і наносять незмінні параметри — розміри, відхилення, знаки шорсткості поверхонь тощо. Змінні параметри позначають на кресленні буквами, а їх конкретні величини заносять у таблицю виконань. Крім змінних розмірів, у таблицю записують змінні граничні відхилення, знаки шорсткості, покриття, матеріали та ін. Якщо змінними величинами є не тільки параметри, а й зображення деяких елементів деталі, то останні виконують на загальному кресленні деталі у вигляді окремих зображень з написами: «Рис. 1», «Рис. 2» і т. д.

Основне позначення груповому кресленню присвоюють у звичайному порядку, а позначення окремих варіантів складається з основного позначення і порядкового номера цього варіанта. Наприклад, основ-

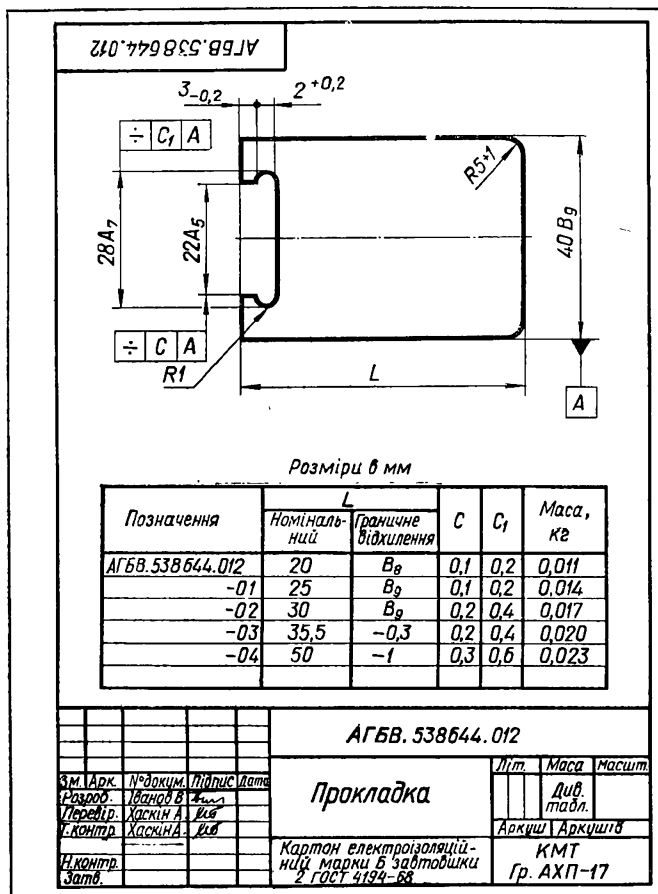


Рис. 298

не (базове) позначення прокладки (рис. 298) АГБВ.538644.012, а позначення варіантів — АГБВ.538644.012—01 (перший варіант), АГБВ.538644.012—02 (другий варіант) і т. д. До специфікації складального креслення виробу заносять усі варіанти однотипних деталей, об'єднані груповим кресленням, причому кожний варіант записують з його повним позначенням.

20.16. Матеріали і їх умовне позначення

Розглянемо позначення в конструкторських документах найпоширеніших марок матеріалів.

Чавун — це сплав заліза з вуглецем, кількість якого перевищує 2%, та з іншими елементами. Розрізняють звичайні сірі, ковкі високоміцні, антифрикційні, модифіковані чавуни та інші.

Виливки із звичайного сірого чавуну (з пластинчастим графітом) виготовляють марок СЧ 00, СЧ 12-28, СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40, СЧ 24-44, СЧ 28-48 тощо (ГОСТ 1412—70). Перше число в марці показує

мінімальну границю міцності на розтягання в кгс/мм^2 , а друге — границю міцності на згинання в кгс/мм^2 . З чавуну середньої міцності (СЧ 15-32, СЧ 18-36, СЧ 21-40) виготовляють кронштейни, корпуси, шківни, клапани, втулки тощо. З міцнішого чавуну (СЧ 32-52, СЧ 36-56) виготовляють зубчасті колеса, патрони, поршні, поршневі кільця та ін. Приклад умовного позначення звичайного сірого чавуну: «СЧ 18-36 ГОСТ 1412—70».

Ковкі чавуни дістають термічною обробкою білих чавунів. Найпоширеніші такі їх марки: КЧ 30-6, КЧ 33-8, КЧ 35-10, КЧ 37-12, КЧ 45-6, КЧ 50-4 та ін. (ГОСТ 1215—59). Перше число в марці показує мінімальну границю міцності на розтягання в кгс/мм^2 , а друге — відносне подовження в процентах. З ковкого чавуну відливають пластинчасті ланцюги, фітинги, кулачки, вкладиші тощо. Приклад умовного позначення ковкого чавуну: «КЧ 33-8 ГОСТ 1215—59».

Вилівки з високоміцного чавуну (з кулястим графітом) виготовляють марок ВЧ 38-17, ВЧ 42-12, ВЧ 45-5, ВЧ 50-2, ВЧ 60-2 та ін. (ГОСТ 7293—70).

Вилівки з антифрикційного чавуну (ГОСТ 1585—70) випускають марок АЧС-1, АЧС-2, АЧС-3, АЧВ-1, АЧК-1 тощо. Застосовують цей чавун у вузлах рухомих деталей, де є тертя.

Сталь — це сплав заліза з вуглецем у кількості до 2%. За хімічним складом сталь поділяють на вуглецеву і леговану, а за призначенням — на конструкційну, інструментальну і спеціальну.

Сталь вуглецеву звичайної якості (ГОСТ 380—71) залежно від призначення поділяють на три групи: А — таку, що поставляють за механічними властивостями, Б — за хімічним складом і В — за механічними властивостями і хімічним складом. Залежно від показників сталь кожної групи ще поділяють на кілька категорій. Виготовляють ці сталі таких марок:

група А — Ст0, Ст1, Ст2, Ст3, Ст4, Ст5, Ст6;

група Б — БСт0, БСт1, БСт2, БСт3, БСт4, БСт5, БСт6;

група В — ВСт1, ВСт2, ВСт3, ВСт4, ВСт5.

За ступенем розкислення сталь усіх груп поділяють на киплячу (кп), напівспокійну (пс) і спокійну (сп), наприклад: Ст3кп, Ст3пс, БСт3сп тощо.

Із сталей Ст0, Ст1 виготовляють труби, резервуари, кожухи, прокладки; із сталей Ст3, Ст4, найпоширеніших у машинобудуванні, виготовляють болти, гайки, гвинти, шпильки, заклепки, осі та ін.; сталі Ст5, Ст6 використовують для виготовлення валів, шестерень, шпонок, бандажів коліс та інших деталей. Приклад умовного позначення: «Ст3 ГОСТ 380—71».

Сталь вуглецеву якісну конструкційну (ГОСТ 1050—74) виготовляють таких марок: 08кп, 08пс, 10, 15кп, 20кп, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 60, 65Г та ін. У позначенні марки число показує середній вміст вуглецю в сотих частках процента, а буква «Г» — наявність марганцю (~1%). За ступенем розкислення ця сталь буває кипляча (кп), напівспокійна (пс), спокійна (без індексу).

Сталь 10, 15, 20, 25 застосовують для виготовлення кріпильних деталей, втулок, муфт тощо; сталь 35, 40, 45 — для виготовлення дета-

лей, що працюватимуть у значних навантаженнях, наприклад для колінчастих валів, штоків; сталь 65Г — для виготовлення пружин. Приклад умовного позначення: «Сталь 65 ГОСТ 1050—74».

Сталь інструментальну вуглецеву (ГОСТ 1435—74) випускають марок У7, У8, У8Г, У9, У8ГА та ін. Цифра в марці показує середній вміст вуглецю в десятках частках процента, буква «Г» — збільшений вміст марганцю, а буква «А» — високоякісність сталі. Використовують цю сталь для виготовлення інструментів. Приклад умовного позначення: «Сталь У8Г ГОСТ 1435—74».

Сталь легована конструкційна (ГОСТ 4543—71) має багато марок, наприклад: 15Х, 15ХА, 20Х, 38ХА і ін. — хромисті; сталі 15Г, 20Г, 45Г, 35Г2 і ін. — марганцевисті; 18ХГ, 20ХГР, 30ХГГ, 25ХГМ і ін. — хромомарганцеві; 33ХС, 40ХС і ін. — хромокремністі; 15ХМ, 30ХМ, 30ХМА, 30ХЗМФ і ін. — хромомолібденові і хромомолібденованадієві; 14Х2НЗМА, 20ХН2М і ін. — хромонікельмолібденові. У позначеннях марок перші дві цифри показують середній вміст вуглецю в сотих частках процента, букви, що стоять за цифрами, означають: «В» — вольфрам, «Г» — марганець, «М» — молібден, «Н» — нікель, «Р» — бор, «С» — кремній, «Т» — титан, «Ф» — ванадій, «Х» — хром і «Ю» — алюміній. Якщо вміст легуючого елемента перевищує 1,5%, то після букви елемента ставлять цифру, яка показує його вміст у процентах. Буква «А» в кінці марки свідчить, що сталь високоякісна. Приклад умовного позначення: «Сталь 12Х2Н4А ГОСТ 4543—71».

Виливки з конструкційної нелегованої сталі (ГОСТ 977—65) поділяють на три групи: I — звичайного призначення; II — відповідального призначення; III — особливо відповідального призначення. Сталь кожної групи поділяють на марки: 15Л, 20Л, 25Л, 30Л, 35Л і ін. Приклад умовного позначення вилівка із сталі марки 20Л групи I: «Сталь 20Л—I ГОСТ 977—65».

Бронза — багатокомпонентний сплав на мідній основі, який містить олово, свинець, цинк та інші метали.

Бронзи олов'яні ливарні (ГОСТ 613—65) виготовляють марок Бр. ОЦСН 3-7-5-1, Бр. ОЦС 3-12-5, Бр. ОЦС 4-4-17 та ін. Приклад умовного позначення: «Бр. ОЦС 3-12-5 ГОСТ 613—65». Це бронза, яка містить 3% олова, 12% цинку і 5% свинцю, решта — мідь. Використовують бронзу для виготовлення арматури, антифрикційних деталей тощо.

Бронзи олов'яні, оброблювані тиском (ГОСТ 5017—74), випускають марок Бр. ОФ 8,0-0,3; Бр. ОФ 6,5-0,4; Бр. ОЦ 4-3 та ін. Перше число марки показує середній вміст олова в процентах, а друге — вміст фосфору («Ф») або цинку («Ц») також у процентах. Решта — мідь і невеличкі домішки інших металів. Приклад умовного позначення: «Бр. ОФ 4-0,25 ГОСТ 5017—74».

Бронзи безолов'яні, оброблювані тиском (ГОСТ 18175—72), виготовляють марок: Бр. А5, Бр. АМц 9-2; Бр. АЖ 9-4; Бр. АЖН 10-4-4; Бр. КН 1-3 та ін. У цих марках «А» — алюміній, «Ж» — залізо, «Мц» — марганець, «Н» — нікель, «Ф» — фосфор.

Мідно-цинкові сплави (латуні) містять, крім міді і цинку, такі метали: залізо («Ж»), марганець («М»), алюміній («А»), олово («О»), свинець («С») та ін.

Мідно-цинкові сплави (латуні) ливарні (ГОСТ 17711—72) виготовляють марок ЛА 67-2,5; ЛАЖМц 66-6-3-2; ЛМцС 58-2-2; ЛК 80-3Л; ЛКС 80-3-3; ЛС 59-1Л та ін. З латуні виготовляють деталі арматури, підшипники і втулки, натискні гайки, корозійно-стійкі деталі, що працюють у морській воді, фасонні деталі, які відливають під тиском, тощо. Приклад умовного позначення: «ЛАЖМц 66-6-3-2 ГОСТ 17711—72». Це латунь, що містить 66% міді, 6% алюмінію, 3% заліза, 2% марганцю, решта — цинк.

Сплави мідно-цинкові (латуні), оброблювані тиском (ГОСТ 15527—70), виготовляють марок Л96, Л90, Л85, Л70, Л63, ЛА 77-2, ЛАЖ 60-1-1 та ін. Приклад умовного позначення «ЛАЖ 60-1-1 ГОСТ 15527—70». З цих латуней прокатують листи, прутки, дріт, стрічки. Приклад позначення гарячекатаного листа з латуні Л63: «Лист Л63 Гк 5 × 600 × 1500 ГОСТ 931—70».

Бабіти олов'яні та свинцеві (ГОСТ 1320—74) — це сплави олова і свинцю з міддю, сурмою та ін. Марки бабіту такі: Б89, Б83, Б83С, БН тощо. Бабіт використовують для заливання підшипників турбін, насосів, вентиляторів тощо. Приклад умовного позначення: «Бабіт Б83 ГОСТ 1320—74».

Сплави алюмінієві ливарні (ГОСТ 2685—63) залежно від хімічного складу поділяють на п'ять груп, наприклад: I — сплави на основі алюміній-магній (АЛ8, АЛ13, АЛ27 та ін.), II — сплави на основі алюміній-кремній (АЛ2, АЛ4, АЛ4В та ін.), III — сплави на основі алюміній-мідь (АЛ7, АЛ19 та ін.). Алюмінієві сплави застосовують для важливих деталей двигунів, поршнів, деталей складної конфігурації, для виробів, які працюють при підвищених температурах, тощо. Приклад умовного позначення: «АЛ9 ГОСТ 2685—63».

Сплави алюмінієві, що деформуються (ГОСТ 4784—74), випускають марок АМцС, Д12, АМг4, АД33, АВ, В65 та ін.

Розглянемо деякі **неметалеві матеріали**, які застосовують у машинобудуванні:

1. *Текстоліт конструкційний* (ГОСТ 5—72) — це шаруватий пластичний матеріал, який виготовляють пресуванням тканини, просоченої штучними смолами. Марки текстоліту ПТК, ПТ і ПТ-1. З текстоліту роблять втулки, кільця, шестірні, ролики. Приклад позначення: «Текстоліт ПТ-1 ГОСТ 5—72».

2. *Вініпласт листовий* (ГОСТ 9639—71) — жорсткий листовий термопластичний матеріал. Марки листового вініпласту ВН, ВНЭ, ВП і ВД. Використовують його для виготовлення хімічної апаратури, в автомобільній, фото- і електропромисловості та ін. Приклад позначення листів вініпласту марки ВН завдовжки 1500 мм і завширшки 800 мм: «Листи вініпласту ВН 1500 × 800 ГОСТ 9639—71».

3. *Гетинакс електротехнічний листовий* (ГОСТ 2718—74) випускають марок I, II, III, V, V—I, VI та ін. Приклад умовного позначення: «Гетинакс V—I 12,0 ГОСТ 2718—74» — гетинакс марки V—I завтовшки 12 мм.

4. *Пресшпан* (ГОСТ 6983—54) — ущільнений лощений картон. Пресшпан випускають марок А і Б; застосовують як прокладний ма-

теріал. Умовне позначення пресшпана марки А завтовшки 0,6 мм: «Пресшпан А 0,6 ГОСТ 6983—54».

5. *Пароніт* (ГОСТ 481—71) виготовляють із суміші азбестових волокон, розчинників і наповнювачів. Марки пароніту ПОН, ПМБ, ПА і ПЭ; застосовуються вони для виготовлення прокладок. Приклад умовного позначення листів пароніту ПОН завтовшки 0,6 мм, завширшки 500 мм і завдовжки 750 мм: «Пароніт ПОН 0,6 × 500 × 700 ГОСТ 481—71».

6. *Гума листова технічна* (ГОСТ 7338—65) випускається марок КЩ — кислотостійка, Т — теплостійка, М — морозостійка і ін. Застосовується для виготовлення клапанів, прокладок, ущільнень. Приклад позначення технічної гуми у вигляді пластини завтовшки 3 мм, маслобензостійкої, марки А, м'якої: «Гума — пластина ЗМБ-А-м ГОСТ 7338—65».

Якщо форма і умови роботи деталі в конструкції потребують виготовлення її з металу певного сортаменту (листа, каліброваного прутка, дроту, певного профілю тощо), то в умовному позначенні вказують не тільки матеріал, а й сортамент з його характерними розмірами, і позначають номер стандарту на цей сортамент. Розглянемо кілька прикладів:

1. Сталь Ст3 гарячекатана квадратна із стороною квадрата 60 мм звичайного прокатування —

$$\text{Квадрат} \frac{\text{В60 ГОСТ 2591—71}}{\text{Ст3 ГОСТ 535—58}}.$$

2. Швелер № 20 з нахилом внутрішніх граней полок із сталі Ст3 —

$$\text{Швелер} \frac{20 \text{ ГОСТ 8240—72}}{\text{Ст3 ГОСТ 535—58}}.$$

3. Сталь Ст3 кругла діаметром 50 мм —

$$\text{Круг} \frac{50 \text{ ГОСТ 2590—71}}{\text{Ст3 ГОСТ 535—58}}.$$

4. Сталь 45 шестигранна калібрована з розміром «під ключ» 25 мм, 5-го класу точності —

$$\text{Шестигранник} \frac{25—5 \text{ ГОСТ 8560—67}}{45 \text{ ГОСТ 1051—73}}.$$

20.17. Приклади виконання робочих креслень деталей

На рис. 299 зображено «круглу» деталь — вал. *Круглими називають деталі, обмежені переважно поверхнями обертання.* До таких належать осі, втулки, вали, шпинделі, фланці та ін. На кресленні ці деталі зображують переважно в одній проекції — головному вигляді — з горизонтальним розміщенням їх осі, тобто паралельно основному напису.

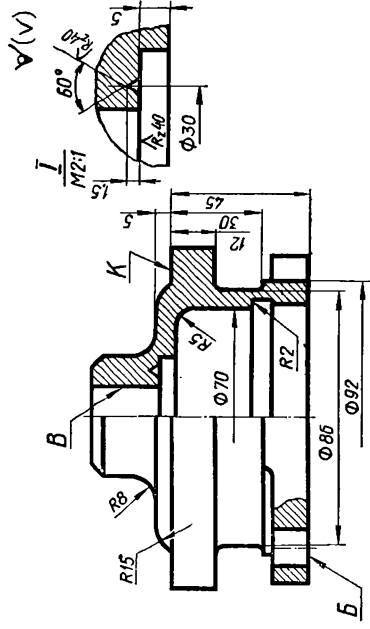
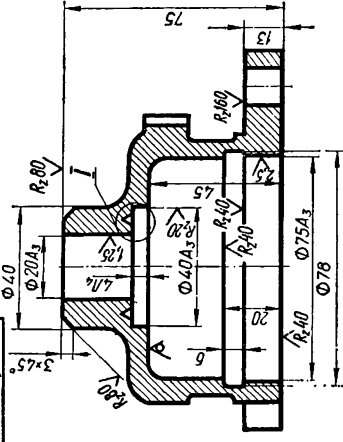
За допомогою перерізу А—А на рис. 299 виявлено поперечні розміри шпонкової канавки, а переріз В—В дає форму і розміри квадратної частини вала. Місцеві розрізи, зроблені на валу, виявляють центровий отвір і глибину та довжину шпонкової канавки. Виносні елементи I і II зроблено для того, щоб показати заглибину під стопорний гвинт і розміри проточки для метричної різьби.

Розміри на кресленні в основному складаються з довжин і діаметрів. Щоб проставити поздовжні розміри, застосовують розмірні бази. За основну розмірну базу тут взято праву торцеву площину вала, відносно якої орієнтовано розміри 50, 75, 125

ЭОД 2102012001

КМТЧ.002012.003

A-A



1. Уклопи формувальні за ГОСТ 3212-57

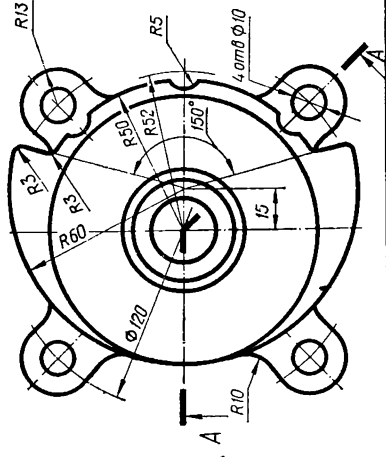
2. Допуски на розміри виллийді за II класом точності за ГОСТ 1855-55

3. Неповказані лийварні радиї 1...3 мм

4. Неповказані гранчїні відхїлення розмірї на механїчно обрїдленї частїнї деталї: діаметрї за А₃, В₃ рїшті-за СМ₅

5. Нерерредїкцїйварність осї отвору В відносно лийварнї Б не бїльша за 0,02 мм

6. Кришкї лїддати вїдвалїсїчному вїпробувданню разом з дет...тїд тїском 40 ксї/см².

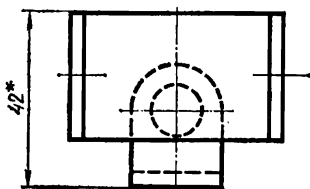
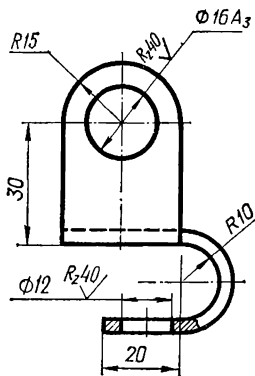
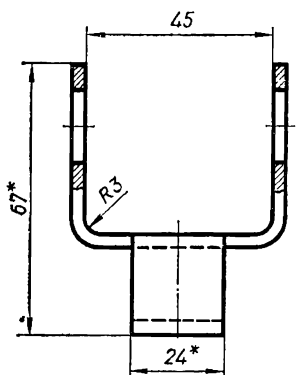


КМТЧ.002012.003		Лїтер. лїста	Мїсцїт.
Кришка		Ч	1:1
С415-32		Архїш.	Лархїшів 7
ГОСТ 1412-70		КМТ	Гр.СМ-34
3.1	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.2	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.3	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.4	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.5	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.6	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.7	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.8	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.9	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.10	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.11	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.12	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.13	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.14	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.15	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.16	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.17	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.18	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.19	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.20	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.21	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.22	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.23	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.24	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.25	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.26	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.27	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.28	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.29	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.30	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.31	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.32	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.33	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.34	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.35	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.36	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.37	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.38	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.39	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.40	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.41	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.42	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.43	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.44	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.45	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.46	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.47	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.48	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.49	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.50	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.51	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.52	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.53	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.54	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.55	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.56	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.57	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.58	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.59	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.60	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.61	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.62	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.63	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.64	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.65	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.66	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.67	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.68	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.69	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.70	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.71	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.72	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.73	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.74	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.75	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.76	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.77	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.78	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.79	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.80	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.81	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.82	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.83	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.84	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.85	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.86	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.87	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.88	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.89	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.90	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.91	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.92	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.93	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.94	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.95	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.96	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.97	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.98	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.99	Арх.	Лархїшів	Лархїшів
3.100	Арх.	Лархїшів	Лархїшів

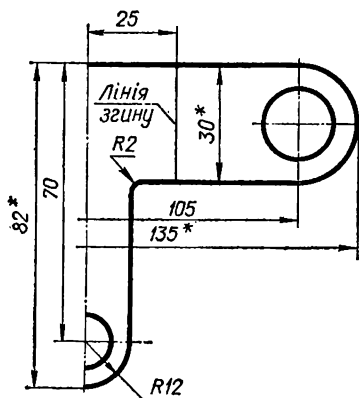
Рис. 300

КМТЧ.002012.002

▽(▽)



Розгортка



*Розміри для довідок

				КМТЧ.002012.002			
Зм. Арк.	№ док.им.	Підпис	Дата	Скоба	Лит.	Маса	Масшт.
Н.зроб.	Юра П.				у		1:1
Р.зроб.	Хаскін А.		11.76	Аркци		Аркци в 1	
Т.контр.	Хаскін А.		11.76	Лист		КМТ Гр.ХМС-46.	
Н.контр.	Затв.			В2 ГОСТ 3680-57 20 ГОСТ 1050-74			

Рис. 301

і 235 мм. Крім того, на кресленні є допоміжна база, від якої орієнтовано розміри 16, 36 і 70 мм. Позначення шорсткості поверхонь проставлено з урахуванням їх конструктивного призначення.

Отже, щоб правильно виконати креслення круглої деталі, треба: а) правильно визначити її головний вигляд; б) виконати потрібні додаткові зображення (місцеві розрізи, перерізи, вносні елементи); в) вибрати основні і допоміжні бази і нанести розміри з урахуванням цих баз; г) нанести позначення шорсткості поверхонь з урахуванням конструкції деталі і технології її виготовлення.

На рис. 300 зображено кришку, виготовлену литтям. Литі деталі здебільшого зображують у трьох видах з відповідними розрізами. Для литих деталей характерні плавні переходи, ливарні уклони і радіуси.

У нашому випадку на місці головного вигляду виконано повний фронтальний розріз, а на місці вигляду зліва — поєднання профільного розрізу з виглядом. Вносний елемент дає змогу розкрити форму і розміри канавки. У литих деталях лише частину поверхонь обробляють механічно, а саме ті, що стикаються у виробі з іншими.

Особливу увагу слід звернути на нанесення розмірів для литих деталей. За ГОСТ 2.307—68 для деталей, виготовлених литтям, штампуванням, куванням або прокатуванням з наступною механічною обробкою лише частини поверхонь, по кожному координатному напрямку слід показувати не більше одного розміру, що зв'язує оброблювану поверхню з необроблюваною. Інакше кажучи, повинні існувати окремі розмірні бази для кожної групи цих поверхонь. У нашому випадку для оброблюваних поверхонь розмірною базою є нижня торцева площина, а для необроблюваних — площина, позначена на рис. 300 буквою К. Ці поверхні між собою зв'язані лише одним розміром — 45 мм.

У технічних умовах на литі деталі слід указувати величини ливарних уклонів, радіусів тощо.

На рис. 301 зображено деталь (скобу), виготовлену штампуванням. Щоб краще уявити справжню форму і розміри деталі, на кресленні показано часткову її розгортку. На розгортку нанесено лише ті розміри, які не можна показати на зображенні готової деталі. Над розгорткою проставлено напис «Розгортка». Тонкою судильною лінією показано лінію згину деталі з відповідним написом на поличці лінії-виноски. Особливу увагу зверніть на правильне визначення розмірів у місцях згинання деталі.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яке креслення називається робочим? Які вимоги ставлять до нього?
2. Які креслення називають ескізами і в якій послідовності рекомендується виконувати ескіз деталі з натури?
3. Що таке конструктивна база? технологічна? вимірна? складальна?
4. Як проставляють розміри при ланцюговому способі? координатному? комбінованому?
5. Які розміри вважають довідковими і як їх записують на кресленні?
6. Як проставляють розміри однакових елементів, розміщених на одній осі або на одному колі?
7. На які розміри дозволяється не проставляти граничних відхилень?
8. Як нанести розмір в місці спряження або скруглення деталі?
9. Як нанести розміри, коли є плита з багатьма отворами різних діаметрів?
10. Назвіть інструменти, якими користуються для вимірювання деталей.
11. Як вимірюють величину кроку різьби?
12. Які вимоги ставлять до деталей, виготовлених литтям?
13. Які вимоги ставлять до деталей з механічною обробкою?
14. За якими співвідношеннями знаходять розміри проточки різьби?
15. Як оцінюють шорсткість поверхні деталі?
16. Якими знаками позначають шорсткість поверхні? Як креслять ці знаки?
17. Як проставити на кресленні шорсткість, якщо всі елементи деталі мають однако-ву шорсткість поверхонь?
18. Як проставляють позначення шорсткості різьби? зубчастих коліс?
19. Як позначають шорсткість поверхні для однакових елементів?
20. Розшифруйте умовне позначення «КЧ 37-12 ГОСТ 1215—59».
21. Що означає запис «Сталь 35Г2 ГОСТ 4543—71»?

22. Прочитайте умовний запис «Сталь 30ХНЗ ГОСТ 4543—71».
23. В яких випадках аркуш розбивають на зони і як це роблять?
24. Як заповнювати основний напис на робочому кресленні?
25. У чому особливості виконання робочого креслення круглої деталі? Литої? виготовленої штампуванням?

Вправа. Виконайте завдання картки програмованого контролю з теми «Робочі креслення й ескізи деталей». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми «Робочі креслення й ескізи деталей»

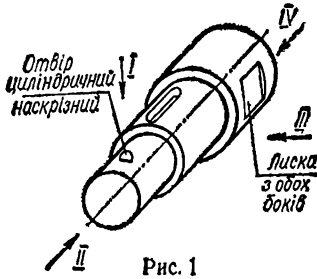


Рис. 1

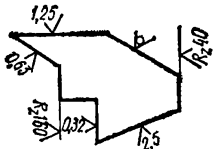


Рис. 2

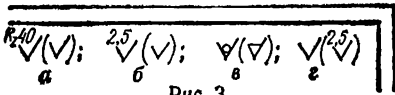


Рис. 3

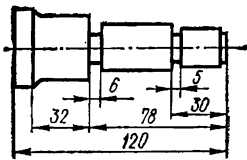


Рис. 4



Рис. 5

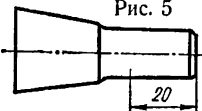


Рис. 6

1. За яким напрямком проєктування (I, II, III або IV) слід вибрати головний вигляд деталі (рис. 1)?
2. Скільки перерізів треба зробити для пояснення конструкції деталі (рис. 1)?
3. Скільки розмірів треба проставити на робочому кресленні валика (рис. 1)?
4. Які з позначень шорсткості поверхні проставлені неправильно (рис. 2)?
5. Які з позначень шорсткості поверхні проставлені неправильно в правому верхньому куті креслення (рис. 3)?
6. У позначенні яких матеріалів допущено помилки? Як треба правильно записати?
Сталь 3. ГОСТ 380—71; КЧ 35-10 ГОСТ 1215—59; Ст. 25 ГОСТ 1050—74; Сталь 30Л—I ГОСТ 977—65; Латунь 68 ГОСТ 15527—70.
7. Як називається спосіб нанесення розмірів на рис. 4?
8. Знайдіть за довідником розміри нормальної проточки для зовнішньої метричної різьби М27. Накресліть проточку і проставте розміри.
9. На рис. 5 накреслено проточку для внутрішньої різьби М27 × 2—6Н. Обчисліть розміри елементів проточки за умовними співвідношеннями.
10. Позначте термообробку на деталі (рис. 6): «Цементувати h 0,2; HRC 50...60 на довжині 20 мм».

21.1. Загальні положення

Розрізняють конструктивне, спрощене і умовне зображення кріпильних деталей (болтів, гайок, гвинтів, шпильок і т. п.) і їх з'єднань. При конструктивному зображенні всі розміри деталей беруть з відповідних стандартів і креслять деталі без спрощення. Спрощене зображення полягає в тому, що деталі креслять за відносними розмірами залежно від діаметра d і кроку P різьби. Спрощене зображення деталей і їх з'єднань виконують за ГОСТ 2.315—68. Умовне зображення (ГОСТ 2.315—68) виконують лише на складальних кресленнях, коли діаметр стержня менший за 2 мм.

За наказом МВО СРСР у навчальних закладах дозволяється з навчальною метою виконувати креслення з'єднань, написи, специфікації тощо з деякими відхиленнями від ГОСТів. У підручнику матеріал про з'єднання подається відповідно до багаторічної практики його викладання у вищих і середніх навчальних закладах.

21.2. Болтове з'єднання

Болтове з'єднання застосовують у багатьох машинах і спорудах. Воно складається з болта, гайки, шайби і деталей, що з'єднуються. У деталях 1 і 2 (рис. 302, а) просвердлюють отвір діаметром $(1,05 \div 1,1) d$, де d — діаметр різьби болта. В отвір установлюють болт 3 (рис. 302, б), надівають на нього шайбу 5 (рис. 302, в) і нагвинчують гайку 4 (рис. 302, г).

На складальному кресленні деталі болтового з'єднання виконують за відносними розмірами залежно від діаметра d різьби (рис. 303, а, б, г).

На рис. 304, а зображено болтове з'єднання у вигляді, який рекомендується для виконання навчальних креслень. На місці головного вигляду виконано простий фронтальний розріз, а на місці вигляду зліва — профільний розріз. Довжину болта можна обчислити за формулою (рис. 302, в, г)

$$l = H_1 + H_2 + S_{\text{ш}} + H + a + c,$$

де H_1 і H_2 — товщини скріплюваних деталей (відомі із завдання);

$S_{\text{ш}}$ — товщина шайби;

H — висота гайки;

a — запас різьби на виході з гайки; $a = 0,2d$;

c — висота фаски на кінці болта; $c = 0,15d$.

Підставляючи наведені значення окремих величин, остаточно дістаємо цю формулу в такому вигляді:

$$l = H_1 + H_2 + 0,15d + 0,8d + 0,2d + 0,15d = H_1 + H_2 + 1,3d.$$

Розрахункову довжину болта слід співставити з рядом довжин, що є в стандартах на болти (45, 48, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120 і т. д.), і взяти найближче стандартне значення.

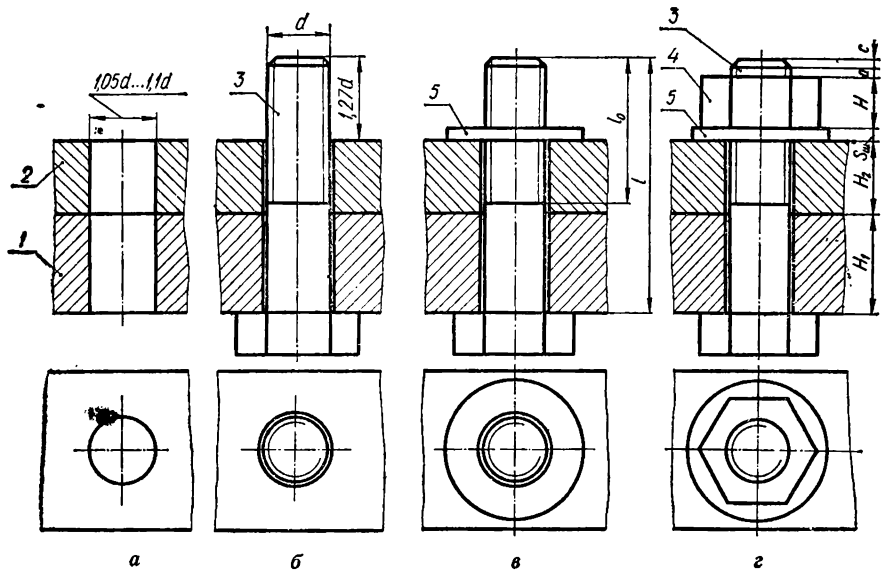


Рис. 302

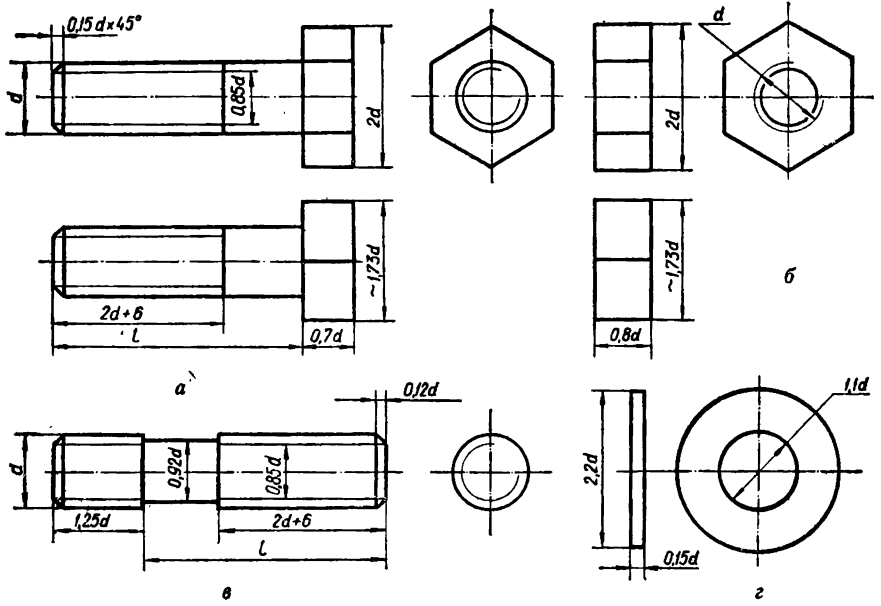


Рис. 303

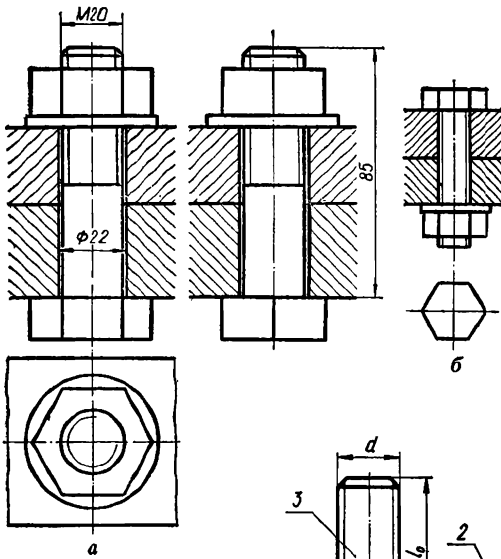


Рис. 304

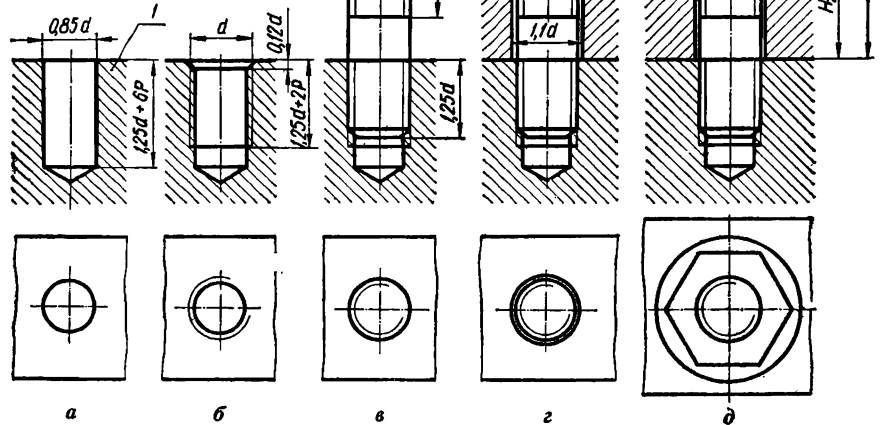


Рис. 305

Зверніть увагу на такі особливості виконання болтового з'єднання:
 а) на кресленні з'єднання проставляють лише три розміри (рис. 304, а): діаметр різьби, довжину болта і діаметр отвору в скріплюваних деталях;

б) головку болта і гайку на головному вигляді завжди зображують трьома гранями;

в) за ГОСТ 2.305—68 болти, гвинти і шпильки в поздовжньому розрізі показують нерозсіченими. Як правило, на складальних кресленнях нерозсіченими показують також гайки і шайби;

г) лінії штриховки суміжних деталей нахиляють у різні боки. Нахил штриховки для тієї самої деталі роблять в один бік на всіх зображеннях;

д) на складальних кресленнях і на кресленнях загальних виглядів рекомендується робити спрощене зображення болтового з'єднання за ГОСТ 2.315—68 (рис. 304, б).

21.3. Шпилькове з'єднання

Шпилькове з'єднання (рис. 305) складається з шпильки, гайки, шайби і скріплованих деталей. У деталі 1 (рис. 305, а) просвердлюють гніздо діаметром $0,85d$ завглибшки $1,25d + 6P$, де P — крок різьби. Різьбу в гнізді нарізають на довжині $1,25d + 2P$ (рис. 305, б). Шпильку 3 різьбовим кінцем l_1 загвинчують у гніздо (рис. 305, в). У деталі 2 (рис. 305, г) просвердлюють отвір діаметром $1,1d$ і надівають її на шпильку. Потім на шпильку надівають шайбу 5 і нагвинчують гайку 4 (рис. 305, д).

На складальному кресленні деталі шпилькового з'єднання креслять за відносними залежно від діаметра d різьби розмірами (рис. 303). Довжина загвинчуваного різьбового кінця l_1 дорівнює d ; $1,25d$ або $2d$ залежно від матеріалу деталі, в яку загвинчують шпильку (див. § 19.12). Довжина різьбового кінця $l_0 = 2d + 6$ мм. Діаметр ненарізанної частини шпильки $d_2 = 0,92d$ для шпильок типу Б і $d_2 = d$ для шпильок типу А.

Довжину шпильки можна обчислити за формулою (рис. 305, д)

$$l = H_2 + S_{\text{ш}} + H + a + c,$$

де H_2 — товщина скріплюваної деталі;

$S_{\text{ш}}$ — товщина шайби; $S_{\text{ш}} = 0,15d$;

H — висота гайки; $H = 0,8d$;

a — запас різьби на виході з гайки; $a = 0,2d$;

c — висота фаски на кінці шпильки; $c = 0,15d$;

Підставляючи ці значення у формулу, матимемо

$$l = H_2 + 0,15d + 0,8d + 0,2d + 0,15d = H_2 + 1,3d.$$

Розрахункову довжину шпильки слід звірити з рядом довжин, що є стандартах на шпильки (35, 38, 40, 42, 45, 48, 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, 85, 90, 95, 100, 105, 110, 115, 120 мм і т. д.), і взяти найближчу стандартну.

Приклад шпилькового з'єднання, яке виконують у навчальному завданні, наведено на рис. 306, а—г. Деякі особливості шпилькового з'єднання:

а) лінія поділу скріплованих деталей повинна збігатися з межею різьби загвинчуваного різьбового кінця l_1 шпильки;

б) гніздо під шпильку закінчується конусом з кутом 120° , який утворюється конічною частиною свердла, тобто має технологічний характер;

в) нарізати різьбу до кінця гнізда практично неможливо, а тому крім збігу різьби ($2P$), залишається недовод, що дорівнює $4P$. На складальних кресленнях умовно дозволяється показувати різьбу до кінця гнізда;

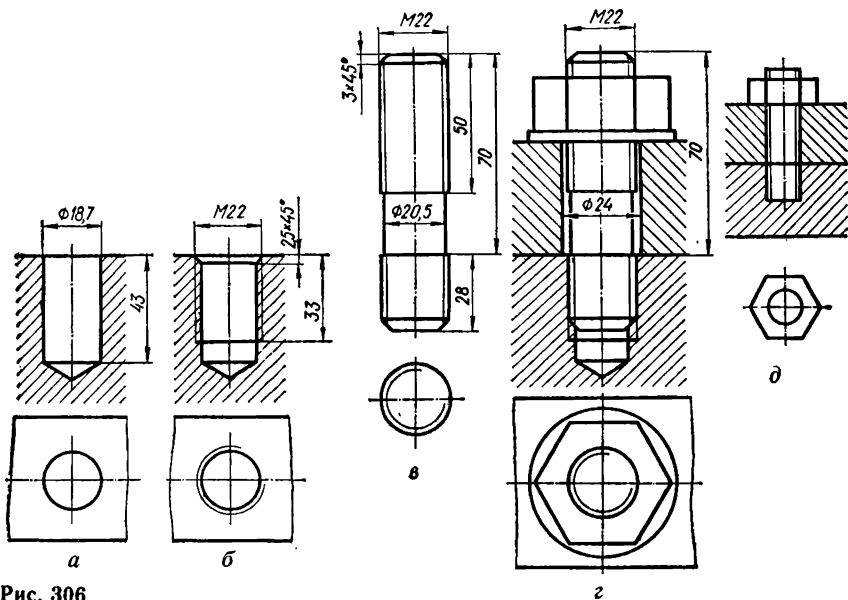


Рис. 306

г) на кресленні шпилькового з'єднання (рис. 306, г) показують лише три розміри: діаметр та довжину шпильки і діаметр отвору в скріплюваній деталі;

д) штриховку в розрізі доводять до суцільної основної лінії різьби на шпильці і в гнізді;

е) на складальних кресленнях рекомендується робити спрощене зображення шпилькового з'єднання за ГОСТ 2.315—68 (рис. 306, д).

21.4. З'єднання гвинтами

Гвинт, як і інші кріпильні деталі, можна креслити за стандартними або за відносними розмірами (рис. 307), визначаючи всі елементи залежно від діаметра d різьби.

Гвинтове з'єднання (рис. 308) складається з гвинта 3 та деталей 1 і 2. У деталі 1 просвердлюють гніздо (рис. 308, а), в якому нарізають різьбу (рис. 308, б). У приєднуваній верхній деталі 2 просвердлюють отвір діаметром $1,1d$ (рис. 308, в). Гвинт вільно проходить в отвір деталі 2 і загвинчується в деталь 1 (рис. 308, г). Конічна головка гвинта, яка називається потайною, не повинна виступати над поверхнею деталі.

Зверніть увагу на такі умовності зображення гвинтового з'єднання: а) лінія поділу з'єднаних деталей повинна бути нижчою * за межу різьби гвинта приблизно на $3P$ (рис. 308, г);

б) шліц для викрутки на вигляді спереду або зліва розміщують перпендикулярно до фронтальної або профільної площини, а на вигляді зверху — повернутим під кутом 45° ;

в) якщо діаметр головки гвинта на кресленні менший за 12 мм, то шліц показують однією потовщеною лінією;

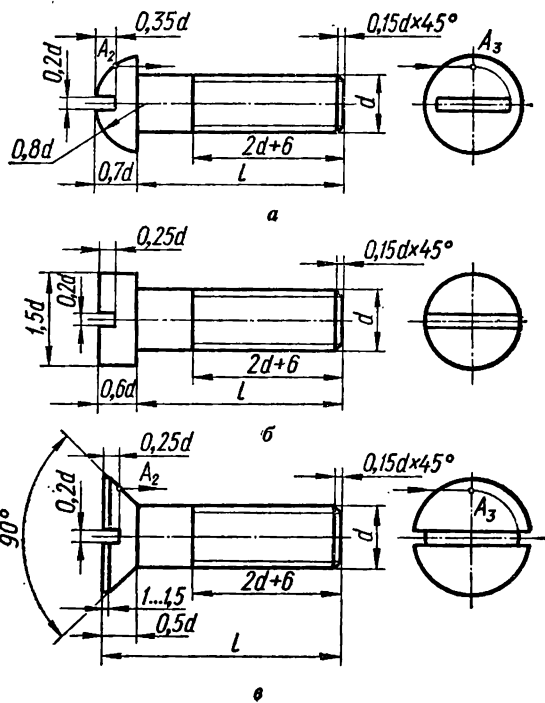


Рис. 307

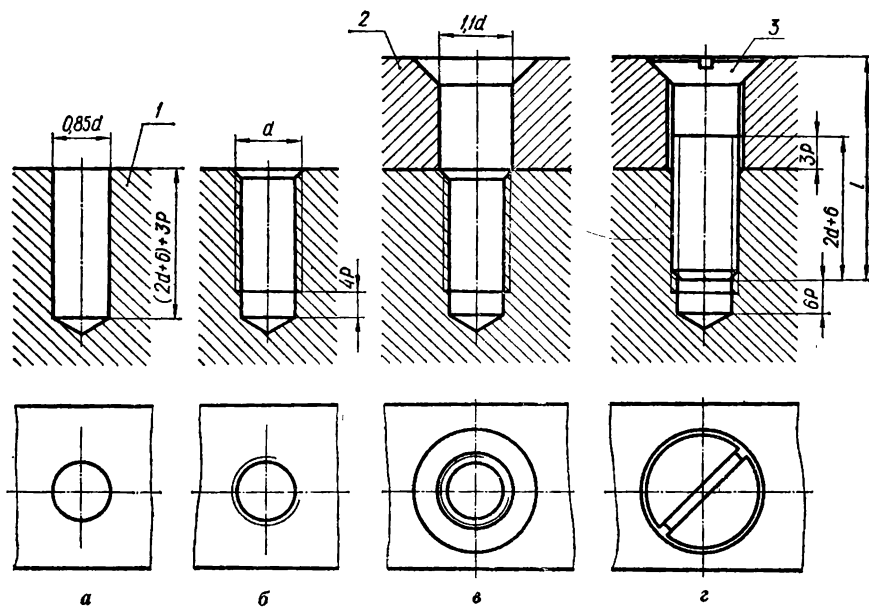


Рис. 308

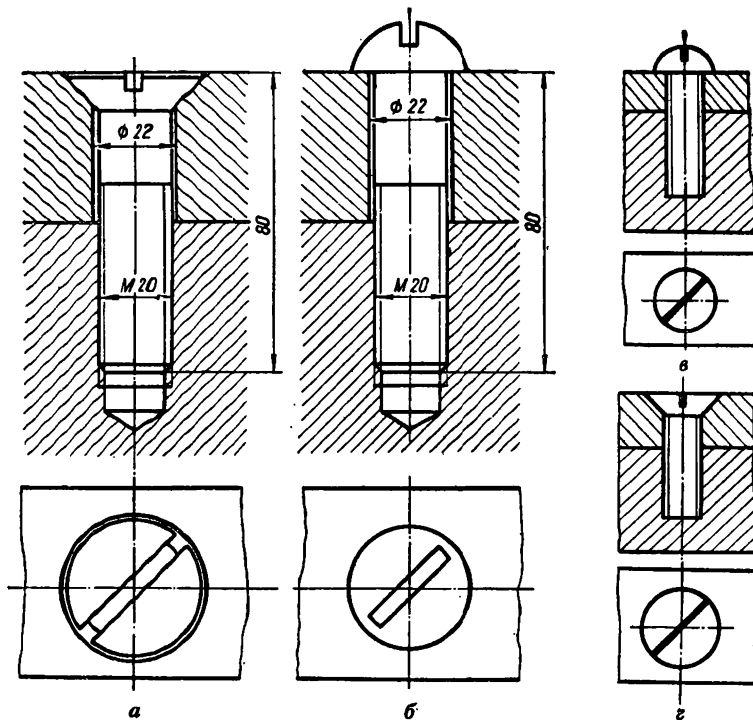


Рис. 309

г) діаметр гнізда під гвинт повинен дорівнювати $0,85d$; довжину його розраховують за формулою $(2d + 6) + 3P$ мм, де P — крок різьби (величина $3P$ впливає з того, що гвинт не догвинчують у гніздо на $3P$);

д) різьбу в гнізді можна умовно показати на всю довжину гнізда, хоч нарізати її так мітчиком не можна. На робочих кресленнях межа різьби повинна бути віддалена від основи гнізда на величину $4P$ (рис. 308, б);

е) для головки потайного гвинта роззенковують конус під кутом 90° , висота якого дає змогу повністю утопити головку;

є) на кресленні з'єднання (рис. 309, а, б) слід показувати лише три розміри: діаметр різьби, довжину гвинта і діаметр отвору в з'єднуваній деталі для проходження гвинта.

ж) на складальних кресленнях і на кресленнях загальних виглядів рекомендується робити спрощене зображення гвинтового з'єднання за ГОСТ 2.315—68 (рис. 309, в, г).

21.5. Трубне з'єднання

Трубні з'єднання широко застосовують у системах опалення, вентиляції, газифікації, водопостачання, у системах мащення машин тощо. З'єднання трубопроводів можуть бути рознімні і нерознімні. До числа рознімних відносять з'єднання різьбові, фланцеві, розтрубні, а до

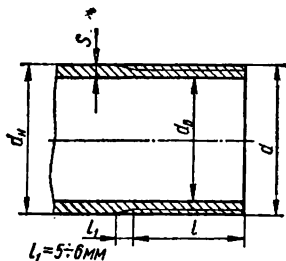


Рис. 310

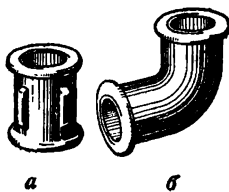


Рис. 311

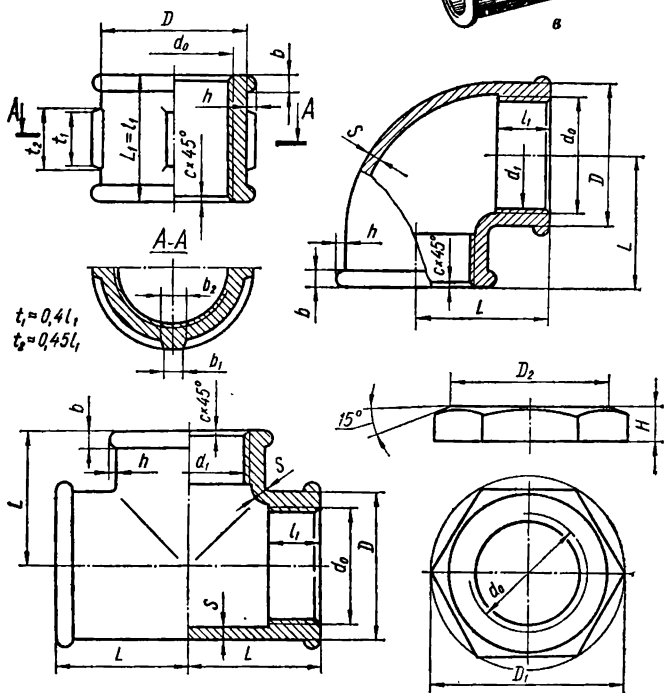
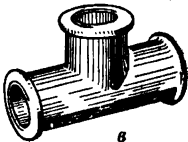


Рис. 312

числа нерознімних — зварні і паяні. У різьбових з'єднаннях труби з'єднують за допомогою з'єднувальних частин (муфт, кутників, тріників тощо).

Труби. У системах водо- і газопостачання застосовують сталі нецинковані (чорні) або оцинковані труби за ГОСТ 3262—62. Залежні від товщини стінок розрізняють труби звичайні, підсилені і полегшені. На кінцях труб нарізають трубну циліндричну (ГОСТ 6357—73) або трубну конічну (ГОСТ 6211—69) різьбу. Задають труби величиною умовного проходу D_y , який наближено дорівнює внутрішньому діаметру труби. За цією величиною, користуючись довідником, визначають розміри труби і всіх з'єднувальних деталей. Виготовляють труби і сталей Ст0 і Ст1 (ГОСТ 380—71).

Таблиця 20

Вибіркові розміри сталених водо- і газопровідних труб (ГОСТ 3262—62), мм

Умовний прохід $D_y \approx d_B$	Зовнішній діаметр d_H	Товщина S стінки труби		Різьба		
		звичайної	підсиленої	Зовнішній діаметр d	Число ниток на 1"	Довжина l різьби до збігу
20	26,75	2,75	3,50	26,442	14	16
25	33,50	3,25	4,00	33,250	11	18
32	42,25	3,25	4,00	41,912	11	20
40	48,00	3,50	4,25	47,805	11	22
50	60,00	3,50	4,25	59,616	11	24

Таблиця 21

Вибіркові розміри з'єднувальних частин (ГОСТ 8954—59, 8946—59, 8948—59 і 8961—59), мм

Умовний прохід D_y	Різьба			
	d	Зовнішній діаметр d_o	Внутрішній діаметр d_i	Довжина l_1
20	Труб. 3/4"	26,442	24,119	13,5
25	» 1"	33,250	30,293	15,0
32	» 1 1/4"	41,912	38,954	17,0
40	» 1 1/2"	47,805	44,847	19,0
50	» 2"	59,616	56,695	21,0

Умовний прохід D_y	Конструктивні розміри											
	D	D_1	D_2	S	b	b_1	b_2	h	L	L_1	H	c
20	33,0	41,6	33	3,0	4,0	2	4,0	2,5	33	31	9	2,0
25	40,7	53,1	43	3,3	4,0	2,5	4,5	2,5	38	35	10	2,5
32	49,8	63,5	52	3,6	4,0	2,5	5,0	3,0	45	39	11	3,0
40	56,4	69,3	56	4,0	4,0	3,0	5,0	3,0	50	43	12	3,5
50	69,5	86,5	70	5,0	5,0	3,0	6,0	3,5	58	47	13	4,0

В умовному позначенні труб указують: а) слово «Труба»; б) знак покриття (букву «О» для оцинкованих труб); в) букву «Ц» або «К» залежно від типу різьби (циліндрична чи конічна); г) величину умовного проходу, мм; д) номер стандарту. Наприклад: «Труба О — Ц 20 ГОСТ 3262—62»; «Труба О — К 20 ГОСТ 3262—62». Для підсилених труб у позначенні після слова «Труба» пишуть букву «У», а для полегшених — букву «Л». Вибіркові розміри труб за ГОСТ 3262—62 наведено на рис. 310 і в табл. 20.

З'єднувальні частини — це прямі (рис. 311, а) і перехідні муфти, кутники (рис. 311, б), трійники (рис. 311, в), ковпаки, контргайки тощо. На рис. 312 зображено конструктивні креслення прямої

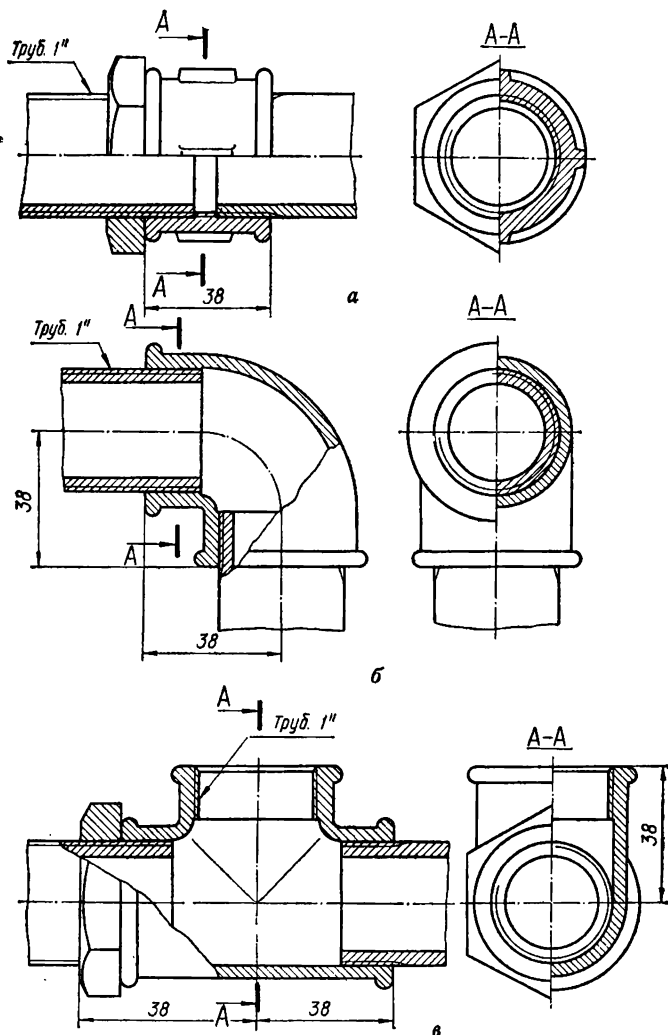


Рис. 313

короткої муфти (ГОСТ 8954—59), кутника (ГОСТ 8946—59), трійника (ГОСТ 8948—59) і контргайки (ГОСТ 8961—59). У табл. 21 наведено вибіркові розміри з цих стандартів.

З'єднувальні частини виготовляють з ковкого чавуну КЧ 30-6, КЧ 35-10 та ін. за ГОСТ 1215—59. Умовне позначення з'єднувальної частини містить: а) назву деталі; б) знак покриття (букву «О» для оцинкованих деталей); в) діаметр умовного проходу, мм; г) номер стандарту. Наприклад: «Муфта коротка 40 ГОСТ 8954—59»; «Кутник О—40 ГОСТ 8946—59».

Креслення трубного різьбового з'єднання. На рис. 313 наведено креслення трубних з'єднань: з'єднання короткою муфтою (рис. 313, а),

кутником (рис. 313, б) і трійником (рис. 313, в). Креслення виконують у двох зображеннях, причому головним є поєднання частини вигляду з частиною простого фронтального розрізу, а на вигляді зліва вигляд поєднують з простим профільним розрізом. Перед тим як виконувати завдання, слід за умовним проходом підібрати за таблицями розміри труби і всіх частин з'єднання.

Наведемо деякі особливості трубного з'єднання:

а) для повністю загвинченої труби за торець з'єднувальної частини виходить лише збіг різьби (показаний на рисунку похилою лінією);

б) щоб демонтувати трубне з'єднання, наприклад при ремонтних роботах, на кінці однієї з труб нарізають довшу різьбу-згін (рис. 313, а, в). Її беруть з розрахунку, щоб можна було відгвинтити контргайку, муфту і щоб залишився ще запас різьби на 5—7 мм;

в) трубне з'єднання виконують як конструктивне креслення, а тому слід звернути увагу на правильне виконання буртиків, фасок, ребер та інших елементів з'єднувальних частин.

21.6. Шпонкове з'єднання

Шпонки застосовують для рознімного з'єднання деталей при передаванні крутного моменту і осьової сили. Складається шпонкове з'єднання з колеса, вала і шпонки. Шпонку вставляють у спеціальну канавку — паз, зроблений на валу (рис. 314, а), і насаджують на вал колесо (рис. 314, б) так, щоб паз маточини колеса потрапив на виступаючу частину шпонки (рис. 314, 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.

За стандартом шпонкові з'єднання поділяють на *напружені*, які здійснюються за допомогою клинових шпонок і забезпечують передавання як крутного моменту, так і осьового зусилля, і *ненапружені*, здійснювані призматичними і сегментними шпонками, які передають лише крутний момент.

Шпонка — гранована кріпильна деталь, яка забезпечує одночасне обертання вала і насадженого на нього колеса. Розміри і конструкції шпонок стандартизовані. За конструкцією шпонки поділяють на призматичні (рис. 315, а), клинові (рис. 315, б) і сегментні (рис. 315, в).

Призматичні шпонки виготовляють напрямними (ГОСТ 8790—68) і звичайними (ГОСТ 8789—68). Напрямні шпонки закріплюють гвинтами до вала або до маточини колеса. Застосовують їх тоді, коли колесо повинно переміщатися вздовж осі вала. Клинові шпонки виконують з головкою (ГОСТ 8793—68) або без неї (рис. 315, б; ГОСТ 8792—68).

За формою торців призматичні і клинові шпонки поділяють на шпонки виконання 1 (заокруглені торці), виконання 2 (один торець заокруглений, а другий — плоский) і виконання 3 (плоскі торці). У поперечному перерізі всі шпонки мають прямокутну форму з невеликими фасками або скругленнями на бічних ребрах. Робочими поверхнями в призматичних і сегментних шпонках є бічні грані, а в клинових — верхня і нижня широкі грані, одна з яких має уклон 1 : 100.

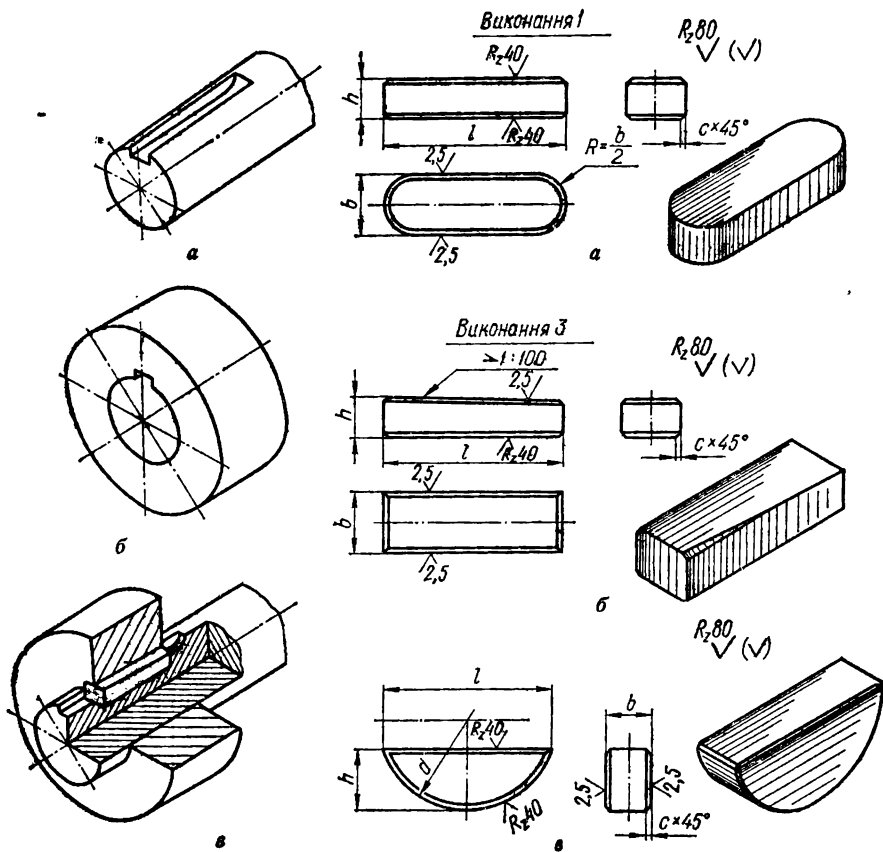


Рис. 314

Рис. 315

Виготовляють шпонки з спеціальної чистотягнутої шпонкової сталі (ГОСТ 8786—68 і 8787—68), форма перерізу якої є прямокутником або сегментом з фасками на ребрах, або з сталі інших марок, наприклад: Ст5, Ст6 (ГОСТ 380—71), сталь 45 (ГОСТ 1050—74) тощо.

В умовному позначенні шпонки проставляють: а) слово «Шпонка»; б) вид виконання (виконання 1 в умовному позначенні не пишуть); в) розміри поперечного перерізу $b \times h$, мм; г) довжину l шпонки, мм; д) номер стандарту. До умовного позначення сегментної шпонки входить напис «Шпонка сегм.», розміри поперечного перерізу $b \times h$, мм, і номер стандарту. Приклади умовного позначення: «Шпонка 2—18 \times 11 \times 100 ГОСТ 8789—68»; «Шпонка сегм. 6 \times 10 ГОСТ 8795—68».

Шпонкові з'єднання. Щоб з'єднати вал з колесом за допомогою призматичної шпонки, на валу фрезерують паз у вигляді прямокутної канавки на ширину шпонки (рис. 314, а, 316, 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

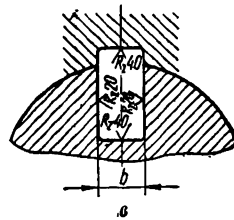
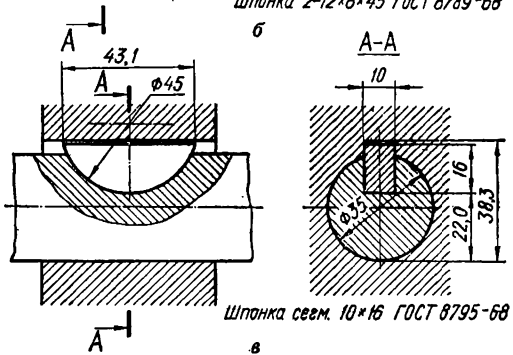
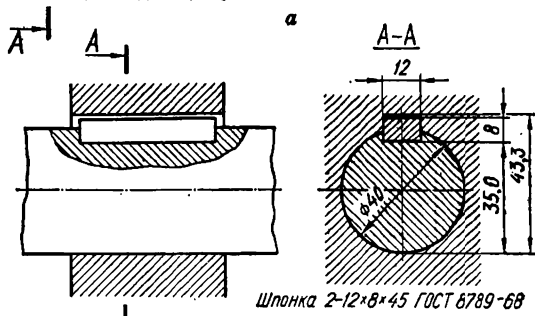
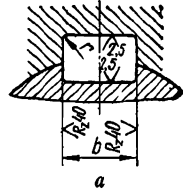
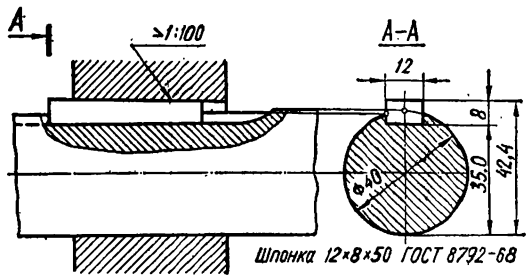


Рис. 316

Рис. 317

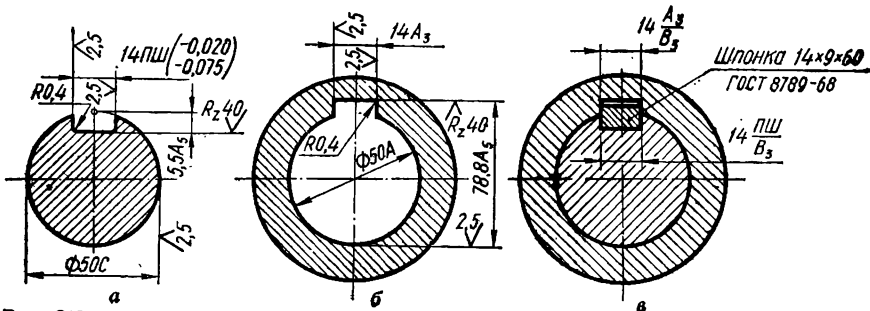
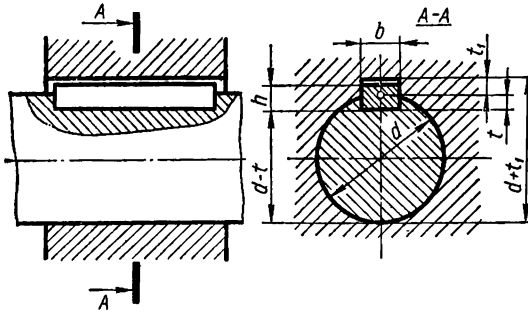


Рис. 318

Розміри шпонок призматичних (ГОСТ 8788—68; 8789—68), 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	6×6	3,5	2,8	14—70	0,16	0,25
» 22—30	8×7	4,0	3,3	18—90		
» 30—38	10×8	5,0		22—110		
» 38—44	12×8			28—140		
» 44—50	14×9	5,5	3,8	36—160	0,25	0,4
» 50—58	16×10	6,0	4,3	45—180		
» 58—65	18×11	7,0	4,4	50—200		
» 65—75	20×12	7,5	4,9	56—220		
» 75—85	22×14	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; 80; 90; 100; 110; 125; 140; 160; 180; 200; 220; 250.

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 маточині має уклон, який має сама шпонка, тобто 1 : 100.

Щоб виконати креслення шпонкового з'єднання, задають діаметр d вала і довжину L маточини колеса. За відповідним стандартом знаходять розміри $b \times h$ шпонки, глибини t і t_1 та інші дані так, як, наприклад, у табл. 22. На рис. 316, а зображено з'єднання клиновою шпонкою, на рис. 316, б — призматичною, а на рис. 316, в — сегментною. Шорсткість поверхонь пазів для відповідних шпонкових з'єднань показано на рис. 317, а—в. Чистотягнута шпонкова сталь має потрібну

Таблиця 23

Посадки для призматичних, сегментних і напрямних шпонок (ГОСТ 7227—58)

Посадка в пазу вала	Граничні відхилення розмірів		Посадка в пазу втулки	Граничні відхилення розмірів паза втулки	Призначення
	шпонки	паза вала			
Напружена	B_8	ПШ	Ковзна	A_3	Індивідуальне і серійне виробництво
Щільна	H_8		Ходова	ПШ ₁	Масове виробництво
			Ходова	A_3	Напрямні шпонки

Таблиця 24

Граничні відхилення на розміри шпонок та пазів на валах і втулках коліс (ГОСТ 7227—58)

Номінальна ширина шпонки і паза, мм	Граничні відхилення розміру b , мм, для пазів			
	вала (ПШ)		втулки (ПШ ₁)	
	верхнє	нижнє	верхнє	нижнє
Понад 3—6	—10	—55	+65	+15
» 6—10	—15	—65	+75	+20
» 10—18	—20	—75	+85	+25
» 18—30	—25	—90	+100	+30
» 30—50	—32	—105	+120	+35

шорсткість поверхні і виготовлені з неї шпонки додаткової обробки не потребують. У табл. 23 наведено посадки для призматичних, сегментних і напрямних шпонок за ГОСТ 7227—58, а на рис. 318 дано приклад нанесення розмірів з допусками для шпонкових пазів на валу (рис. 318, а), в маточині колеса (рис. 318, б) і в з'єднанні (рис. 318, в). Граничні відхилення на розміри шпонок та пазів на валах і втулках коліс дає табл. 24.

21.7. Шліцьові з'єднання

Шліцьове з'єднання (рис. 319, а) — це багатошпонкове з'єднання, в якому зубці (шліці) виконані разом з валом і розташовані паралельно його осі.

Шліцьові вали виготовляють спеціальними фрезами, а шліцьові отвори — протяжкою.

Шліці роблять прямобічного, евольвентного і трикутного профілів. Найпоширеніше прямобічне шліцьове з'єднання (ГОСТ 1139—58). Стандарт передбачає три серії з'єднань: легку, середню і важку, які різняться висотою і кількістю зубців. На вершинах зубців роблять скруглення (рис. 319, б, г,) або фаски (рис. 319, в), а в кутах западин —

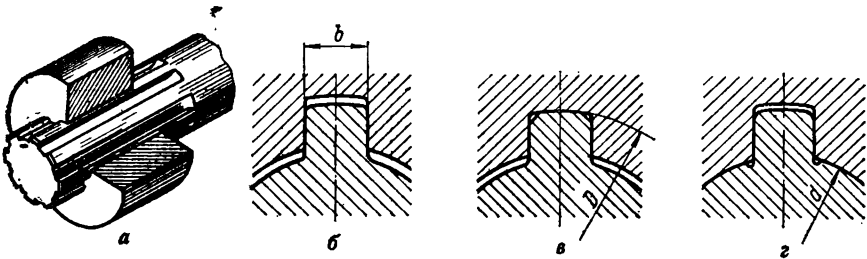


Рис. 319

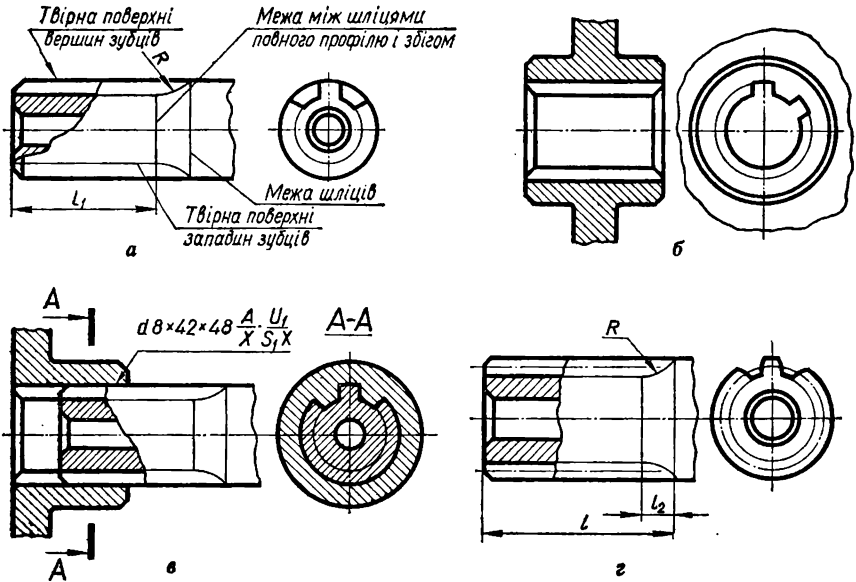


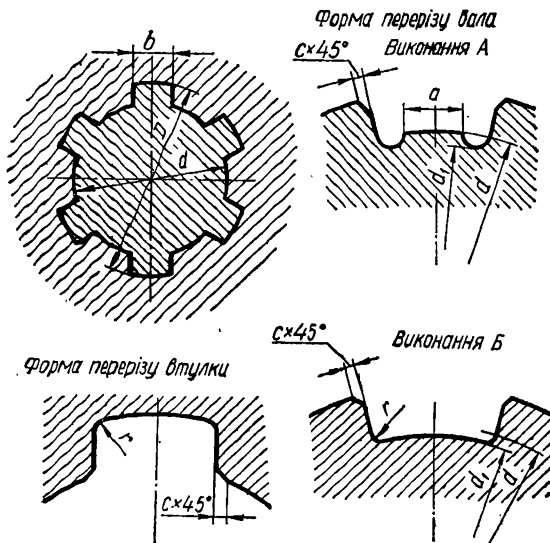
Рис. 320

канавки (виконання А — рис. 319, з) або скруглення (виконання Б — рис. 319, б, в). Характер виконання западин (А чи Б) залежить від способу центрування втулки відносно вала. Є три способи центрування шліцьових з'єднань: по зовнішньому діаметру D (рис. 319, в), внутрішньому діаметру d (рис. 319, з) і по бічних гранях зубців b (рис. 319, б). Найбільш економічне і поширене центрування по зовнішньому діаметру D . Западини з канавками (виконання А) застосовують при центруванні по внутрішньому діаметру d . У табл. 25 як приклад наведено розміри шліцьових з'єднань середньої серії (ГОСТ 1139—58).

Евольвентні шліцьові з'єднання (ГОСТ 6033—51) виконують з числом зубців $z = 11 \div 50$ 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 b зубців або по зовнішньому діаметру D .

На кресленнях шліці і шліцьові з'єднання зображують умовно за ГОСТ 2.409—74, а саме:

Розміри шлицьових з'єднань середньої серії (ГОСТ 1139—58), мм



Номинальні розміри $z \times d \times D$	b	d_1 (не менше)	a (не менше)	e	f (не більше)
$6 \times 18 \times 22$	5	16,7	—	0,3	0,2
$6 \times 21 \times 25$		19,5	1,95		
$6 \times 23 \times 28$	6	21,3	1,34	0,4	0,3
$6 \times 26 \times 32$		23,4	1,65		
$8 \times 32 \times 38$		29,9	—		
$8 \times 36 \times 42$	7	33,5	1,02	0,5	0,5
$8 \times 42 \times 48$	8	39,5	2,57		
$8 \times 46 \times 54$	9	42,7	—	0,5	0,5
$8 \times 52 \times 60$	10	48,7	2,44		

Переважні сполучення полів допусків для шліцьових з'єднань

Центрування	Поля допусків			
	отвору	вала		
d, D b	A U, U_3	H S_1H	X S_1X	L, X S_2X

1. Коло і твірні поверхонь вершин зубців вала і отвору показують суцільною основною лінією, а коло і твірні поверхонь западин — суцільною тонкою лінією (рис. 320, *a, б*). Тонка лінія повинна перетинати межу фаски (рис. 320, *a*).

2. На поздовжньому розрізі суцільною основною лінією показують твірні поверхонь як вершин, так і западин (рис. 320, *a, б*). На поперечному розрізі коло западин показують суцільною тонкою лінією.

3. Межу між шліцьовою і нешліцьовою поверхнями деталі, а також між шліцями повного профілю і збігом показують суцільною тонкою лінією (рис. 320, *a*).

4. 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. 320, *a, б*). На цих зображеннях не показують також фасок, які є на кінці шліцьового вала або отвору.

5. Зображуючи шліцьове з'єднання (рис. 320, *в*), показують тільки ту частину поверхонь виступів отвору, яка не закрита виступами вала. Радіальний зазор між виступами і западинами не показують.

6. На кресленнях деталей з евольвентними шліцями тонкою штрих-пунктирною лінією наносять твірні і кола ділильної поверхні (рис. 320, *г*).

7. На кресленнях шліцьових валів показують довжину l_1 зубців повного профілю — до збігу (рис. 320, *a*). Дозволяється показувати ще й повну довжину l зубців, довжину l_2 збігу або найбільший радіус R_{\max} інструмента (рис. 320, *г*).

8. Умовне позначення шліцьових деталей записують на кресленні, в технічних вимогах або на полиці ліній-виноски (рис. 320, *в*). В умовному позначенні шліцьових валів, отворів і їх з'єднань для прямобічного профілю проставляють: а) позначення поверхні центрування (d, D або b); б) номінальні параметри отвору, вала або з'єднання — z, d і D ; в) позначення полів допусків по центрувальному діаметру d або D і бічних гранях b зубців. При центруванні по d або D переважне застосування мають сполучення полів допусків, показані в табл. 26.

Приклад умовного позначення шліцьового вала: $d8 \times 42 \times 48X \cdot S_1X$ — вал із шліцями прямобічного профілю, центрування по $d, z = 8$; $d = 42$ мм; $D = 48$ мм, допуск по внутрішньому діаметру — X , тобто під ходову посадку 2-го класу точності, допуск по бічних гранях зубців — S_1X .

Приклад умовного позначення шліцьового отвору: $d8 \times 42 \times 48A \cdot U_1$ — центрування по $d, z = 8$; $d = 42$ мм; $D = 48$ мм, допуск для центрувального діаметра — A , тобто в системі отвору 2-го класу точності, допуск по бічних гранях пазів — U_1 .

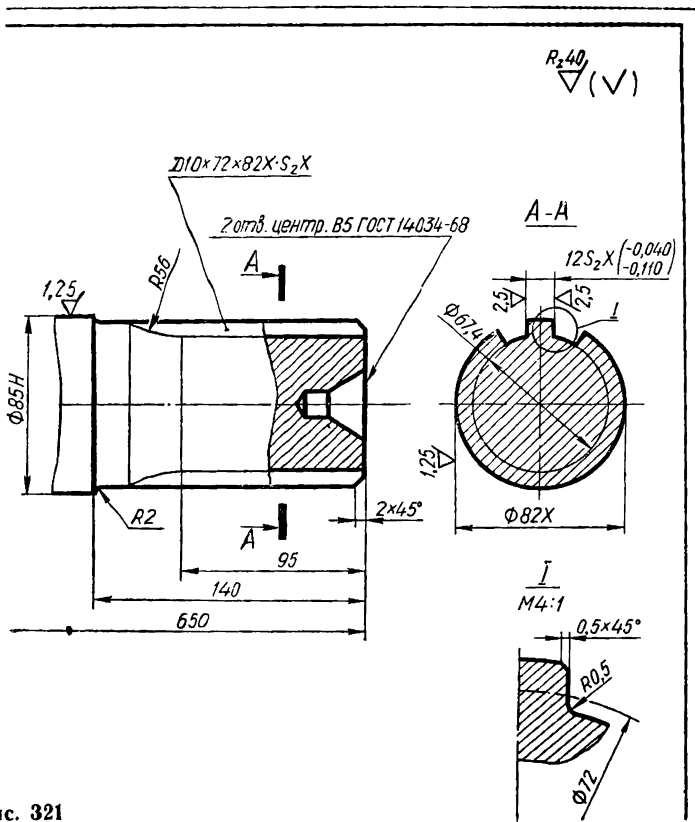


Рис. 321

Приклад умовного позначення цього шліцьового з'єднання:

$$d8 \times 42 \times 48 \frac{A}{X} \cdot \frac{U}{S_1 X}.$$

Робоче креслення частини вала з шліцями прямобічного профілю наведено на рис. 321.

21.8. Заклепкові з'єднання

Заклепкові з'єднання застосовують у конструкціях, які працюють в умовах ударних і вібраційних навантажень, в з'єднаннях металевих виробів з неметалевими (наприклад, з шкірою, пластиком), в тонколистових конструкціях з легких сплавів тощо. Перед з'єднаннями, виконаними зварюванням, паянням, склеюванням, вони поступаються.

Заклепка — циліндричний стержень з головкою певної форми на кінці. Найбільш поширені заклепки нормальної точності з напівкруглою (рис. 322, а), потайною (рис. 322, б) і напівпотайною (рис. 322, в) головками. Для робочих креслень розміри заклепок беруть з відповідних стандартів (табл. 27), а для складальних їх можна визначити за співвідношеннями залежно від діаметра d (рис. 322).

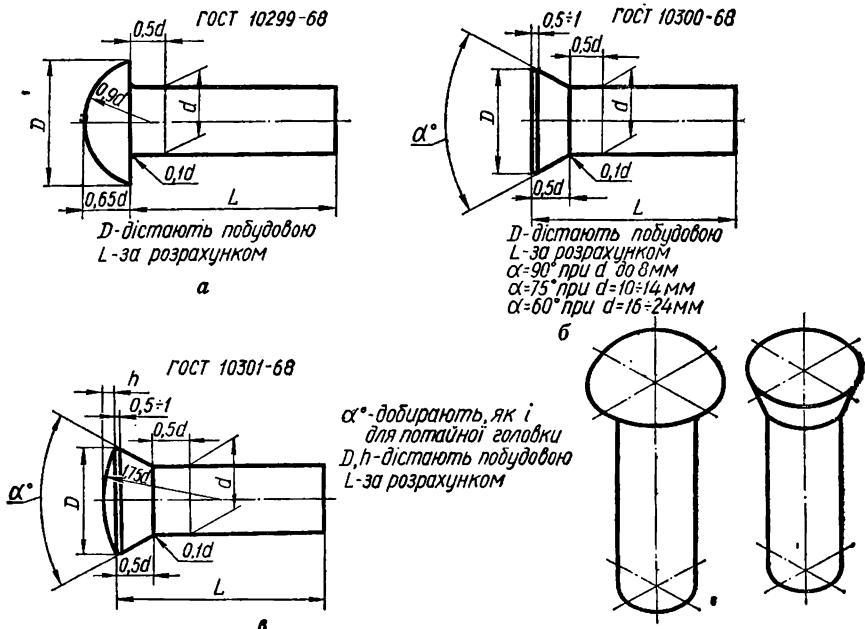


Рис. 322

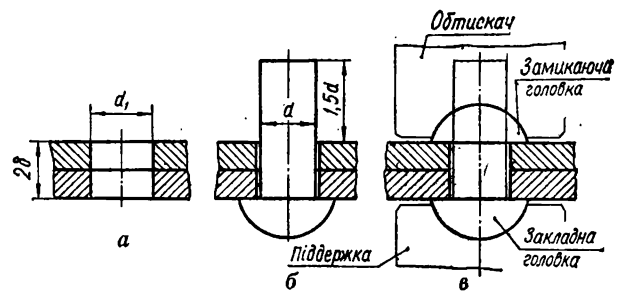


Рис. 323

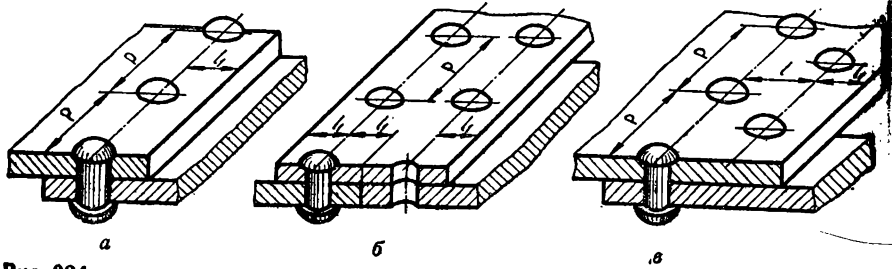
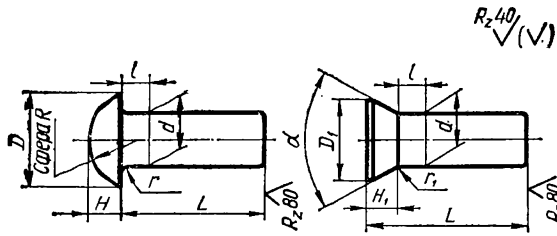


Рис. 324

Розміри заклепок нормальної точності з напівкруглою (ГОСТ 10299—68)
і потайною (ГОСТ 10300—68) головкою, мм



Діаметр стержня d		6	8	10	12	14	16	18	20
Діаметр головки	D	11	14	16	19	22	25	27	30
	D_1	10,3	13,9	17	20	24	24	27	30
Висота головки	H	3,6	4,8	6	7,2	8,4	9,5	11	12
	H_1	2,4	3,2	4,8	5,6	6,8	7,2	8	9
Радіус сфери головки R (довідковий)		6	7,5	8,3	9,8	11,4	13	13,8	15,4
Кут α (довідковий), °		90	90	75	75	75	60	60	60
Радіус під головою (не більше)	r	0,5	0,5	0,6	0,8	0,8	1,0	1,0	1,0
	r_1	0,25	0,25	0,3	0,4	0,4	0,5	0,5	0,5
Відстань від основи головки до місця вимірювання діаметра l		4	4	6	6	6	6	8	9

Примітка. Ряд довжин L : 16; 18; 20; 22; 24; 26; 28; 30; 32; 34; 36; 38; 40; 42; 44; 46; 48; 50 тощо.

В умовному позначенні заклепок показують: а) слово «Заклепка»; б) діаметр d стержня, мм; в) довжину L стержня, мм; г) умовне позначення марки матеріалу (табл. 28); д) умовне позначення виду покриття (табл. 28); е) номер розмірного стандарту.

Приклади умовного позначення заклепок:

«Заклепка 8 × 20.00 ГОСТ 10299—68» — заклепка з напівкруглою головкою діаметром 8 мм, завдовжки 20 мм, з матеріалу групи 00, без покриття.

«Заклепка 8 × 20.38.МЗ.116 ГОСТ 10300—68» — заклепка з потайною головкою діаметром 8 мм, завдовжки 20 мм, з матеріалу групи 38, марки МЗ (мідь), з покриттям за групою 11 (окисно-фосфатне) завтовшки 6 мкм.

Марки матеріалів, види покриття та їх умовне позначення для заклепок нормальної точності

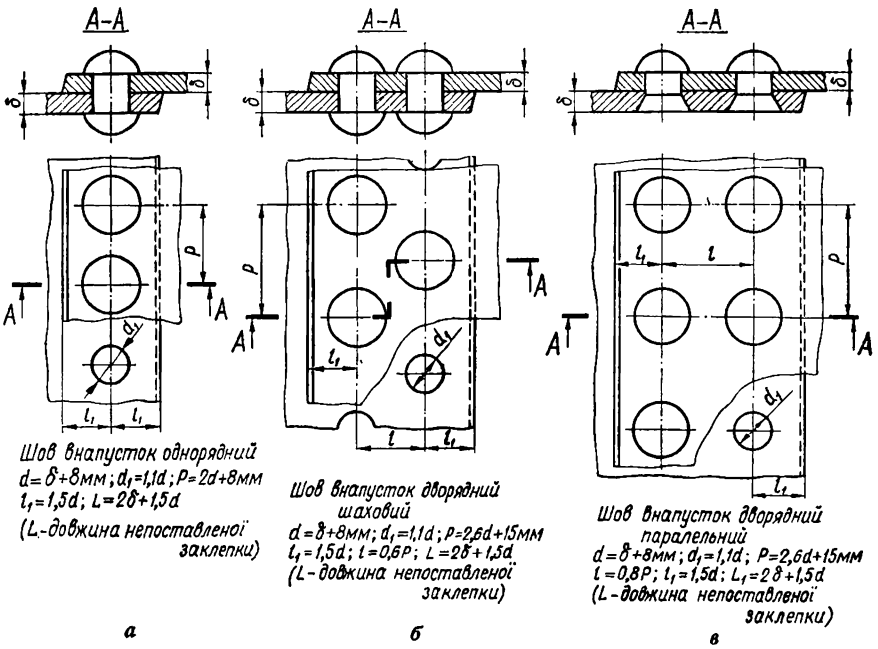
Матеріали				Покриття		
Вид	Умове позначення виду матеріалу	Марки	Умове позначення марки (група)	Вид	Умове позначення виду	Позначення й мінімальна товщина покриття, мкм, за ГОСТ 9791—68
Вуглецеві сталі	0	Ст2 за ГОСТ 14085—68 або ГОСТ 499—70	00	Без покриття	00	—
		10 за ГОСТ 1050—74	01	Цинкове з хроматуванням	01	Ц 6. хр
		10кп за ГОСТ 10702—63	01	Кадмієве з хроматуванням	02	Кд. 6. хр
		Ст3 за ГОСТ 14085—68 або ГОСТ 499—70	02	Окисне	05	Хим. Окс
Фосфатне	06			Хим. Фос		
Латунь	3	Л63 за ГОСТ 15527—70	32	Без покриття	00	—
Мідь		М3 за ГОСТ 859—66	38	Окисно-фосфатне	11	Окс-Фос

Заклепкові шви — це нерознімне з'єднання деталей за допомогою заклепок.

У з'єднуваних заклепками листах просвердлюють наскрізні отвори (рис. 323, а), вставляють у них заклепку (рис. 323, б) і, підтримуючи її так звану закладну головку піддержкою, виступаючу частину стержня розклепують у замикаючу головку (рис. 323, в). Роблять це за допомогою пневматичних молотків або на спеціальних пресах. 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 поділяють так:

- за призначенням — на міцні, щільні і міцно-щільні;
- за характером взаємного розміщення з'єднуваних деталей — на шви внапусток (рис. 324, а, в) і шви в стик з однією накладкою (рис. 324, б) або двома;
- за кількістю рядів заклепок шви поділяють на однорядні (рис. 324, а, б), дворядні (рис. 324, в) і багаторядні;



а

б

в

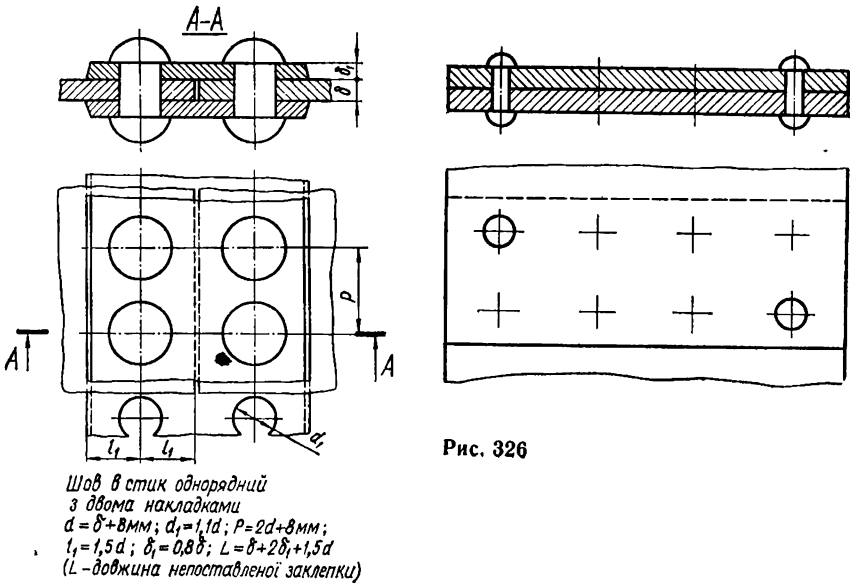


Рис. 326

Рис. 325

г) за розміщенням заклепок — на паралельні (рис. 324, б) і шахові (рис. 324, в).

Розраховують шви за формулами, складеними за нормами Котлонагляду (рис. 325, а—є). У навчальному завданні задають тип шва, товщину δ з'єднаних листів і тип заклепки. Виконувати завдання рекомендується в такій послідовності:

1. За формулами рис. 325, а—є розраховують діаметр d заклепки. Знайдену величину порівнюють з величинами, що є в стандарті (табл. 27), і вибирають найближчу стандартну.

2. 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. Знайдені величини округляють до цілих чисел.

3. За табл. 27 або за формулами (рис. 322) знаходять розміри заклепки. Довжина L заклепки дорівнює сумі товщин з'єднаних деталей плюс $\sim 1,5d$. Знайдену довжину уточнюють за таблицею стандартних величин (табл. 27) і беруть найближчу стандартну.

Креслять заклепковий шов у двох зображеннях: на місці вигляду спереду виконують повний фронтальний розріз і роблять вигляд зверху. Навчальне завдання виконують згідно з рис. 325, є (без написів під кресленням). Розміщення заклепок на кресленнях за ГОСТ 2.313—68 умовно позначають знаком «+» (рис. 326).

21.9. Зварні з'єднання

У сучасному машинобудуванні досить широко застосовують зварні з'єднання. Вони з успіхом замінюють клепані, литі і 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).

Розрізняють зварювання плавленням і тиском. Основний вид зварювання плавленням — електродугове плавким електродом. Для цього використовують теплову енергію електричної дуги ($\sim 6000^\circ\text{C}$).

Є три види електродугового зварювання: ручне, напівавтоматичне і автоматичне. Ручне зварювання використовують для виготовлення конструкцій з маловуглецевих, вуглецевих і низьколегованих сталей, а також для зварювання деяких кольорових металів і сплавів. Для електродів беруть спеціальний електродний дріт діаметром 1—12 мм з флюсовим покриттям. Переважне застосування мають електроди типів Э42, Э42А, Э50А (ГОСТ 9467—60). У напівавтоматичному зварюванні механізовано подавання електродного дроту і флюсу в зону дуги, а в автоматичному зварюванні повністю механізовано всі процеси, зв'язані з утворенням зварного шва.

Різновидами електродугового зварювання є дугове електрозварювання в середовищі захисних газів, електрошлакове зварювання, ультразвукове, контактне тощо. Дуже поширене контактне точкове

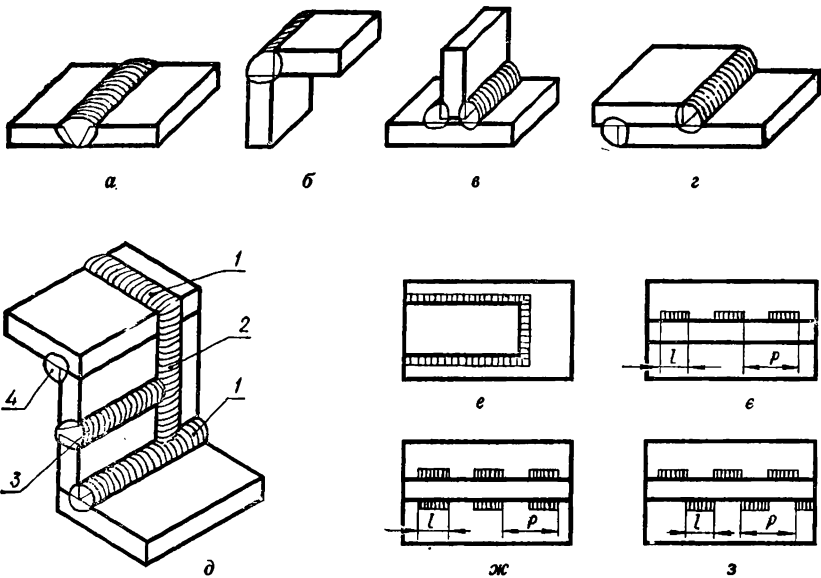


Рис. 327

і роликів зварювання. Точкове зварювання використовують найчастіше для тонкостінних виробів. Роликів зварювання може бути неперервним і переривчастим.

Зварним з'єднанням називають сукупність виробів, з'єднаних зварними швами.

За способом взаємного розташування зварюваних деталей зварні з'єднання поділяють на стикові, кутові, таврові і внапусток. У стиковому з'єднанні (рис. 327, а) зварювані частини приєднують торцями; у кутовому (рис. 327, б) частини розміщені під кутом і приєднуються кромками; в тавровому (рис. 327, в) торець однієї деталі приєднується до поверхні іншої; в з'єднанні внапусток (рис. 327, г) бічні поверхні деталей частково перекривають одна одну.

Зварним швом називають метал, що затверднув після розплавлення і поєднув зварювані частини.

Класифікують зварні шви за такими ознаками: положення в просторі, довжина, зовнішня форма шва, кількість проходів, форма підготовки кромок, характер виконання.

За положенням у просторі шви поділяють (ГОСТ 11969—66) на нижні 1 (рис. 327, д), вертикальні 2, горизонтальні 3, напівствельові і стельові 4.

За довжиною шви поділяють на суцільні, переривчасті і точкові. Суцільний шов виконують без переривів, на всю довжину зварювання (рис: 327, е). Переривчастий шов (рис. 327, з) виконують окремими завареними ділянками з однаковими проміжками між ними. Ці шви бувають з ланцюговим, або паралельним (рис. 327, ш), і шаховим (рис. 327, з) розміщенням проварених ділянок. Довжину однієї завареної ділянки переривчастого шва позначають l , а крок між

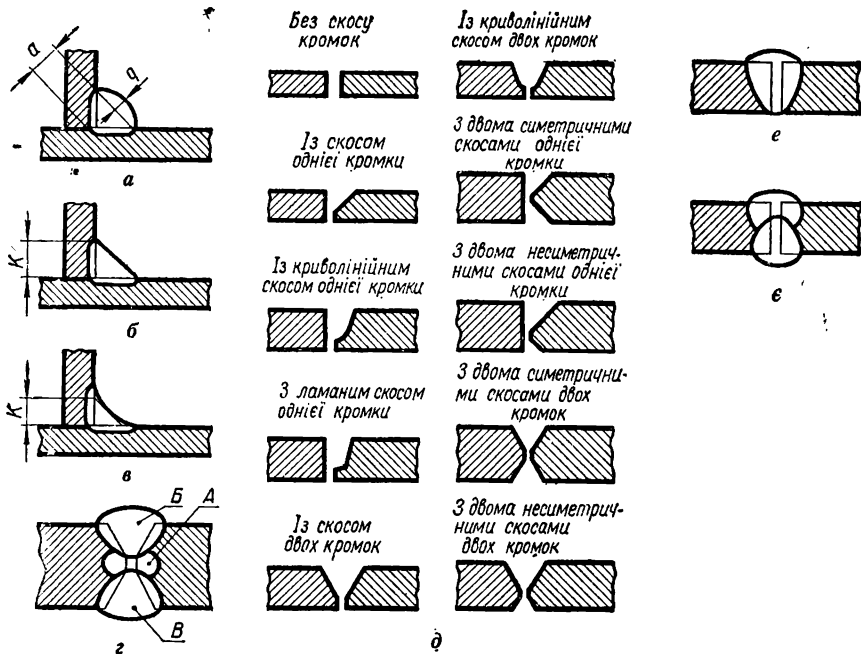


Рис. 328

ділянками — *P* (рис. 327, *ε—з*). Точковий шов є різновидом переривчастого; виконують його з круглими або подовженими отворами.

За зовнішньою формою зварні шви поділяють на опуклі (рис. 328, *а*), плоскі (рис. 328, *б*) і вгнуті (рис. 328, *в*). Буквами *а* і *К* позначено розрахункові катети шва, а *q* — висоту підслення.

За кількістю проходів шви бувають однопрохідні та багатопрохідні. На рис. 328, *г* показано в розрізі зварний шов, виконаний у три проходи електричної зварювальної дуги.























За формою підготовки кромки для зварювання шви поділяють на шви без скосу кромки, з відбортунням, з прямолінійним, криволінійним або ламаним скосами однієї або двох кромки, з двома симетричними або несиметричними скосами однієї або двох кромки тощо (рис. 328, *д*).























За характером виконання зварні шви поділяють на однібічні — однібічного проварювання (рис. 328, *е*) і двобічні — проварювання з двох боків (рис. 328, *ж*).

У табл. 29 наведено вибіркові типи зварних швів, виконаних ручним електродуговим зварюванням (ГОСТ 5264—69), а в табл. 30 — шви, виконані контактним електрозварюванням (ГОСТ 15878—70).

Умовне зображення зварних швів (ГОСТ 2.312—72). На кресленнях зварні шви умовно зображують за ГОСТ 2.312—72: видимі шви показують основними суцільними лініями (рис. 329, *а*), невидимі — штриховими (рис. 329, *б*); видиму одиночну зварну точку — знаком «+» (рис. 329, *в*), який виконують суцільною основною лінією (рис. 329, *г*); невидимі зварні точки не зображують.

Вибіркові типи зварних швів, виконаних ручним електродуговим зварюванням (ГОСТ 5264—69)

Форма підготовки кромки	Характер виконаного шва	Форма поперечного перерізу		Гранична товщина зварюваних деталей, мм	Умовне позначення зварного шва
		підготовлених кромки	виконаного шва		
Стикові з'єднання					
Без скосу кромки	Однібічний			1—6	C2
Без скосу кромки	Двобічний			2—8	C4
Із скосом однієї кромки	Однібічний			4—26	C5
Із скосом однієї кромки	Двобічний			4—26	C8
З двома симетричними скосами однієї кромки	Двобічний			12—60	C11
Із скосом двох кромки	Однібічний			3—50	C15
Із скосом двох кромки	Двобічний			3—50	C18
З двома симетричними скосами двох кромки	Двобічний			12—60	C21
Кутові з'єднання					
Без скосу кромки	Однібічний, впритул			1—6	У2
Без скосу кромки	Двобічний, впритул			2—8	У3
Без скосу кромки	Однібічний			1—30	У4

Форма підготовлених кромки	Характер виконаного шва	Форма поперечного перерізу		Гранична товщина зварювальних деталей, мм	Умовне позначення зварного шва
		підготовлених кромки	виконаного шва		
Без скосу кромки	Двобічний			2—30	У5
Із скосом однієї кромки	Однібічний			4—26	У6
Із скосом двох кромки	Однібічний			12—50	У9
Таврові з'єднання					
Без скосу кромки	Однібічний			2—20	Т1
Без скосу кромки	Однібічний, переривчастий			2—30	Т2
Без скосу кромки	Двобічний			2—30	Т3
Без скосу кромки	Двобічний, шаховий			2—30	Т4
Без скосу кромки	Двобічний, переривчастий			2—30	Т5
Із скосом однієї кромки	Однібічний			4—26	Т6
З двома симетричними скосами однієї кромки	Двобічний			12—60	Т9
З'єднання внапусток					
Без скосу кромки	Однібічний, переривчастий			2—60	Н1

Форма підготовлених кромок	Характер виконаного шва	Форма поперечного перерізу		Границі товщин зварювальних деталей, мм	Умове позначення зварного шва
		підготовлених кромок	виконаного шва		
Без скосу кромок	Двобічний			2—60	H2
Із подовженим отвором	Однібічний, із несущим завариванням			не менше 2	H3

Від зображення шва або одиночної точки проводять однібічну стрілку з лінією-виноскою, яка закінчується горизонтальною поличкою (рис. 329, а—в). Лінію-виноску рекомендується проводити від зображення видимого шва. Розрізняють лицьовий і зворотний боки шва. Якщо стрілка лінії-виноски упирається в лицьовий бік шва, умовне

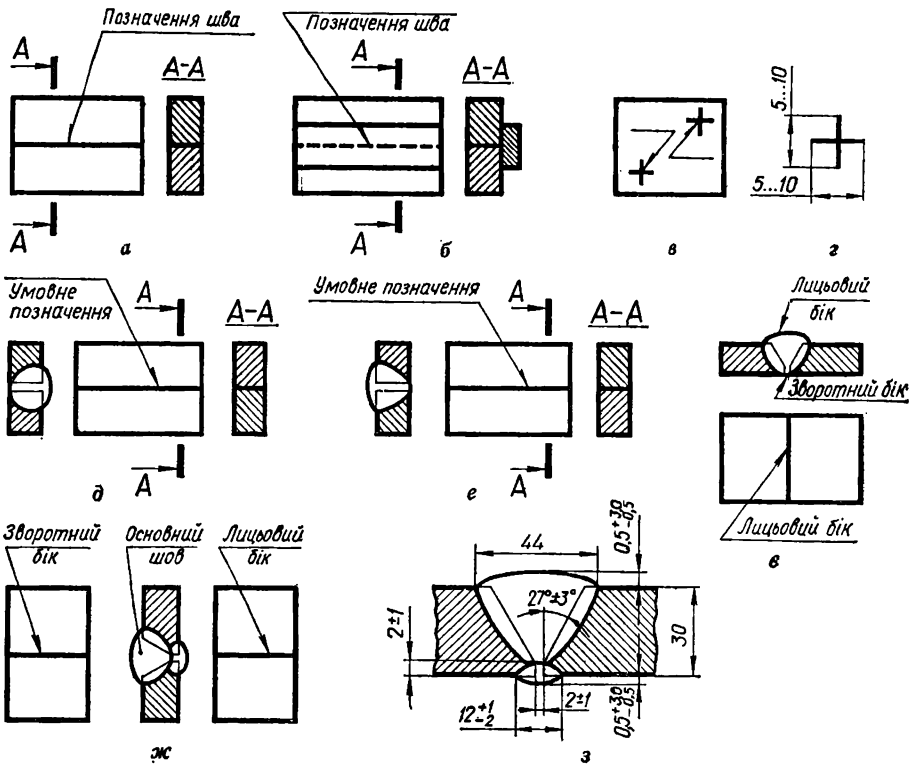
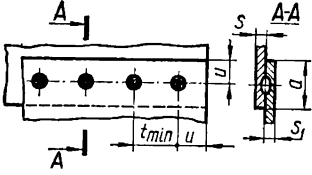
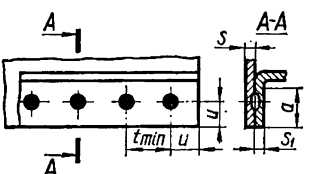
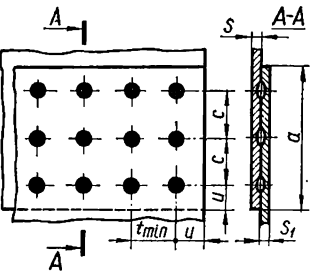
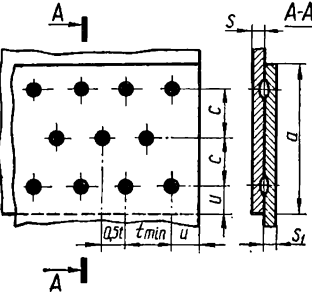
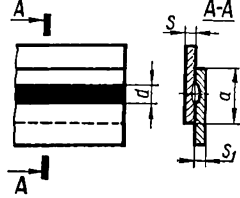
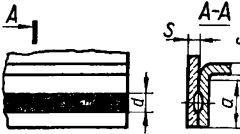



Рис. 329

Вибіркові типи зварних швів, виконаних контактним електрозварюванням (ГОСТ 15878—70)

Тип з'єднання	Тип шва	Вид зварного з'єднання	Позначення способу зварювання	Границі товщин зварюваних деталей, мм	Умовне позначення зварного з'єднання
Внапусток	Однорядний		Кт; Кв	Від 0,3—0,3 до 6,0—6,0	Н1
	Однорядний з відбортанням		Кт; Кв	Від 0,3—0,3 до 6,0—6,0	Н2
	Багаторядний з ланцюговим розміщенням точок		Кт; Кв	Від 0,3—0,3 до 6,0—6,0	Н4
	Багаторядний з шаховим розміщенням точок		Кт; Кв	Від 0,3—0,3 до 6,0—6,0	Н5

Тип з'єднання	Тип шва	Вид зварного з'єднання	Позначення способом зварювання	Границі товщин зварюваних деталей, мм	Умове позначення зварного з'єднання
Внапусток	Однорядний		Кр	Від 0,3—0,3 до 3,0—3,0	Н6
	Однорядний з відбортунням		Кр	Від 0,3—0,3 до 3,0—3,0	Н7
Стикове	—		Ксс	—	С1

позначення проставляють над полицкою, якщо ж у зворотний — під полицкою (рис. 329, *д*, *е*). За лицьовий бік однічного шва вважають той бік, з якого виконують зварювання (рис. 329, *е*); за лицьовий бік двобічного шва з несиметричними кромками — той бік, з якого проварюють основний шов (рис. 329, *ж*); за лицьовий бік двобічного шва з симетричними кромками можна вважати будь-який бік.

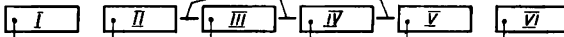
Розміри конструктивних елементів швів є в стандартах, тому на кресленнях їх показують лише для нестандартних швів. Як приклад на рис. 329, з конструктивно зображений двобічний стиковий шов із скосом двох кромки (тип С18). Межі шва виконують суцільними основними лініями, а конструктивні елементи кромки у межах шва — суцільними тонкими лініями.

Умове позначення зварних швів. На рис. 330 показано схему умовного позначення стандартного шва або одиночної зварної точки. Розглянемо окремі елементи цієї схеми докладніше:

I — указують номер стандарту на типи швів і їх конструктивні елементи, за яким виконують шов. Найпоширеніші такі стандарти: ГОСТ 5264—69 — ручне електродугове зварювання; ГОСТ 8713—70 — автоматичне і напівавтоматичне зварювання під флюсом; ГОСТ 15878—70 — контактне електрозварювання; ГОСТ 14771—69 — електрозварювання в середовищі захисних газів тощо.

Допоміжні знаки до замкненої лінії та монтажного шва

Дефіс



Допоміжні знаки

Для переривчастого шва-довжина завареної ділянки, знак „1” або „2” і крок

Для одиночної зварної точки-розрахунковий діаметр точки

Для шва контактного точкового електрозварювання і електрозаклепкового-розрахунковий діаметр точки або електрозаклепки, знак „1” або „2” і крок

Для шва контактного роликвого електрозварювання-розрахункова ширина шва

Для переривчастого шва контактного роликвого електрозварювання-розрахункова ширина шва, знак множення, довжина завареної ділянки, знак „1” і крок

Знак Δ і розмір катета за стандартом на типи і конструктивні елементи швів зварних з'єднань

Умовне позначення способу зварювання за стандартом на типи і конструктивні елементи швів зварних з'єднань (об'ляється не показувати)

Буквено-цифрове позначення шва за стандартом на типи і конструктивні елементи швів зварних з'єднань

Позначення стандарту на типи і конструктивні елементи швів зварних з'єднань

Рис. 330

II — наводять буквено-цифрове позначення шва (з відповідних стандартів на типи швів і їх конструктивні елементи). Наприклад, для ручного дугового електрозварювання стикові з'єднання за ГОСТ 5264—69 позначають С1...С25; кутові — У1...У10; таврові — Т1...Т11; з'єднання внапусток — Н1...Н3 (табл. 29).

III — пишуть умовне позначення способу зварювання. Всі види зварювання, крім електродугового ручного, мають, як правило, кілька способів виконання. Ці способи в стандартах на типи швів і їх конструктивні елементи подано такими скороченнями: Кт — контактне точкове; Кр — контактне роликве (ГОСТ 15878—70); А — автоматичне зварювання під шаром флюсу; П — напівавтоматичне зварювання; Ар — автоматичне зварювання з ручним підварюванням (ГОСТ 8713—70); УП — зварювання в середовищі вуглекислого газу плавким електродом (ГОСТ 14771—69); ШЭ — електрошлакове зварювання дротяним електродом (ГОСТ 15164—69) і ін. Стандарт дозволяє не позначати на кресленні спосіб зварювання.

IV — проставляють знак « Δ » і катет для кутових, таврових швів і для з'єднань внапусток, якщо вони виконані без підготовки кромок. Наприклад, для ручного електродугового зварювання (ГОСТ 5264—69) трикутник і величину катета треба проставляти для кутових швів типу У4, У5; для таврових — типу Т1—Т5; для швів внапу-

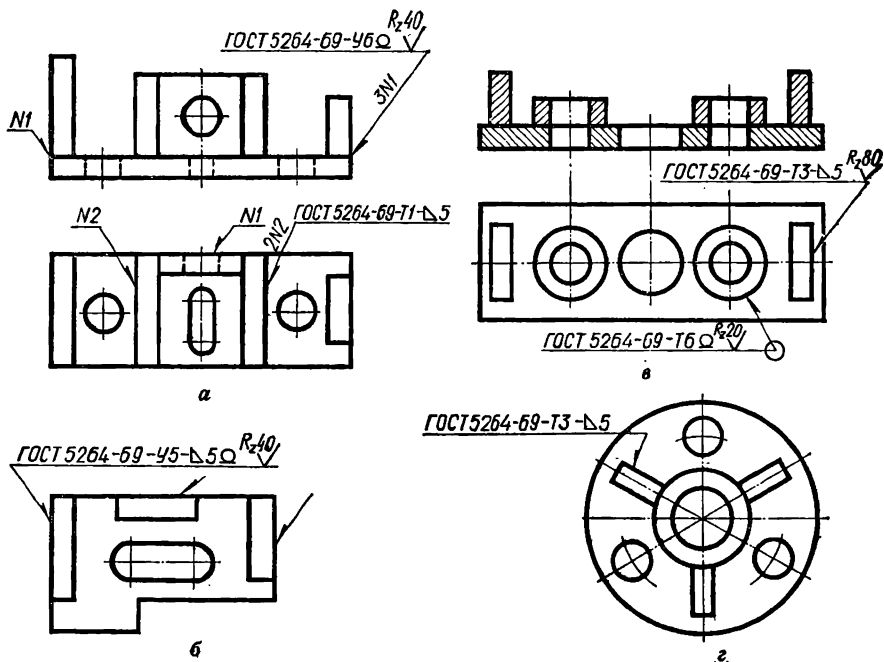


Рис. 331

сток — Н1—Н3. У навчальних кресленнях величину катета можна взяти такою, що дорівнює $0,5S$ — $2/3S$, де S — товщина деталі.








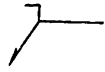

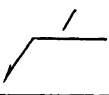


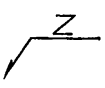
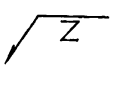

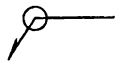



V — ця позиція стосується лише переривчастих швів, одиночних зварних точок, точкового і роликowego контактного зварювання та електрозаклепкових швів. На схемі наведено конструктивні елементи, які в цих випадках слід показати в умовному позначенні.

VI — якщо треба, в умовному позначенні використовують і деякі допоміжні знаки (табл. 31). Знаки «шов по замкненій лінії» і «шов виконати під час монтажу виробу» проставляють у позначенні шва першими — на місці перетину лінії-виноски з горизонтальною поличкою. Інші допоміжні знаки проставляють у кінці умовного позначення (рис. 331, a — $г$). Позначення шорсткості механічно обробленої поверхні шва наносять найостаннішим (рис. 331, a — $г$). Шорсткість поверхні всіх зварних швів, якщо вона однакова, можна записати в технічних вимогах так: «Шорсткість поверхонь зварних швів...». Виконують допоміжні знаки тонкою суцільною лінією. Висота їх 4—7 мм, тобто приблизно дорівнює висоті цифр умовного позначення швів. Якщо треба, матеріали для зварювання записують у технічних вимогах або в спеціальній таблиці швів.

Спрощення в позначенні зварних швів:

1. Якщо на кресленні виробу є однакові шви, тобто шви одного типу, однакові за розмірами конструктивних елементів, з однаковими умовними позначеннями, то повне позначення наводять лише в одного з таких швів, а від усіх інших проводять лінії-виноски з полками, на яких записують тільки порядковий номер цього шва. На лінії-виносці

Допоміжні знаки для позначення зварних швів (ГОСТ 2.312—72)

Допоміжний знак	Значення допоміжного знака	Розміщення знака відносно полички лінії-виноски, проведеної від зображуваного шва	
		з лицьового боку	із зворотного боку
	Підсилення шва зняти		
	Напливи й нерівності шва обробити з плавним переходом до основного металу		
	Шов виконати під час монтажу виробу, тобто при встановлюванні його на місці застосування		
	Шов переривчастий або точковий з ланцюговим розміщенням (кут нахилу лінії — 60°)		
	Шов переривчастий або точковий з шаховим розміщенням		
	Шов по замкненій лінії (діаметр знака — 3. . . 5 мм)		
	Шов по незамкненій лінії (знак використовують, якщо розміщення шва зрозуміле з креслення)		

шва з повним умовним позначенням пишуть кількість швів та їх порядковий номер (рис. 331, а).

2. Якщо всі шви на виробі виконують за одним стандартом, то в умовному позначенні кожного шва стандарт не вказують, а в технічних вимогах записують, наприклад: «Зварні шви за ГОСТ 5264—69».

3. 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. 331, б).

4. На кресленні симетричного виробу відмічати лініями-виносками і позначати шви дозволяється тільки на одній із симетричних частин (рис. 331, в).

5. Якщо виріб має кілька однакових складових частин, приварених однаковими швами, допускається проставляти умовне позначення лише одній з складових частин виробу (рис. 331, г).

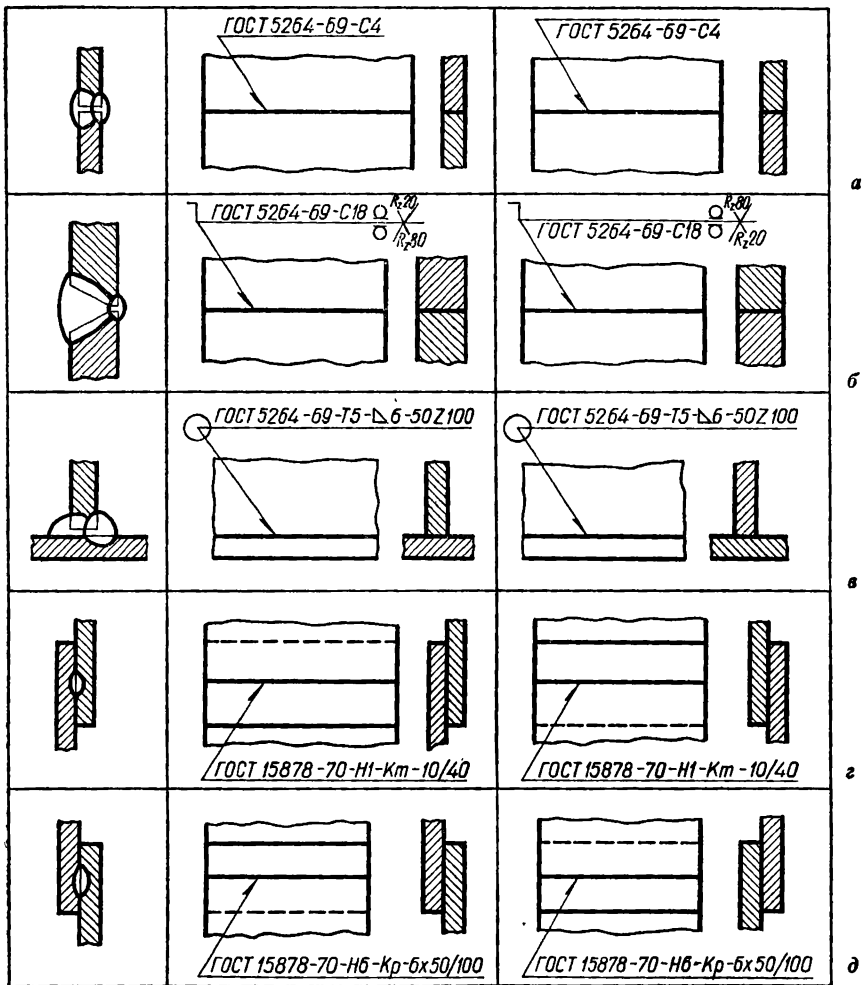


Рис. 332

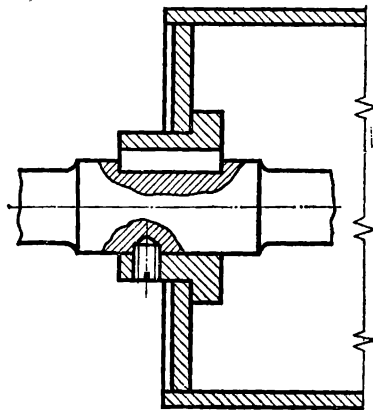


Рис. 333

Формат	Знак	Лист	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
#1			КМТЧ. 211210.000 СБ	Складальне креслення	1	
				<u>Деталі</u>		
#1	1		КМТЧ. 211210.001	Основа	1	
#1	2		КМТЧ. 211210.002	Стояк	2	
Б4	3		КМТЧ. 211210.003	Накладка	2	2,3 кг
				Круг $\varnothing 20$ ГОСТ 2590-71, l=22 Ст 3 ГОСТ 535-58		
Б4	4		КМТЧ. 211210.004	Косинець	2	0,75 кг
				Авст $12 \times 50 \times 70$ ГОСТ 5631-70 Ст 3 ГОСТ 535-58		
⚡						
⚡						
КМТЧ. 211210.000 СБ						
Зм	Арх.	Н. Докум.	Підпис	Дата		
Розроб.	БЕЗ Р.				Лист	Архив
Перевір.	Хаскін А.	ШБ	1.11.73		91	Архив
Н.контр.					КМТ	
Затв.					Гр. АХП-19	

Рис. 335

6. Допускається взагалі не позначати зварні шви лініями-виносками, якщо креслення виробу і відповідний запис у технічних вимогах однозначно визначають місце, спосіб зварювання, тип шва, його розміщення, розміри тощо, наприклад: «Зварні шви за ГОСТ 5264—69—У5—

Δ 4».

Приклади умовного позначення стандартних швів зварних з'єднань:

1. Шов стикового з'єднання без скосу кромки, двобічний, виконаний ручним електродуговим зварюванням (рис. 332, а).

2. Шов стикового з'єднання зі скосом двох кромки, двобічний, виконаний ручним електродуговим зварюванням під час монтажу виробу. Підсилення шва знято з обох боків. Шорсткість поверхні шва з лицьового боку — $R_z 20$, із зворотного — $R_z 80$ (рис. 332, б).

3. Шов таврового з'єднання без скосу кромки, двобічний, переривчастий з шаховим розміщенням проварюваних ділянок, виконаний ручним електродуговим зварюванням по замкнутому контуру. Катет шва — 6 мм, довжина проварюваної ділянки — 50 мм, крок — 100 мм (рис. 332, в).

4. Шов з'єднання внапусток, переривчастий, виконаний контактним точковим електрозварюванням, однорядний. Діаметр точки — 10 мм, крок — 40 мм (рис. 332, г).

5. Шов з'єднання внапусток, переривчастий, однорядний, виконаний роликковим електрозварюванням. Ширина роликкового шва — 6 мм, довжина проварюваної ділянки — 50 мм, крок — 100 мм (рис. 332, д).

Оформлення складального креслення зварного виробу виконують за вимогами складального креслення 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. 333). 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 (рис. 334) додають специфікацію (рис. 335).

21.10. Нерознімні з'єднання паянням, склеюванням і зшиванням

Паяння — процес утворення нерознімного з'єднання матеріалів шляхом нагрівання 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.

Порівняно із зварюванням, паяння потребує меншого нагрівання деталей, не змінює властивостей металу, не призводить до його короблення. Припої поділяють на тверді і м'які. До твердих належать срібні припої (ПСр 10, ПСр 25, ПСр 45 і ін. за ГОСТ 19378—74), до м'яких — олов'яно-свинцеві (ПОССу 40-2; ПОССу 25-2; ПОС 90; ПОС 61 і ін. за ГОСТ 1499—70), олов'яно-кадмієві тощо. Паяння широко застосовують в електро- і радіотехніці, для виготовлення радіаторів машин, вузлів холодильників тощо.

Умовне зображення і позначення на кресленнях швів нерознімних з'єднань, утворених паянням, склеюванням і зшиванням, виконують за ГОСТ 2.313—68. На рис. 336, а, б, д зображено шви, утворені паянням, на рис. 336, в, г — склеюванням, а на рис. 337 — зшиванням,

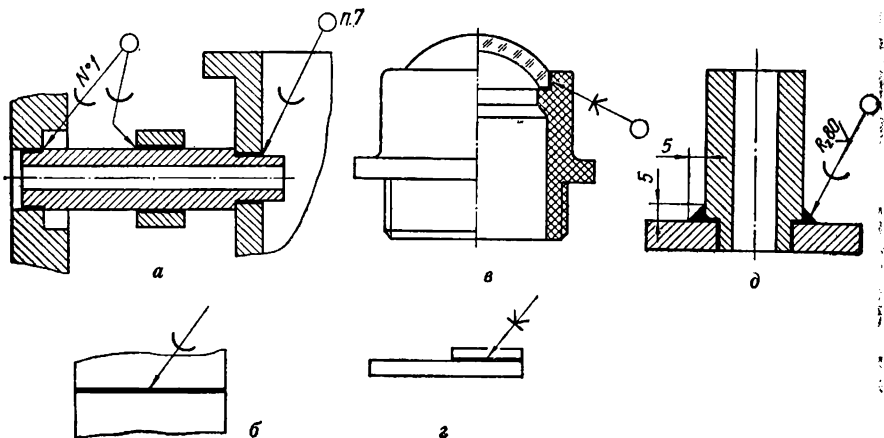


Рис. 336

Припій і клей у розрізі і на видах показують суцільною лінією завтовшки 2s. 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 знак «~» або «K» (рис. 336), що позначає паяний або клеєний шов. Якщо шов виконаний по замкненому контуру, то лінію-виноску закінчують колом діаметра 3—4 мм. Якщо потрібно, то на лінії-виносці показують форму, розміри і шорсткість поверхні паяного шва (рис. 336, д). Марку припою або клею вказують у технічних вимогах за стандартами написом типу «ПОС 40 ГОСТ 1499—70», «Клей БФ-2 ГОСТ 12172—66» і т. д. Якщо треба, в цьому самому пункті записують вимоги щодо якості шва. Посилання на номер пункту технічних вимог пишуть на поличці лінії-виноски.

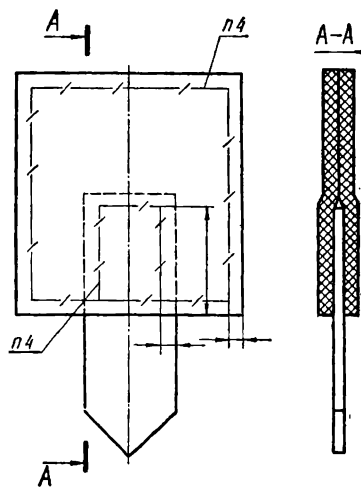


Рис. 337

Шви, утворені зшиванням, виконують на кресленні штриховою лінією завтовшки $s/3$ з похилими штрихами в інтервалах (рис. 337). 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.

Шви, утворені зшиванням, виконують на кресленні штриховою лінією завтовшки $s/3$ з похилими штрихами в інтервалах (рис. 337). 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.

21.11. Пружини

Пружина — це деталь, яка сприймає і віддає механічну енергію за рахунок використання сил пружності під час деформації.

Пружини поділяють на *гвинтові і негвинтові*. Гвинтові пружини за призначенням поділяють на пружини *стискання, розтягання, кручення і згину*. За формою виконання гвинтові пружини поділяють на *циліндричні, конічні, призматичні, параболоїдні* і др., а за формою поперечного перерізу дроту — на пружини з *круглим і прямокутним перерізом витка*. До негвинтових належать пружини *спіральні, плоскі, тарільчасті* тощо.

Виготовляють пружини з якісних вуглецевих сталей марок 65, 70, 60Г, 65Г (ГОСТ 1050—74), кремністих сталей 55С2, 60С2 (ГОСТ 4543—71), хромомарганцевих сталей 50ХГ, 50ХГА (ГОСТ 4543—71) і ін.

На кресленнях пружини зображують умовно за ГОСТ 2.401—68, а саме:

1. Витки гвинтових пружин на вигляді або в розрізі зображують прямими лініями (рис. 338, а, б); на кресленнях пружин розтягання просвіту між витками не показують (рис. 338, в).

2. У пружинах з числом витків понад чотири креслять лише по 1—2 витки з кожного кінця, не враховуючи опорних. Замість інших

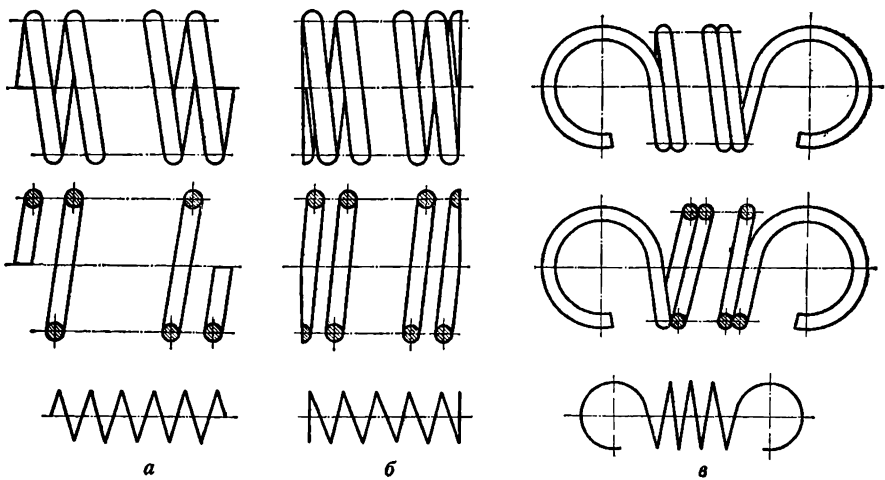
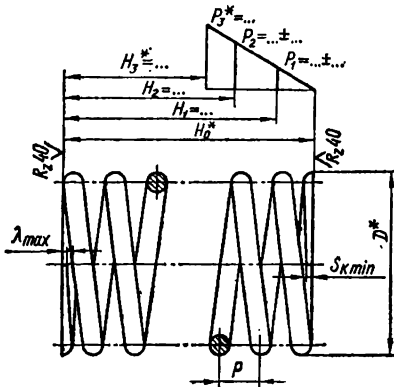


Рис. 338

витків креслять осьову лінію, що проходить через центри перерізів витків (рис. 338).

3. При товщині витків 2 мм і меншій пружини зображують схематично, показуючи витки лініями завтовшки 0,6 ... 1,5 мм (рис. 338).

4. Кінцеві витки гвинтових пружин зображують непідтиснутими (рис. 338, а) або підтиснутими і шліфованими з кожного кінця на $\frac{3}{4}$ опорної поверхні (рис. 338, 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. Пружини розтягання і кручення мають спеціальні зачіпки для кріплення в механізмі (рис. 338, в).



1. Напряв навівання пружини ...
2. n^* ...
3. n_1 ...
4. D_1 ... мм
5. D_2 ... мм
6. λ * розміри і параметри для довідок

Рис. 339

Вимоги щодо робочих креслень пружин за ГОСТ 2.401—68 такі:

1. Розміщують гвинтові пружини на робочих кресленнях горизонтально. Пружини стискування, як правило, виконують в одному зображенні, а пружини розтягання і кручення — у двох. Креслять пружину лише з правим напрямом навівання, а справжній напрям указують у технічних вимогах.

2. На робочому кресленні пружин відповідального призначення поміщують діаграму випробовувань, на якій показують зміну навантаження від деформації або деформації від навантаження (залежно від того, які параметри задані умовами

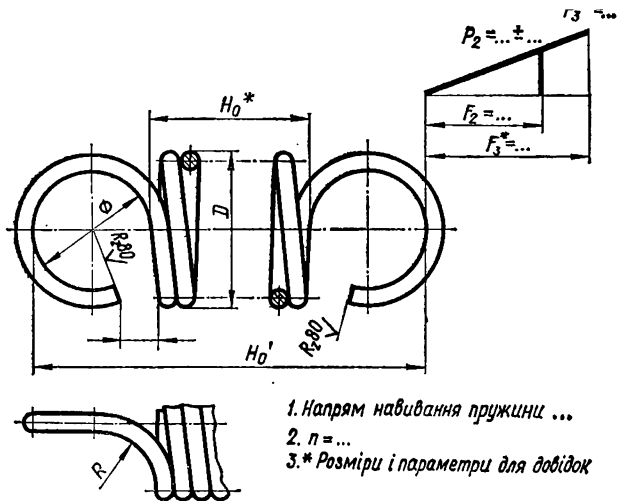


Рис. 340

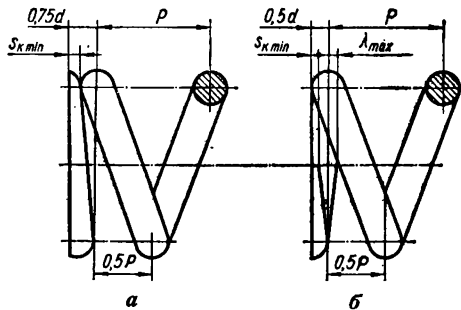


Рис. 341

роботи пружини, а які треба визначити). Діаграму знімають лабораторним випробовуванням пружини.

На рис. 339 зображено пружину стискування з підтиснутими по $\frac{3}{4}$ витка з кожного кінця і підшліфованими на $\frac{3}{4}$ кола опорними витками. Заданим параметром є висота, або деформація, пружини, тому навантаження на діаграмі записують з граничними відхиленнями. Характерними точками на діаграмі є попередне навантаження P_1 , найбільше навантаження P_2 і найбільше випробовувальне навантаження P_3 . На рис. 340 наведено пружину розтягання з 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.

3. Під кресленням пружини поміщають 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: а) напрям навівання пружини; б) число n робочих витків; в) повне число n_1 витків; г) діаметр контрольного стержня D_c або контрольної гільзи D_g ; д) розміри і параметри для довідок.

На рис. 341 показано приклади побудови підтиснутих опорних витків: на рис. 341, *a* підтиснуто цілий виток і зашліфовано його на $\frac{3}{4}$ дуги кола, а на рис. 341, *б* підтиснуто $\frac{3}{4}$ витка і зашліфовано їх на $\frac{3}{4}$ дуги кола.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. З яких елементів складається болтове з'єднання? Назвіть 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 головою? Як підібрати розмір гнізда для гвинта?
4. Як умовно позначають на кресленні пряму муфту? трійник? кутник? трубу?
5. Що таке збіг різби і для чого він потрібний?
6. Назвіть основні види шпонок і їх позначення на кресленні.
7. Які види шліцевих з'єднань застосовують у промисловості? Як на кресленні умовно зображують і позначають шліцеві з'єднання?
8. Які види заклепок ви знаєте? Як умовно позначають заклепки на кресленнях?
9. За якими ознаками поділяють заклепкові шви? Як розраховують заклепковий шов?
10. За якими ознаками класифікують зварні з'єднання?
11. Як умовно зображують на кресленні зварні шви? Які елементи входять до умовного позначення зварних швів?
12. Як поділяють зварні з'єднання за формою підготовки кромки?
13. Як умовно позначають на кресленні шви кутових з'єднань? таврових? внапусток?
14. Як умовно зображують на кресленні паяні шви?
15. Як виконують робоче креслення пружини стискання?

Вправа 1. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Рознімні з'єднання». Правильність виконання перевірте в кінці підручника.

Вправа 2. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Зварні з'єднання». Правильність виконання перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми «Рознімні з'єднання»

Рис. 1

Рис. 2

Рис. 3

1. Як називаються елементи *A*, *B*, *C*, *D* болтового з'єднання (рис. 1)?
2. Чому дорівнюють залежно від діаметра d болта величини H , S , l_0 , d_2 (рис. 1)?
3. Товщини скріплюваних деталей $H_1 = 40$ мм; $H_2 = 25$ мм, діаметр болта = 16 мм. Визначте довжину l болта.
4. Як називається частина 1 шпильки завдовжки l_0 ? частина 2 шпильки завдовжки l_1 (рис. 2)?
5. Запишіть словами умовне позначення болта: Болт 2М16 × 1,5.6g × 80.58 ГОСТ 7798—70.
6. Запишіть словами умовне позначення шпильки:

Шпилька БМ18 × 100 $\frac{24}{42}$.109.40Х.016ГОСТ11765—66.

- Чому дорівнює глибина l гнізда (рис. 3), якщо довжина загвинчуваного різьбового кінця шпильки $l_1 = 22 \text{ мм}$ ($d = 18 \text{ мм}$)?
- Чому дорівнює величина l_3 недорізу різьби для гнізда на рис. 3?
- Накресліть деталі 1, 2 і 3 (рис. 4) у складеному вигляді. Загвинчувати деталі треба не до кінця.

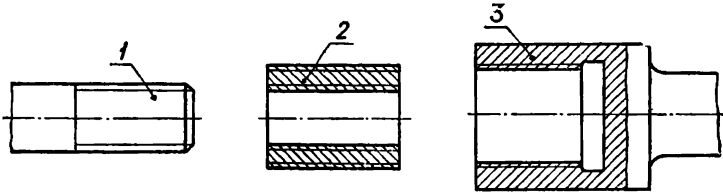


Рис. 4

Картка програмованого контролю з теми „Зварні з'єднання“

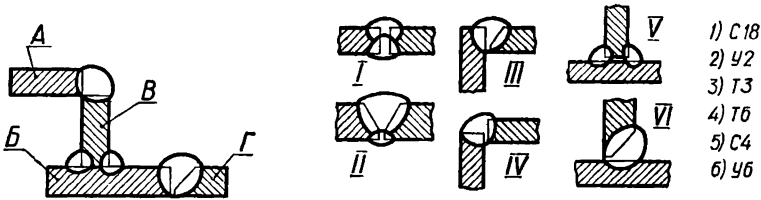


Рис. 1

Рис. 2

- Як називається тип зварного шва при з'єднанні деталей А і В (рис. 1)?
- Як називається тип зварного шва при з'єднанні деталей В і Г (рис. 1)?
- Яким умовним буквено-цифровим позначенням показують стиковий шов із скосом однієї кромки, двобічний (ГОСТ 5264—69)?
- Яким умовним буквено-цифровим позначенням показують шов таврового з'єднання без скосу кромки, однібічний, переривчастий (ГОСТ 5264—69)?
- Знайдіть відповідність між формою поперечного перерізу шва зварного з'єднання і буквено-цифровим його позначенням (рис. 2)?
- Як поділяють зварні шви за зовнішньою формою їх перерізу?
- Що означають допоміжні знаки, зображені на рис. 3?
- Поясніть словами умовне позначення зварного шва на рис. 4.
- Поясніть словами умовне позначення зварного шва на рис. 5.

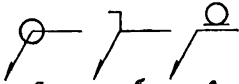


Рис. 3

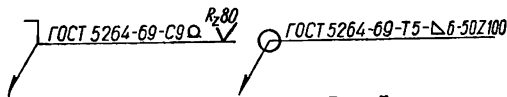


Рис. 4

Рис. 5

§ 22. ЗУБЧАСТІ ПЕРЕДАЧІ

22.1. Загальні положення

Зубчасті передачі застосовують для передавання обертового руху з одного вала на інший або для перетворення обертового руху на поступальний. Якщо осі валів розміщені паралельно, застосовують

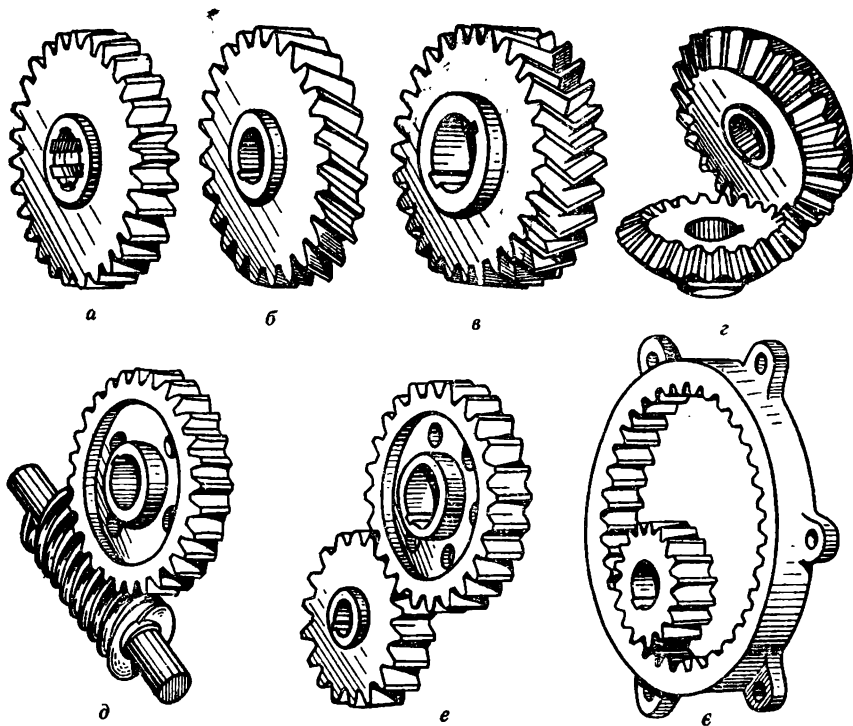


Рис. 342

циліндричні зубчасті колеса з прямими, косими або шевронними зубами (рис. 342, а—в). Передавання руху між валами, осі яких перетинаються, здійснюють конічними зубчастими колесами (рис. 342, г). Для передавання руху між валами, осі яких перехрещуються, застосовують черв'ячну (рис. 342, д), гвинтову, гіпоїдну або спіроїдну передачі.

Зубчасті передачі бувають із зовнішнім (рис. 342, е) і внутрішнім (рис. 342, з) зачепленням. За конструктивним оформленням передачі поділяють на відкриті та закриті, а за величиною колової швидкості, що передається, — на тихохідні, середньохідні та швидкохідні.

22.2. Циліндрична зубчаста передача

Якщо два циліндри з паралельними осями щільно притулити один до одного (рис. 343, а), то внаслідок виникнення сили тертя при обертанні одного з циліндрів обертатиметься й другий, коли зусилля, що передається, не перевищує сили тертя. Така передача називається *фрикційною*. Проте обертальний рух краще передавати не за рахунок сили тертя, а за допомогою зубчастої передачі.

Терміни, визначення і позначення, які характеризують зубчасті передачі (ГОСТ 16530—70...16532—70). Основним елементом зубчастого колеса є зуби,

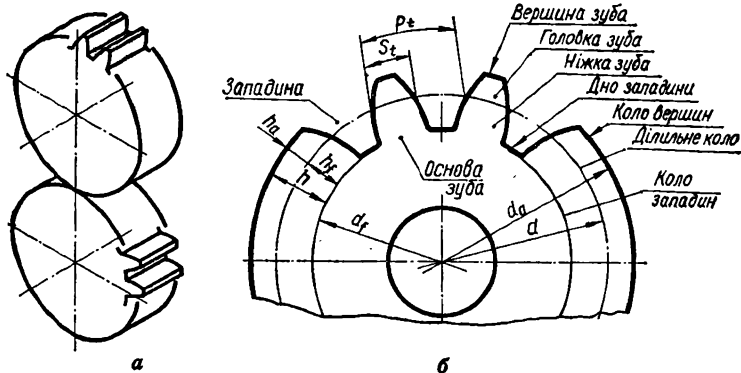


Рис. 343

Зуби — це виступи на колесах, які передають рух шляхом взаємодії з відповідними виступами другого колеса.

Циліндрична поверхня, що відокремлює зуби від тіла зубчастого колеса, називається *поверхнею западин*, а поверхня, яка обмежує зуби з боку, протилежного тілу зубчастого колеса, називається *поверхнею вершин*. Частина поверхні вершин зубчастого колеса, що належить зубу, називається його *вершиною*, а така сама частина поверхні западин — його *основою*. Циліндрична поверхня зубчастого колеса, яка є базовою для визначення елементів зубів і їх розмірів, називається *ділильною поверхнею*. Частина зуба, що лежить між поверхнею вершин зубів і ділильною поверхнею колеса, називається *головкою зуба*, а частина зуба, що лежить між ділильною поверхнею і поверхнею западин, — *ніжкою зуба*.

Відповідно переліченим поверхням розрізняють кола, що лежать у торцевому перерізі зубчастого колеса (рис. 343, б): *ділильне коло* (діаметр d), *коло вершин* (діаметр d_a) і *коло западин* (діаметр d_f).

Висоту головки зуба позначають h_a , висоту ніжки — h_f , а повну висоту зуба — h . Отже, $h = h_a + h_f$.

Ділильним кроком p_t називають відстань між однойменними профілями суміжних зубів, виміряну по дузі ділильного кола. Помноживши крок p_t на число z зубів колеса, дістанемо довжину ділильного кола: $\pi d = p_t z$, звідки $d = \frac{p_t}{\pi} z$.

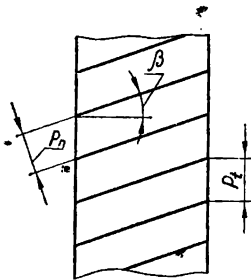
Лінійну величину, яка в π раз менша за величину ділильного кроку, називають *ділильним модулем* m_t , тобто $m_t = \frac{p_t}{\pi}$. Далі цю величину будемо позначати m і називати *модулем*, маючи на увазі, що мова йде про ділильний модуль. Отже, діаметр ділильного кола залежно від модуля визначається за формулою $d = mz$.

Наведемо вибіркові 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.



$$p_t = \pi m_t; p_n = \pi m_n; p_n = p_t \cos \beta$$

Рис. 344

Висоту зуба і його частин визначають залежно від величини модуля, а саме: висота головки зуба $h_a = m$, висота ніжки зуба $h_f = 1,25 m$, а повна висота зуба $h = h_a + h_f = 2,25 m$.

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:

$$d_f = d - 2h_f = mz - 2,5m = m(z - 2,5).$$

Товщина зуба по дузі ділильного кола для зубів, оброблених на верстатах, $S_t = \frac{p_t}{2} = 0,5\pi m$.

Послідовність виконання ескіза зубчастого колеса з натури:

1. Вимірюють діаметр кола вершин d_a і підраховують число зубів z .

2. За формулою $m = \frac{d_a}{z+2}$ 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.

Приклад. Під час знімання ескіза зубчастого колеса з натури знайшли, що $d_a = 212$ мм; $z = 28$. Отже, модуль $m = \frac{d_a}{z+2} = \frac{212}{30} = 7,07$ мм. Звіряючи його з таблицею модулів, бачимо, що такого модуля немає, а тому для розрахунку беремо найближче значення $m = 7$ мм.

Визначаємо всі параметри зубчастого колеса:

$$d_a = m(z + 2) = 7(28 + 2) = 210 \text{ мм};$$

$$d_f = m(z - 2,5) = 7(28 - 2,5) = 178,5 \text{ мм};$$

$$d = mz = 7 \cdot 28 = 196 \text{ мм};$$

$$h_a = m = 7 \text{ мм}; \quad h_f = 1,25m = 1,25 \cdot 7 = 8,75 \text{ мм};$$

$$h = h_a + h_f = 7 + 8,75 = 15,75 \text{ мм};$$

$$p_t = \pi m = 3,14 \cdot 7 = 21,98 \text{ мм};$$

$$S_t = \frac{p_t}{2} = 10,99 \text{ мм}.$$

Циліндричні колеса бувають не тільки з прямими, а й з косими і шевронними зубами. У косозубих передачах кут нахилу зубів до площини, що проходить через вісь колеса, позначають β . Для цих передач є поняття *торцевий ділильний крок* p_t і *нормальний ділильний крок* p_n (рис. 344). p_n — це найкоротша відстань по ділильній поверхні між однойменними теоретичними лініями суміжних зубів. Відповідно до цього є й два модулі — *нормальний* m_n і *торцевий* m_t (m). Залежність між ними визначають за формулою

$$m_t = \frac{m_n}{\cos \beta}, \quad \text{або} \quad m_n = m_t \cos \beta.$$

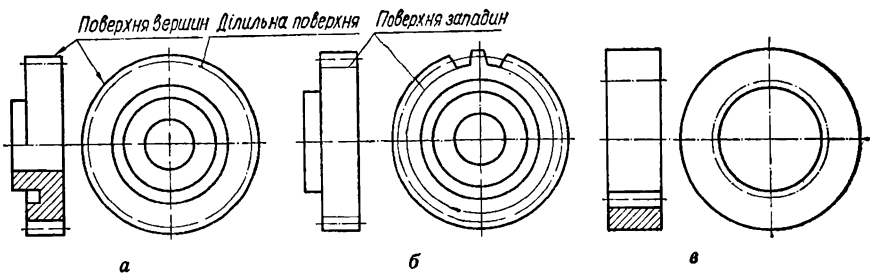


Рис. 345

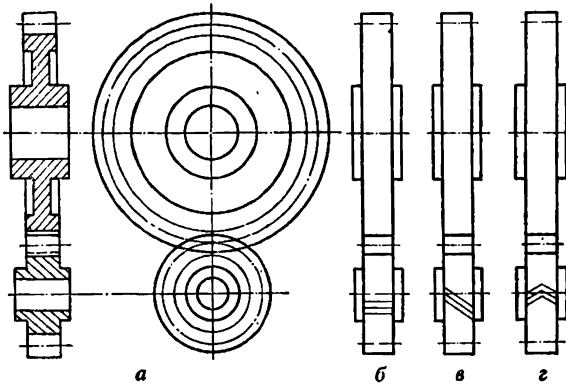


Рис. 346

Для косозубих передач

діаметр ділильного кола $d = m_t z$, або $d = \frac{m_n z}{\cos \beta}$;

діаметр кола вершин $d_a = d + 2m_n$;

діаметр кола западин $d_f = d - 2,5m_n$;

висота зуба $h = 2,25m_n$ ($h_a = m_n$; $h_f = 1,25 m_n$).

Умовне зображення циліндричних зубчастих коліс виконують за ГОСТ 2.402—68:

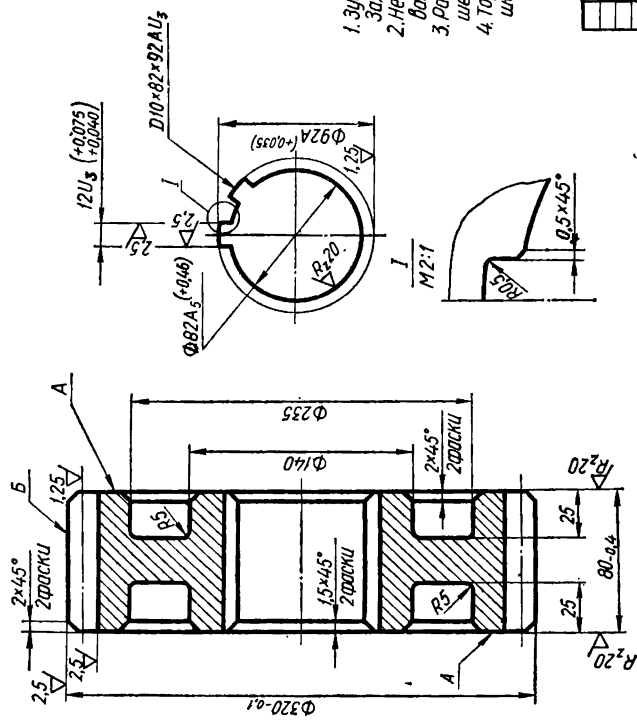
1. Коло і твірні поверхні вершин зубів показують суцільною основною лінією на всіх зображеннях (рис. 345, а—в).

2. Коло і твірні поверхні западин зубів у розрізах і перерізах показують суцільною основною лінією (рис. 345, а). На виглядах їх дозволяється показувати суцільною тонкою лінією (рис. 345, б).

3. Ділильне і початкове кола та твірні поверхні ділильних і початкових циліндрів зображують тонкою штрих-пунктирною лінією на всіх виглядах і розрізах колеса (рис. 345, а—в).

4. Зуби зубчастих коліс креслять лише в осьових розрізах (рис. 345, а); на інших зображеннях показують тільки поверхню їх вершин. Коли треба показати профіль зуба, рекомендується накреслити його у вигляді виносного елемента або показати на обмеженій ділянці деталі (рис. 345, б).

КМТЧ.221506.000



Rz40

Модуль	m	10
Число зубів	z	30
Нормальний відхилений контур		ГОСТ 13755-68...
Коефіцієнт зміцнення	x	0
Ступінь точності		7-С 13С-72
Пастійна хорда	Sc	13,87
Висота до пастійної хорди	hc	7,476
Діаметр дільного кола	d	300
Позначення креслення спряжувального колеса		...

1. Зуби цементувати h=0.9...1.3; загартувати до НРС 56...62. Захистити шлиці від цементації
2. Невпоказані граничні відхилення розмірів: отвори - за А₇, валів - за В₇, решти - за СМ₇;
3. Радіальне диття поверхні Б відносно осі отвору не більше за 0,045 мм
4. Торцеве диття поверхні А відносно осі отвору не більше за 0,035 мм

КМТЧ.221506.000		Лит.	Маса	Матеріал
Колесо циліндричне зубчасте		Ч		1:2
Вид шліфування	Типові дані	Док. ШЛ		
Розроб.	Виконав	5.3.75		
Перевір.	Харкин А.	5.3.75		
Уклад.	Харкин А.			
Н.Колосов				
Створив				
ГОСТ 4-543-71		КМТ		
Пр. АХП-19				

Рис. 347

5. Напря́м зубі́в (у разі потреби) показують трьома тонкими паралельними лініями відповідного нахилу поблизу осі колеса (рис. 346, б—г).

Оформлення робочого креслення циліндричного зубчастого колеса (ГОСТ 2.403—75). На рис. 347 головним зображенням колеса є повний фронтальний розріз, а на місці вигляду зліва показаний отвір у маточині колеса зі шліцями. На зображенні зубчастого колеса проставляють: а) діаметр d_a кола вершин зубів; б) ширину b вінця; в) розміри фасок або радіуси пригуплення на кромках зубів; д) шорсткість бічної поверхні зубів. Проставляють також усі конструктивні розміри, які

Таблиця	Модуль	m	(1)
	Число зубів	z	(2)
	Кут нахилу зубів	β	(3)
	Напря́м зубів	—	(4)
	Нормальний вихідний контур	—	(5)
	Коефіцієнт зміщення	x	(6)
	Ступінь точности	—	(7)
	Дані для контролю взаємного розміщення різномірних профілів зубів	\bar{s}_c \bar{h}_c	(8)
	Діаметр ділительного кола	d	(9)
	Інші побудовні дані	—	(10)

Рис. 348

характеризують елементи колеса — обід, маточину, диск.

Для діаметра кола вершин граничні відхилення беруть за ковзною посадкою C , C_3 або C_4 , а для ширини зубчастого вінця — за ковзною посадкою C_6 . Шорсткість бічної поверхні зубів беруть $\sqrt[25]{}$ — $\sqrt[125]{}$, а поверхонь вершин і западин — R_{z20} — $\sqrt[25]{}$.

У верхньому правому куті креслення поміщають таблицю параметрів (рис. 347). 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. Розглянемо правила заповнення окремих позицій таблиці параметрів (рис. 348):

Позиція (1). Для коліс з прямими зубами показують величину модуля m (m_t), а для косозубих — нормальний модуль m_n або торцевий m_t .

Позиція (2). Записують число зубів z .

Позиція (3). Для косозубих і шевронних коліс показують значення кута β нахилу лінії зубів.

Позиція (4). Написом «Правий» чи «Лівий» показують напрям лінії косо́го зуба, а для шевронних коліс роблять напис «Шевронне».

Позиція (5). Показують параметри вихідного контуру. Якщо контур стандартний, то лише посилаються на номр стандарту: ГОСТ 13755—68 або ГОСТ 9587—68 для дрібномодульних зубів.

Позиція (6). Наводять коефіцієнт зміщення вихідного контуру з відповідним знаком. Якщо зміщення немає, проставляють «0». (Зміщення контуру виникає тоді, коли зуби коліс піддають модифікуванню, але це питання в підручнику креслення не розглядають).

Позиція (7). Записують ступінь точності і вид спряження зубчастого колеса за ГОСТ 1643—72.

Стандартом встановлено 12 ступенів точності (1—12-й), найвищий ступінь 1-й. Найбільш поширені в техніці 6, 7 і 8-й ступені. Для кожного ступеня точності встановлено три норми: а) кінематичної точності; б) плавності роботи; в) контакту зубів.

Незалежно від ступеня точності встановлено шість видів спряження зубчастих коліс, які позначають буквами *A, B, C, D, E, H*, і вісім видів допуску на бічний зазор між колесами, які позначають *h, d, c, b, a, z, y, x* у послідовності зростання допуску. У стандартних зубчастих передачах спряженням *D, C, B* і *A* відповідають допуски *d, c, b* і *a*, а спряженням *H* і *E* — допуск *h*. Числові величини допусків можна знайти в ГОСТ 1643—72.

В умовному позначенні позиції (7) показують: а) ступінь точності (якщо він однаковий за всіма трьома нормами, точність записують лише один раз, якщо ж вони різні, точність показують трьома цифрами); б) вид спряження; в) вид допуску на бічний зазор (вид допуску записують лише тоді, коли відповідності між видом спряження і видом допуску немає, наприклад коли спряженню *A* відповідає не допуск *a*, а, приміром, *b*, тощо); г) номер стандарту.

Приклади умовних позначень ступенів точності зубчастих коліс:

«7 — *C* ГОСТ 1643—72» — передача 7-го ступеня точності за всіма трьома нормами, зі спряженням коліс *C* і відповідністю між видом спряження і допуском на бічний зазор;

«8—7—6 — *Вa* ГОСТ 1643—72» — передача 8-го ступеня за нормами кінематичної точності, 7-го — за нормами плавності роботи і 6-го — за нормами контакту зубів, із спряженням *B* коліс і допуском *a* на бічний зазор.

У другій частині таблиці параметрів — у позиції (8) — наводять дані для контролю взаємного розміщення зубів. Є різні способи контролю: а) за постійною хордою \bar{S}_c і висотою \bar{h}_c до постійної хорди; б) за довжиною *W* загальної нормалі; в) за товщиною S_y по хорді зуба і висотою h_{ag} до цієї хорди; г) за розміром *M* по вимірювальних роликах.

На навчальних кресленнях рекомендується проставляти постійну хорду і висоту до неї. Останні, якщо немає модифікації зубів, визначають за формулами

$$\bar{S}_c = 1,387 m;$$

$$\bar{h}_c = 0,7476 m.$$

У третій частині таблиці параметрів показують:

Позиція (9). Діаметр діляльного кола *d*.

Позиція (10). Позначення креслення спряжуваного зубчастого колеса.

Циліндричну зубчасту передачу утворюють два зубчастих колеса, які перебувають у зачепленні. Менше колесо, яке звичайно є ведучим, називають *шестірнею*, більше — *зубчастим колесом*. Обидва колеса повинні мати однаковий модуль і однакові геометричні розміри зубів.

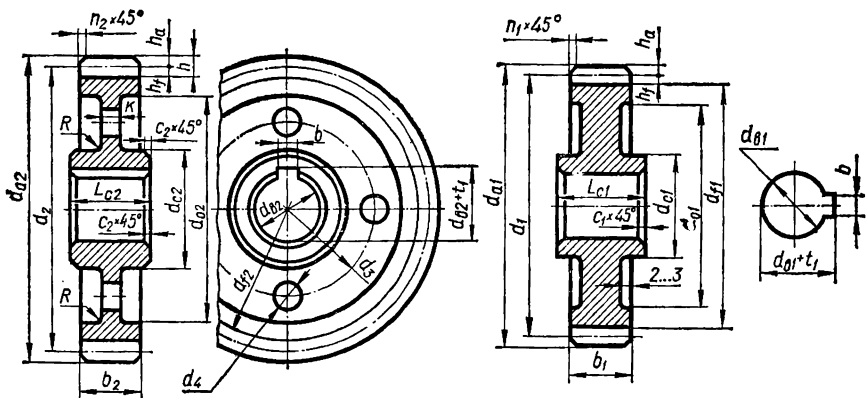


Рис. 349

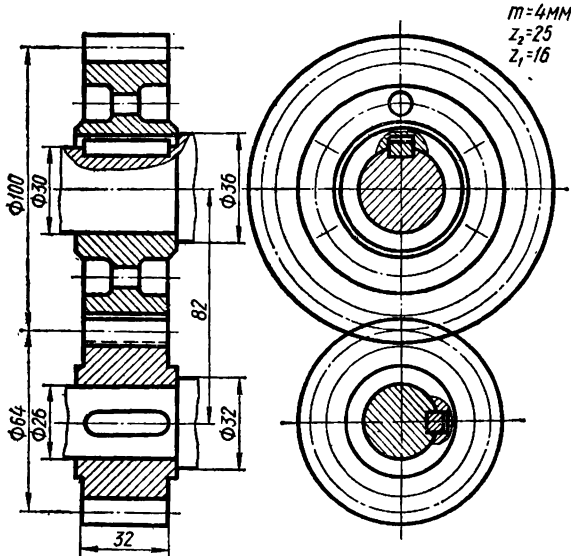


Рис. 350

Кожна передача характеризується певним *передаточним числом* u , тобто відношенням числа зубів колеса до числа зубів шестірни:

$$u = \frac{z_2}{z_1} = \frac{d_2}{d_1} = \frac{n_1}{n_2}$$

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. 349 і в табл. 32 наведені позначення і формули для розрахування зубчастих кованих коліс із фрезерованими зубами.

Формули для розрахування циліндричних зубчастих коліс

Елемент	Зубчасте колесо	Шестірія
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	$S = 0,5\pi m$	$S = 0,5\pi m$
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	$d_{c2} = 1,6d_{a2}$	$d_{c1} = 1,6d_{a1}$
Довжина маточини	$L_{c2} = 1,1b_2$	$L_{c1} = 1,1b_1$
Товщина диска	$k = 0,3b_2$	—
Діаметр центрального кола	$d_3 = 0,5(d_{o2} + d_{c2})$	—
Діаметр отворів	$d_4 = 0,25(d_{o2} - d_{c2})$	—
Радіуси галтелей і фаски	$R = 2 \div 3 \text{ мм};$ $c_2 = 2 \div 3 \text{ мм}$	$R = 2 \div 3 \text{ мм};$ $c_1 = 2 \div 3 \text{ мм}$
Величина зрізу зубів на торцевих кромках	$n_2 = 0,5m$	$n_1 = 0,5m$
Розміри прямокутної шпонки	За ГОСТ 8789—68	За ГОСТ 8789—68
Розміри шпонкового паза	За ГОСТ 8788—68	За ГОСТ 8789—68

Виконуючи креслення зубчастої передачі (рис. 350), слід мати на увазі таке:

1. Циліндричну передачу креслять у двох зображеннях: поздовжньому фронтальному розрізі на місці вигляду спереду і у вигляді зліва. Розміри на кресленні треба проставляти ті, що показані на рис. 350.

2. Початкові кола ведучого і веденого коліс у зачепленні дотикаються одне до одного на лінії, що з'єднує центри коліс. На рис. 350 міжосьова відстань дорівнює 82 мм.

3. У зоні зачеплення кола поверхонь вершин для обох коліс показують суцільними основними лініями (рис. 346, а; 350).

4. Кола поверхонь вершин і западин коліс не дотикаються, і в зоні зачеплення утворюється радіальний зазор, що дорівнює $0,25m$. Пояснюється це тим, що висота головки зуба менша за висоту ніжки його на величину $0,25m$.

5. На головному зображенні в розрізі зуб ведучого колеса показують розміщеним перед зубом веденого колеса, а тому твірну кола вершин меншого колеса наводять суцільною лінією, а твірну кола вершин більшого — штриховою.

6. Для зображення шпонкового з'єднання вала з колесом на кресленні роблять місцевий розріз.

7. На складальному кресленні зубчастого зачеплення не показують фасок і скруглень на зубах, маточині тощо.

22.3. Конічна зубчаста передача

Конічні колеса передають рух між валами, осі яких перетинаються. Якщо кут між осями $\Sigma = 90^\circ$, передача називається *ортогональною*. Конічні колеса бувають з прямими, косими, круговими і криволінійними зубами.

Терміни, визначення і позначення, які стосуються конічних зубчастих коліс (ГОСТ 19325—73). Конічне колесо характеризують *ділильний конус 2* (рис. 351), *конус вершин 3* і *конус западин 1*, які є відповідно *ділильною поверхнею, поверхнею вершин зубів і поверхнею їх западин*. Кут між віссю і твірними відповідних конусів позначають так: δ — *кут ділильного конуса*, δ_a — *кут конуса вершин* і δ_f — *кут конуса западин*. При проектуванні визначають також *кути головки зуба* Θ_a (кут між твірними ділильного конуса і конуса вершин) і *кут ніжки зуба* Θ_f (кут між твірними ділильного конуса і конуса западин). З рисунка бачимо, що $\delta_a = \delta + \Theta_a$; $\delta_f = \delta - \Theta_f$.

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 $\varphi = 90^\circ - \delta$.

Крок, модуль і висота зубів у конічних коліс змінні і збільшуються в напрямі 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_e), *зовнішнє коло вершин зубів* (діаметр d_{ae}) і *зовнішнє коло западин зубів* (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 зубів* позначають p_{te} , а відповідний йому *коловий модуль* — m_e , де $m_e = \frac{p_{te}}{\pi}$. 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. 351). Базова відстань A — це відстань від вершини конічного колеса до його базової площини. Відстань від вершини колеса до площини зовнішнього кола вершин зубів за стандартом позначають буквою B , а відстань від цієї площини до базової — буквою C .

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*

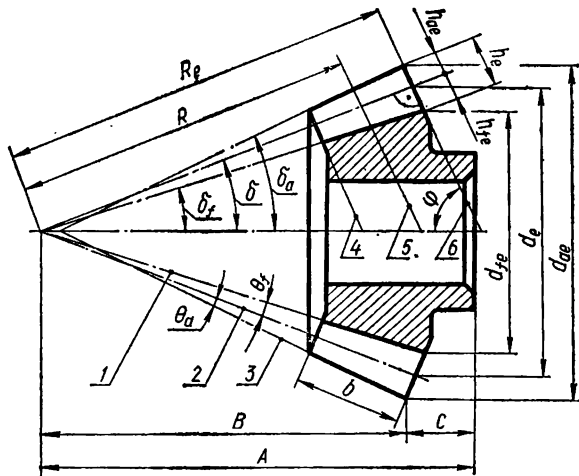


Рис. 351

позначають d_{we} . Якщо колеса немодифіковані, діаметри початкових кіл дорівнюють діаметрам ділильних кіл, тобто $d_{we} = d_e$. (У підручнику розглянуто лише немодифіковані зубчасті колеса. Питання модифікування їх вивчають у курсі «Деталі машин»).

Геометричний розрахунок конічного зубчастого колеса і конічних передач (ГОСТ 19624—74). Вихідними для розрахунку є число z_1 зубів шестірні, число z_2 зубів колеса, зовнішній коловий модуль m_e , міжосьовий кут Σ . Розрахунок вестимемо для коліс із стандартними параметрами вихідного контуру (ГОСТ 13754—68) і для передачі з кутом $\Sigma = 90^\circ$.

Число зубів плоского колеса $z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$ (z_c — це розрахункове теоретичне число, яке визначають з умов зачеплення плоского колеса з конічним зубчастим колесом);

зовнішня конусна відстань $R_e = 0,5m_e z_c$;

ширина зубчастого вінця $b \leq 0,3 R_e$ і $b \leq 10m_e$;

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 $\text{tg } \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$; $\delta_2 = 90^\circ - \delta_1$;

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 $\text{tg } \theta_f = \frac{h_{fe}}{R_e}$;

кут головки зуба $\theta_{a1} = \theta_{f2}$; $\theta_{a2} = \theta_{f1}$;

кут конуса вершин $\delta_a = \delta + \theta_a$;

кут конуса западин $\delta_f = \delta - \theta_f$;

зовнішній ділильний діаметр $d_e = m_e z$;

зовнішній діаметр вершин зубів $d_{ae} = m_e (z + 2 \cos \delta)$;

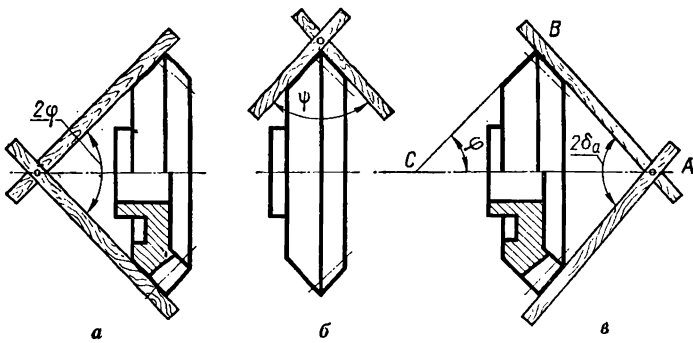


Рис. 352

відстань від вершини до площини зовнішнього кола вершин зубів

$$B_1 = 0,5d_{e2} - h_{ae} \sin \delta_1; \quad B_2 = 0,5d_{e1} - h_{ae} \sin \delta_2.$$

Виконання ескіза конічного зубчастого колеса з натури ведуть у такій послідовності:

1. Вимірюють зовнішній діаметр вершин зубів d_{ae} , ширину b зубчастого вінця і підраховують число зубів z_1 .

2. За формулою $\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$ знаходять величину кута δ_1 ділильного конуса, якщо відомо число зубів z_2 спряженого колеса.

3. За формулою $m_e = \frac{d_{ae}}{z_1 + 2\cos\delta_1}$ обчислюють зовнішній коловий модуль і зв'язують знайдену величину з стандартною (§ 22.2; ГОСТ 9563—60). У розрахунок беруть найближче стандартне значення.

4. За наведеними вище формулами розраховують усі геометричні параметри колеса.

Якщо число зубів спряженого колеса невідомо, кут ділильного конуса можна знайти такими способами:

а) за допомогою кутоміра, який у найпростішому випадку складається з двох лінійок і транспортира, вимірюють кут 2φ при вершині зовнішнього додаткового конуса (рис. 352, а). Тоді $\delta_1 = 90^\circ - \varphi$;

б) за допомогою кутоміра визначають подвоєний кут $2\delta_a$ конуса вершин і кут ψ між твірними конуса вершин та додаткового конуса (рис. 352, б, в). З трикутника ABC (рис. 352, в) маємо, що $\varphi = 180^\circ - (\psi + \delta_a)$, а шуканий кут ділильного конуса $\delta_1 = 90^\circ - \varphi$.

Знайдену величину кута δ_1 для ортогональної передачі коригують за формулою $\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$ (див. рис. 354). Підставляючи в цю формулу число z_1 зубів шестірні і знайдену величину кута δ_1 , визначають число z_2 зубів колеса. Якщо це число виявиться дробовим, що неможливо, беруть найближче ціле значення, підставляють у формулу і знаходять уточнену величину кута δ_1 ділильного конуса. Цю величину обчислюють з точністю до мінути.

Приклад. Під час знімання ескіза з натури встановили, що $d_{ae} = 124$ мм; $z_1 = 20$; $\delta_1 = 27^\circ$; $b = 35$ мм.

Сбчислюють число z_2 зубів колеса:

$$z_2 = \frac{z_1}{\operatorname{tg} \delta_1} = \frac{20}{\operatorname{tg} 27^\circ} = \frac{20}{0,51} \approx 39,2.$$

-Беруть $z_2 = 40$ і знаходять уточнене значення кута δ_1 :

$$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2} = \frac{20}{40} = 0,5, \text{ звідки } \delta_1 = 26^\circ 33'.$$

Знаходять величину зовнішнього колового модуля:

$$m_e = \frac{d_{ae}}{z_1 + 2 \cos \delta_1} = \frac{124}{20 + 2 \cos 26^\circ 33'} = \frac{124}{20 + 2 \cdot 0,895} \approx 5,7 \text{ мм.}$$

За ГОСТ 9563—60 вибирають модуль $m_e = 6,0$ мм. Розраховують усі геометричні параметри кінчного колеса:

$$z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2} = \sqrt{20^2 + 40^2} = 44,721;$$

$$R_e = 0,5m_e z_c = 0,5 \cdot 6 \cdot 44,721 = 134,163 \text{ мм;}$$

$$R = R_e - 0,5 \cdot b = 134,163 - 0,5 \cdot 35 = 116,663 \text{ мм;}$$

$$m = m_e \frac{R}{R_e} = 6 \cdot \frac{116,663}{134,163} = 5,217 \text{ мм;}$$

$$d_1 = mz_1 = 5,21 \cdot 20 = 104,34 \text{ мм;}$$

$$h_{ae} = m_e = 6 \text{ мм; } h_{fe} = 1,2m_e = 1,2 \cdot 6 = 7,2 \text{ мм;}$$

$$h_e = h_{ae} + h_{fe} = 13,2 \text{ мм;}$$

$$S_e = 1,57m_e = 1,57 \cdot 6 = 9,42 \text{ мм;}$$

$$\operatorname{tg} \theta_{f1} = \frac{h_{fe}}{R_e} = \frac{7,2}{134,163} = 0,0536, \text{ звідки } \theta_{f1} = 3^\circ 5' \frac{1}{2}$$

$$\theta_{f2} = \theta_{f1} = 3^\circ 5'; \quad \theta_{a1} = \theta_{f2} = 3^\circ 5';$$

$$\delta_{a1} = \delta_1 + \theta_{a1} = 26^\circ 33' + 3^\circ 5' = 29^\circ 38';$$

$$\delta_{f1} = \delta_1 - \theta_{f1} = 26^\circ 33' - 3^\circ 5' = 23^\circ 28';$$

$$d_{e1} = m_e z_1 = 6 \cdot 20 = 120 \text{ мм;}$$

$$d_{ae1} = m_e (z_1 + 2 \cos \delta_1) = 6 (20 + 2 \cos 26^\circ 33') = 130,74 \text{ мм;}$$

$$B_1 = 0,5d_{e2} - h_{ae} \sin \delta_1 = 0,5m_e z_2 - h_{ae} \sin 26^\circ 33' = 0,5 \cdot 6 \cdot 40 - 6 \times \\ \times 0,447 = 122,682 \text{ мм.}$$

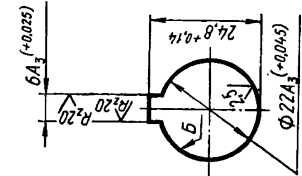
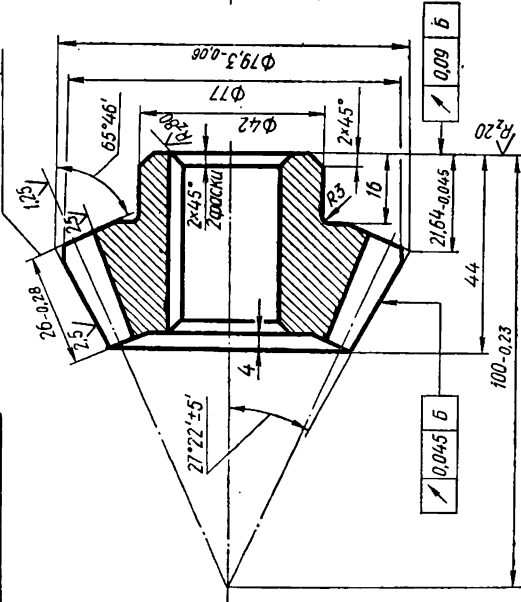
Умовне зображення на кресленні кінчних коліс роблять за тими самими правилами, що й циліндричних коліс (ГОСТ 2.402—68).

Робоче креслення кінчного зубчастого колеса (ГОСТ 2.405—68).

На рис. 353 наведено робоче креслення кінчного зубчастого колеса у двох зображеннях: простому повному фронтальному розрізі на місці вигляду спереду і місцевому вигляді із зображенням отвору в маточині колеса. На робочому кресленні колеса проставляють: а) зовнішній діаметр d_{ae} вершин зубів до притуплення кромки; б) зовнішній діаметр після притуплення кромки (якщо треба); в) відстань S від базової площини до площини зовнішнього кола вершин зубів; г) кут δ_a конуса вершин; д) кут ϕ зовнішнього додаткового конуса (або кут, додатковий до нього); е) ширину b зубчастого вінця; є) базову відстань A ; ж) розміри фасок або радіуси кривизни ліній притуплення на кромках зубів; з) положення вимірного перерізу. Шорсткість бічної робочої поверхні

000.221306.000

Вимірний переріз



R_{2.40} √(M)

Забіглиший коловий модуль	m _г	4
Число зубів	Z	18
Тип зуба		Прямий
Вимірний контур		ГОСТ 13754-68
Покращення зміцнення	X _г	0
Кут діалізового конуса	β	24°15'40"
Ступінь точності		Ст 8-7-X ГОСТ 1759-56
Забіглиша постійна хорда	S _г	5,55-6,05*
Забіглиша до постійної хорди	L _г	2,99
Міжосевий кут передачі	Z	90°
Середній коловий модуль	m _{гср}	3,407
Забіглиша конуса відстань	R _г	87,73
Середня конусна відстань	R	74,73
Середній діалізовий діаметр	D	61,376
Кут конуса заходів	θ _г	21°06'
Забіглиша висота зуба	L _г	8,8
Позначення креслення стругуваного колеса		...

1. НВ 235...262
2. Неположоні голничні відхилення розмірів:
опоряд-за А₁, валів-за В₇, рештки-за СМ₇

КМТЧ. 221306.000		Лит.	Маса	Матеріал
Знаряд	Матеріал	Ч	1:1	
Кресло	Кресло	Державні	Кресло	Г
Лист	Лист	КМТ		
Лист	Лист	ГР. АХП-17		

Рис. 353

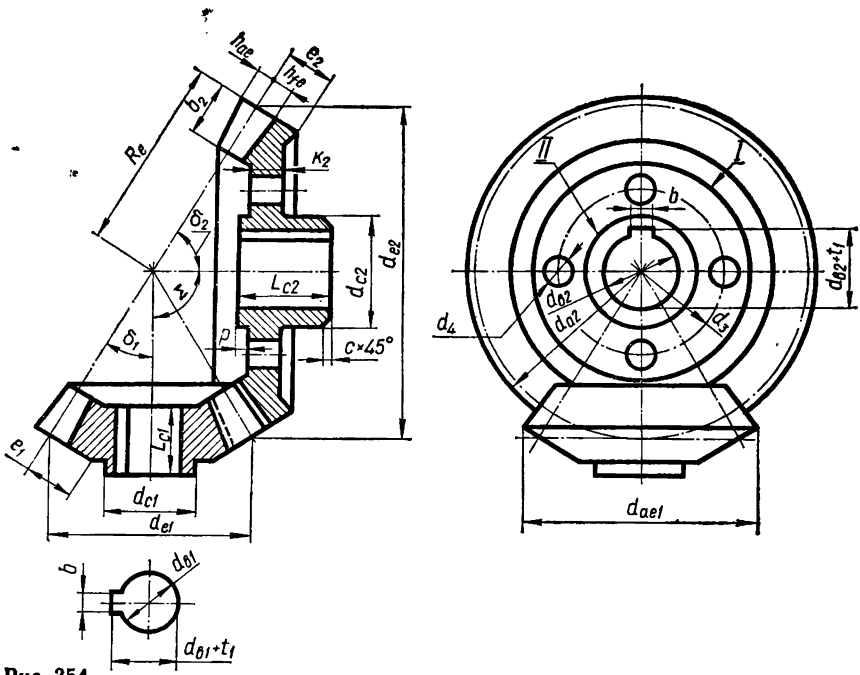


Рис. 354

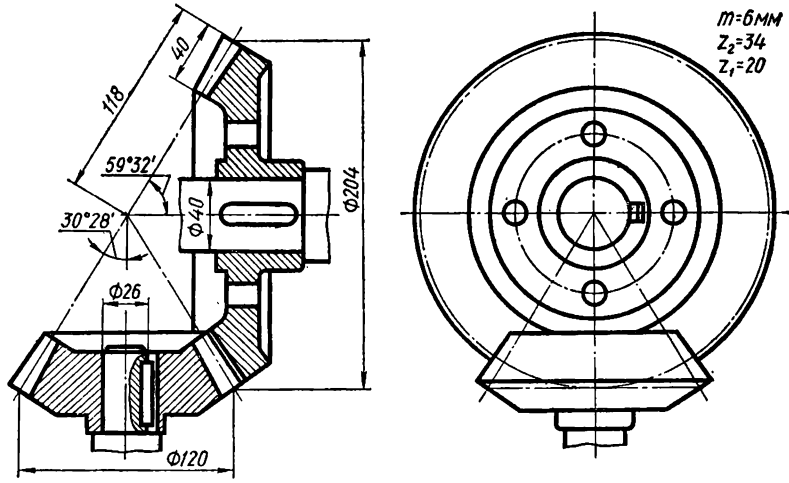


Рис. 355

зубів, поверхонь вершин і западин позначають за такими самими нормами, що й для циліндричних колес (див. § 22.2).

На робочому кресленні конічного зубчастого колеса повинна бути й таблиця (див. рис. 348), яка складається з трьох частин: основні дані, дані для контролю виробу і додаткові матеріали. На рис. 353 показано, як заповнювати таблицю для конічного колеса зі стандартним вихідним контуром і прямими зубами. Контроль зубів можна вести за зовніш-

Формули для розрахування елементів кінчної зубчастої передачі

Елемент	Шестірня	Колесо
Зовнішній дільний діаметр	$d_{e1} = m_e z_1$	$d_{e2} = m_e z_2$
Кут дільного конуса	$\operatorname{tg} \delta_1 = \frac{z_1}{z_2}$	$\operatorname{tg} \delta_2 = \frac{z_2}{z_1}$
Зовнішня конусна відстань	$R_e = 0,5 m_e z_c$, де $z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$	$R_e = 0,5 m_e z_c$, де $z_c = \sqrt{z_1^2 + z_2^2}$
Ширина зубчастого вінця	$b_1 \leq 0,3 R_e$	$b_2 \leq 0,3 R_e$
Довжина маточини	$L_{c1} = 1,3 d_{в1}$	$L_{c2} = 1,3 d_{в2}$
Діаметр маточини	$d_{c1} = 1,6 d_{в1}$	$d_{c2} = 1,6 d_{в2}$
Товщина обода	$e_1 = 0,2 R_e$	$e_2 = 0,2 R_e$
Товщина диска	—	$k_2 = 0,17 R_e$
Висота виступу	—	$p = 0,1 d_{в2}$
Фаски	$c = 2 \div 3 \text{ мм}$	$c = 2 \div 3 \text{ мм}$
Радіуси заокруглень	$r = 2 \div 3 \text{ мм}$	$r = 2 \div 3 \text{ мм}$

Примітки: 1. Розміри d_{a2} , d_{a1} , R_e визначають побудовою.

2. Центрове коло діаметром d_3 проводять посередині між колами I і II (рис. 354); діаметр d_4 отворів повинен дорівнювати чверті різниці діаметрів кіл I і II.

ною постійною хордою зуба \bar{S}_{ce} і висотою \bar{h}_{ce} до цієї хорди. Якщо кут стандартного вихідного контуру дорівнює 20° ($\alpha = 20^\circ$), розраховують ці величини за формулами

$$\bar{S}_{ce} = 1,387 m_e; \quad \bar{h}_{ce} = 0,7476 m_e.$$

Кінчна зубчаста передача. На рис. 354 і в табл. 33 наведені позначення і формули для розрахування кінчної передачі при виконанні навчального завдання в технікумах.

На рис. 355 кінчну передачу 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. На рисунку показано, які розміри рекомендується проставляти на складальному кресленні. Розміри шпонок і шпонкових пазів беруть за ГОСТ 8788—68 і 8789—68.

22.4. Циліндрична черв'ячна передача

Черв'ячну передачу застосовують для передавання руху з постійним передаточним числом між валами, осі яких перехрещуються (див. рис. 342, д). Вона складається з черв'яка і черв'ячного колеса. Ведучим елементом є звичайно черв'як, тобто передачу використовують для пониження кутової швидкості.

Черв'як — це шестірня черв'ячної передачі.

Поверхня витків черв'яка є гвинтовою (гелікоїдною) з віссю, яка збігається з віссю черв'яка. За числом заходів z_1 гвинтової лінії черв'яка поділяють на *одно-, дво- та багатозаходові*. За напрямом гвинтової

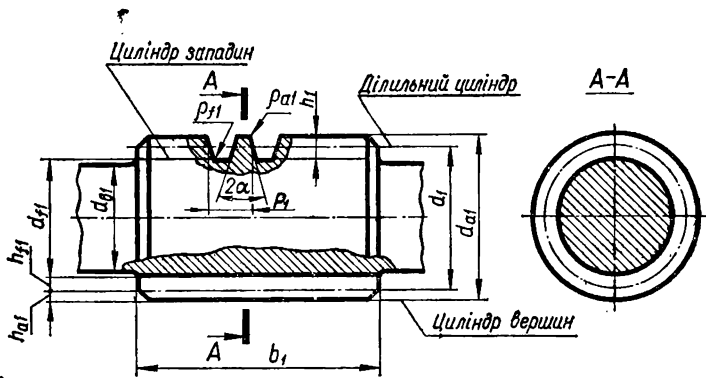


Рис. 356

лінії черв'яки бувають *право- і лівозаходові*. За характером поверхні, на якій вони нарізані, черв'яки поділяють на *циліндричні і глобoidні*. За профілем гвинтової поверхні черв'яки поділяють на *архімедові (ZA), евольвентні (ZI), конволутні (ZN), нелінійчасті (ZK)*. Найпоширеніші архімедові черв'яки в осьовому поздовжньому перерізі мають прямолінійний профіль витків (рис. 356), а в поперечному перерізі профіль витків у них окреслено за архімедовою спіраллю.

Виготовляють черв'яки із сталі марок 45; 45Г2; 50; Ст5, з конструкційної легованої сталі 40Х; 40ХН тощо. Нарізають їх на токарних або на черв'ячно-фрезерних верстатах за допомогою дискових фрез. Щоб збільшити стійкість черв'яка проти спрацювання, витки його піддають поверхневою гартуванню до твердості HRC 45... 50 або цементації до HRC 56... 62. Робочі поверхні черв'яка шліфують, а при великих обертах передачі й полірують.

Основні параметри черв'яка і їх геометричний розрахунок (ГОСТ 16530—70, 18498—73, 19650—74). Співвісна циліндрична поверхня, що є базовою для визначення елементів черв'яка і для відліку їх розмірів, називається *ділильним циліндром* (рис. 356). *Діаметр ділильного циліндра* позначають d_1 (елементам черв'яка надають індекс «1», а елементам колеса — індекс «2»). Діаметр ділильного циліндра або ділильного кола $d_1 = q t$, де q — *коефіцієнт діаметра черв'яка*. Величину q знаходять залежно від модуля за ГОСТ 2144—66 (табл. 34).

Крок черв'яка p_1 — це відстань між однойменними (правими або лівими) профільними поверхнями суміжних витків, виміряна по твірній ділильного циліндра. *Модуль t* — лінійна величина, яка в π раз

Таблиця 34

Співвідношення між модулем t і коефіцієнтом q діаметра черв'яка (ГОСТ 2144—66)

Модуль черв'яка t	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

менша за величину кроку черв'яка, тобто $m = \frac{p_1}{\pi}$. Для багатозаходо-вих 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 двозаходо-вих черв'яків; $b_1 \geq (12,5 + 0,09z_2)m$ для чотиризаходо-вих черв'яків (де z_2 — число зубів 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 підйому лінії витка на ділильному циліндрі)

$$\gamma = \arctg \frac{z_1}{q}, \text{ або } \operatorname{tg} \gamma = \frac{z_1}{q}.$$

Розрахункова товщина витка на ділильному циліндрі $S = \frac{p_1}{2} = 1,57m$.

Радіус заокруглення витка черв'яка при вершині $r_{a1} = 0,1m$, а радіус заокруглення при основі витка $r_{f1} = 0,2m$.

Стандартний кут профілю витка в осьовому перерізі для архімедових черв'яків дорівнює 20° ($\alpha = 20^\circ$).

Виконання ескіза черв'яка з натури проводять у такій послідовності:

1. Визначають діаметр d_{a1} вершин витків черв'яка, діаметр западин d_{f1} , довжину b_1 нарізаної частини, число z_1 витків і напрям гвинтової лінії (правий чи лівий).

2. За формулою $m = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{4,4}$ обчислюють модуль і зв'язують його із стандартними (див. § 22.2). Якщо такого модуля в стандарті немає, то для розраховувань беруть найближчий стандартний.

3. За вибраним модулем визначають коефіцієнт q діаметра черв'яка (табл. 34) і обчислюють діаметр ділильного кола $d_1 = qm$.

4. За взятим модулем уточнюють діаметр вершин d_{a1} і западин d_{f1} і розраховують усі інші геометричні параметри черв'яка.

Приклад. Під час знімання ескіза з натури знайшли, що $d_{a1} = 82$ мм; $d_{f1} = 52$ мм; $b_1 = 100$ мм; $z_1 = 1$; напрям гвинтової лінії правий; черв'як має архімедову гвинтову поверхню.

$$\text{Знаходимо модуль: } m = \frac{d_{a1} - d_{f1}}{4,4} = \frac{82 - 52}{4,4} = 6,82 \text{ мм.}$$

За ГОСТ 9563—60 модуля $m = 6,82$ немає, тому для розраховувань беремо найближчий стандартний: $m = 7$ мм. За табл. 34 (ГОСТ 2144—66) знаходимо, що для цього модуля коефіцієнт діаметра черв'яка $q = 10$. Отже, діаметр кола дільного циліндра

$$d_1 = qm = 7 \cdot 10 = 70 \text{ мм.}$$

Уточнюємо діаметри вершин і западин витків черв'яка:

$$d_{a1} = d_1 + 2m = 70 + 2 \cdot 7 = 84 \text{ мм;}$$

$$d_{f1} = d_1 - 2,4m = 70 - 2,4 \cdot 7 = 53,2 \text{ мм.}$$

Крок черв'яка $p_1 = \pi m = 3,14 \cdot 7 = 21,98$ мм.

Хід черв'яка p_{z1} дорівнює кроку p_1 , бо черв'як однозаходовий. Висота витка черв'яка $h_1 = 2,2m = 2,2 \cdot 7 = 15,4$ мм.

Кут підйому лінії витка на дільному циліндрі $\text{tg } \gamma = \frac{z_1}{q} = \frac{1}{10} = 0,1$, звідки $\gamma = 5^\circ 42' 38''$.

Радіус заокруглення витка при вершині $\rho_{a1} = 0,1m = 0,1 \cdot 7 = 0,7$ мм; при основі витка $\rho_{f1} = 0,2m = 0,2 \cdot 7 = 1,4$ мм.

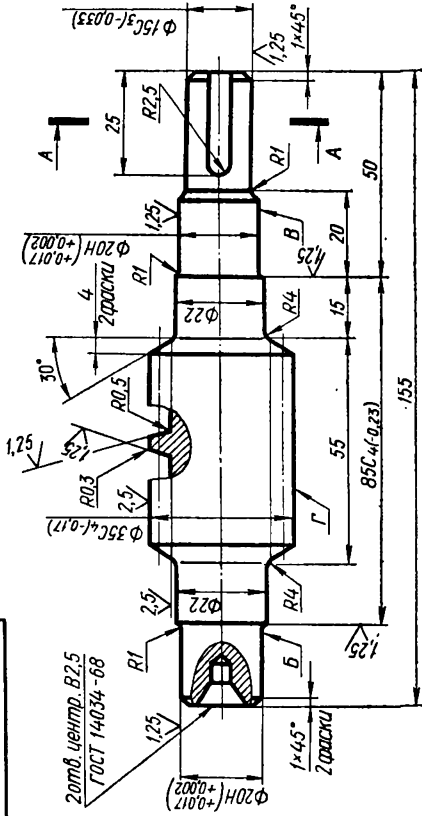
Оформлення робочого креслення черв'яка роблять за ГОСТ 2.406—68. Креслення на рис. 357 виконано у двох зображеннях: у вигляді спереду з місцевим розрізом, щоб виявити профіль витка в осьовому перерізі, та у винесеному перерізі по шпонковому пазу. На робочому кресленні черв'яка проставляють: а) діаметр d_{a1} вершин витків черв'яка; б) довжину b_1 нарізаної частини; в) розміри фасок або радіуси ρ_{a1} заокруглень на вершині витка; г) радіуси ρ_{f1} заокруглень ножки витка; д) розміри фасок на торцевих кромках; е) шорсткість бічних поверхонь витків, поверхонь вершин і западин.

У правій верхній частині креслення поміщають таблицю параметрів, яку заповнюють за прикладом рис. 357. Ділильну товщину по хорді витка черв'яка визначають за формулою $\bar{S}_{a1} = 1,57m \cos \gamma$, де γ — кут підйому витка. Висоту h_{a1} до хорди знаходять за складнішою формулою. З деяким наближенням для навчальних креслень можна вважати, що $\bar{h}_{a1} = m + (0,01 \div 0,02)$ мм.

Черв'ячні колеса бувають з прямими або (частіше) з косими з'убами. Форма виймки поверхні вершин зубів узгоджена з формою поперечного перерізу черв'яка. Зуб колеса охоплює черв'як по дузі, центральний кут якої дорівнює 90 — 120° . Число зубів рекомендується брати в межах 28 — 80 .

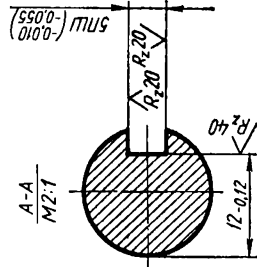
Для закритих передач черв'ячні колеса здебільшого конструюють збірними. Зубчастий вінець виготовляють із бронзи Бр. ОФ 8,0-0,3; Бр. ОЦС 4-4-2,5; Бр. ОЦ 4-3 і ін., а маточину колеса — з чавуну СЧ 15-32; СЧ 18-36 або із сталі. Вінець з маточиною з'єднують пресовою посадкою $\frac{A}{Pr}$ або $\frac{A}{Pr1_3}$ з додатковим кріпленням болтами, гвинтами, штифтами і з виконанням спеціальних упорних буртів. Черв'ячні колеса виготовляють також у вигляді складеної литої конструкції (чавунну маточину закладають у форму, в якій відливають бронзовий вінець колеса).

000 9090227 h11M



Модуль осевий	М	2.5
Число заходів	Z ₁	1
Тип черв'яка	-	Архімедів
Дільний кут підломи	γ	4°45'49"
Напрямок дитка	-	Правий
Хід дитка	P _{к1}	7.85
Кут профілю дитка	α	20°
Висота до хвості дитка	h ₁	5.5
Ступінь точності	-	Ст. 7-X ГОСТ 3675-56
Ділильна товщина по хвосту дитка	S _{дп1}	0.199 3.91-0.275
Висота до хвосту дитка	h _{дп1}	2.507
Позначення креслення стержневого колеса	-	...
		10
		110

1. HRC 52...56
2. Неположених граничні відхилення розмірів: отвірив - за А₁, валів - за В₁, решити - за С₁,
3. радіальне диття поверхні Г відносно загальної осі поверхонь Б і В не більше за 0,03мм



Лит. марка		Металл
У	У	1:1
Кресл. Умощов Т		КМТ
Сплав 40Х		ГД. ХМА-96
ГОСТ 4543-71		
КМТЧ.220806.000		
Зам.нак	Умощов Т	Металл
Резов.	Крот А.	20Х2
Лектор.	Жукін А.	20Х2
Технік.	Жукін А.	20Х2
Н.Контр.		
П.Техн.		

Рис. 357

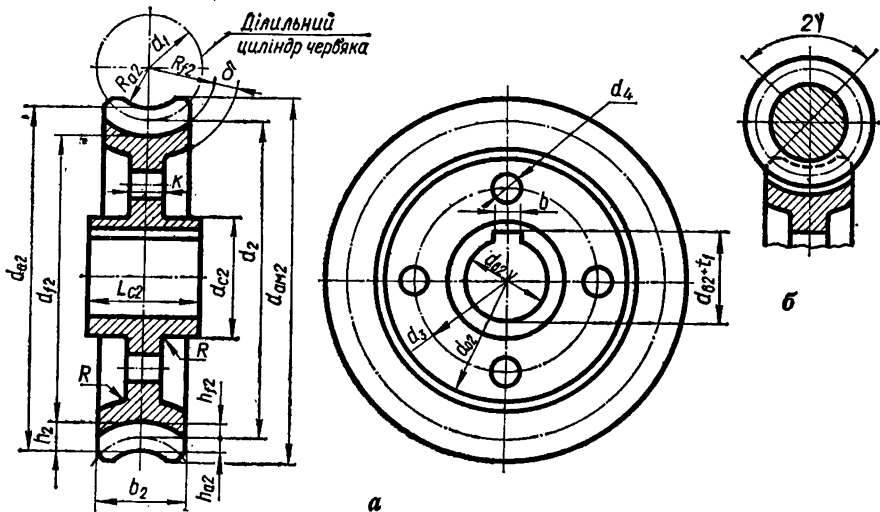


Рис. 358

За один оберт однозаходового черв'яка колесо повертається на величину кроку, за один оберт двозаходового — на величину, що дорівнює двом крокам, і т. д.

Основні параметри черв'ячного колеса і їх розрахунок (рис. 358, а). Середній ділильний діаметр черв'ячного колеса $d_2 = z_2 m$, де z_2 — число зубів колеса.

Діаметр вершин зубів 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 зубів черв'ячного колеса $p_2 = \pi m$.

Найбільший діаметр колеса $d_{am2} = d_{a2} + \frac{6m}{z_1 + 2}$.

Ширина вінця колеса $b_2 \leq 0,75d_{a1}$, коли $z_1 \leq 3$; $b_2 \leq 0,67d_{a1}$, коли $z_1 = 4$.

Радіус виїмки поверхні вершин зубів колеса $R_{a2} = \frac{d_1}{2} - m$.

Кут підйому лінії витка $\gamma = \text{arctg} \frac{z_1}{q}$.

Розраховуючи черв'ячну передачу, слід перевірити кут 2γ (рис. 358, б). Цей кут називається *умовним кутом охоплення черв'яка вінцем колеса*. Знаходять його за формулою

$$\sin \nu = \frac{b_2}{d_{a1} - 0,5 m}.$$

Для силової передачі кут 2γ повинен бути в межах $90-120^\circ$.

Послідовність виконання ескіза черв'ячного колеса з натури:

1. Вимірюють діаметр d_{a2} вершин зубів колеса, найбільший діаметр d_{am2} колеса, ширину b_2 вінця і підраховують число z_2 зубів колеса. Крім того, треба мати дані, які стосуються спряженого черв'яка: кут

у підйому лінії витка, який дорівнює нахилу зубів колеса, ділильний діаметр d_1 черв'яка, число z_1 заходів його.

2. За формулою $m = \frac{d_{a2}}{z_2 + 2}$ обчислюють модуль колеса і зв'язують його із стандартними (ГОСТ 9563—60). Якщо в таблиці такого модуля немає, для розраховувань беруть найближчий стандартний.

3. За вибраним модулем розраховують усі геометричні параметри колеса — d_2 , d_{a2} , d_{f2} , h_2 , p_2 тощо.

4. Перевіряють, чи в допустимих межах перебуває найбільший діаметр $d_{ам2}$ колеса і умовний кут 2ν охоплення черв'яка вінцем колеса.

Приклад. Під час знімання ескіза колеса з натури знайшли такі дані: $d_{ам2} = 305$ мм; $d_{a2} = 290$ мм; $z_2 = 40$; $b_2 = 70$ мм; напрям гвинтової лінії правий; діаметр вершин витків черв'яка $d_{a1} = 84$ мм; число заходів черв'яка $z_1 = 2$.

Знаходимо величину модуля: $m = \frac{d_{a2}}{z_2 + 2} = \frac{290}{40 + 2} = 6,9$ мм. У ГОСТ 9563—60 модуля $m = 6,9$ мм немає, тому для розраховування беремо $m = 7$ мм.

Середній ділильний діаметр черв'ячного колеса

$$d_2 = mz_2 = 7 \cdot 40 = 280 \text{ мм.}$$

Діаметр западин колеса $d_{f2} = m(z_2 - 2,4) = 7(40 - 2,4) = 263,2$ мм.

Діаметр вершин зубів колеса (скоригований)

$$d_{a2} = m(z_2 + 2) = 7(40 + 2) = 294 \text{ мм.}$$

Крок черв'ячної передачі $p_2 = \pi m = 3,14 \cdot 7 = 21,98$ мм.

$$\text{Хід } p_{22} = z_1 p_1 = 2 \cdot 21,98 = 43,96 \text{ мм.}$$

Висота зуба колеса $h_2 = 2,2m = 2,2 \cdot 7 = 15,4$ мм.

Найбільший діаметр колеса для двозаходового черв'яка

$$d_{ам2} \leq d_{a2} + 1,5m = 294 + 1,5 \cdot 7 = 304,5 \text{ мм.}$$

Умовний кут охоплення черв'яка вінцем колеса

$$\sin \nu = \frac{b_2}{d_{a1} - 0,5m} = \frac{70}{84 - 0,5 \cdot 7} = 0,859,$$

звідки $\nu = 59^\circ 10'$, а $2\nu = 118^\circ 20'$, що лежить у допустимих межах (90 — 120°).

Робоче креслення черв'ячного колеса виконують за ГОСТ 2.406—68 і 2.407—68. Умовно черв'ячні колеса зображують за тими самими правилами, що й циліндричні (ГОСТ 2.402—68).

На рис. 359 показано складальне креслення збірного черв'ячного колеса, sprzęженого з архімедовим черв'яком, а на рис. 360, а, б — робочі креслення вінця колеса та його маточини. Специфікація до складального креслення колеса наведена на рис. 361. З цих рисунків бачимо, що зуби нарізають після з'єднання вінця колеса з маточиною, тому всі розміри, потрібні для нарізання, подано на складальному кресленні. Креслення черв'ячного колеса виконано у двох зображеннях: повному фронтальному розрізі на місці головного вигляду і місцевому вигляді на маточину колеса зі шпонковим пазом або із шліцями.

На робочому кресленні черв'ячного колеса проставляють: а) найбільший діаметр $d_{ам2}$ колеса; б) діаметр d_{a2} вершин зубів колеса; в) ширину b_2 зубчастого вінця; г) відстань від середньої площини зубчастого

Рядок	Зона	Лист	Позначення	Назва	Мірок	Примітка
				Документація		
12			КМТЧ.220806.000.СБ	Складальне креслення	1	
				Деталі		
11	1		КМТЧ.220806.001	Вінець	1	
11	2		КМТЧ.220806.002	Маточина	1	
				Стандартні вироби		
		3		Гвинт М6×12.58 ГОСТ 1479-64	6	

Змі. АРК	№ докум.	Місто	Дата	Колесо черв'ячне	Інформація	Архив	Архив
Розроб.	Утвено				у	у	у
Перевір.	Хискин А.		20.12 1978				
Н.контр.							
Інформація					КМТ Гр. ХМА-96		

Рис. 361

вінця до базового торця і граничне зміщення середньої площини вінця в обробці; д) дані, що визначають зовнішній контур зубчастого вінця, наприклад: радіус R_{a2} виймки поверхні вершин 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 вершин у середній площині колеса і величину биття базового торця.

У правому верхньому куті креслення поміщають таблицю параметрів. Розміри граф таблиці, їх розміщення та послідовність заповнення можна побачити на рис. 359.

Креслення черв'ячної передачі (рис. 362). Осі черв'яка і колеса на рис. 362 перехрещуються під прямим кутом. Щоб виконати навчальне креслення черв'ячної передачі, треба визначити не тільки геометричні, а й конструктивні елементи колеса і черв'яка, тобто знайти розміри маточини, ободу, диска тощо. Нижче подаємо формули для розрахування передачі (рис. 356, 358):

Елементи черв'яка —

діаметр діляльного кола $d_1 = m q$ (величини q подано в табл. 34);

діаметр вершин витків черв'яка $d_{a1} = d_1 + 2h_{a1} = m(q + 2)$;

діаметр западин витків черв'яка $d_{f1} = d_1 - 2h_{f1} = m(q - 2,4)$;

діаметр вала черв'яка $d_{в1} = d_{f1} - m$;

довжина нарізаної частини черв'яка $b_1 \geq (11 + 0,06z_2) m$ (якщо $z_1 = 1$ або 2).

Всі інші формули для розрахувань черв'яка див. на с. 363.

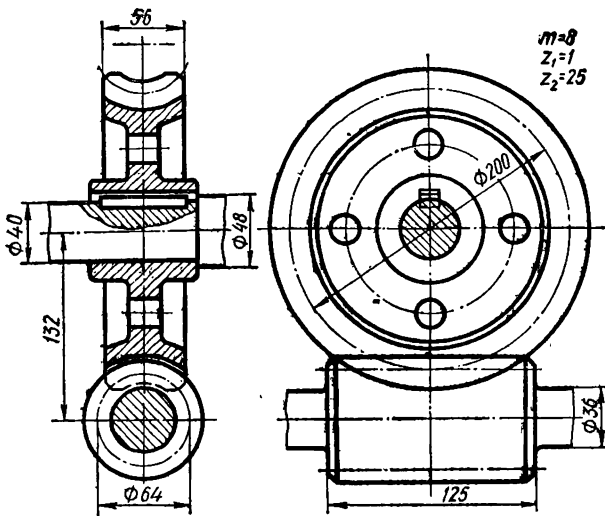


Рис. 362

Елементи черв'ячного колеса —

ділильний діаметр колеса $d_2 = mz_2$, де z_2 — число зубів колеса;

діаметр вершин зубів 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 $b_2 \leq 0,75d_{a1}$ (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 $\delta = 2m$;

діаметр маточини $d_{c2} = 1,8d_{b2}$;

довжина маточини $L_{c2} = 1,3b_2$;

товщина диска $k = 0,3b_2$;

діаметр центрального кола $d_3 = 0,5(d_{o2} + d_{c2})$;

діаметр отворів $d_4 = 0,25(d_{o2} - d_{c2})$;

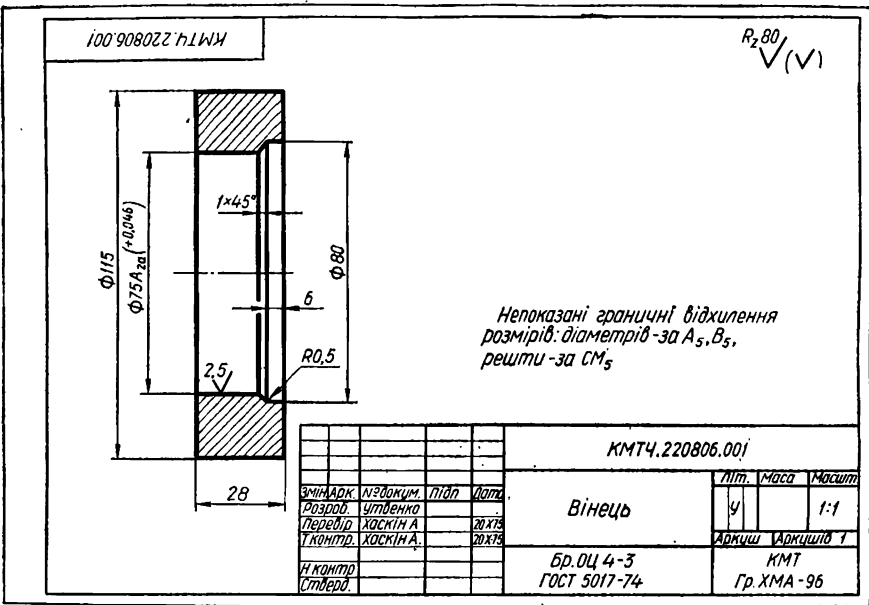
радіуси переходів і фаски $R = 2 \div 3$ мм; $c = 2 \div 3$ мм;

розміри прямокутної шпонки за ГОСТ 8789—68;

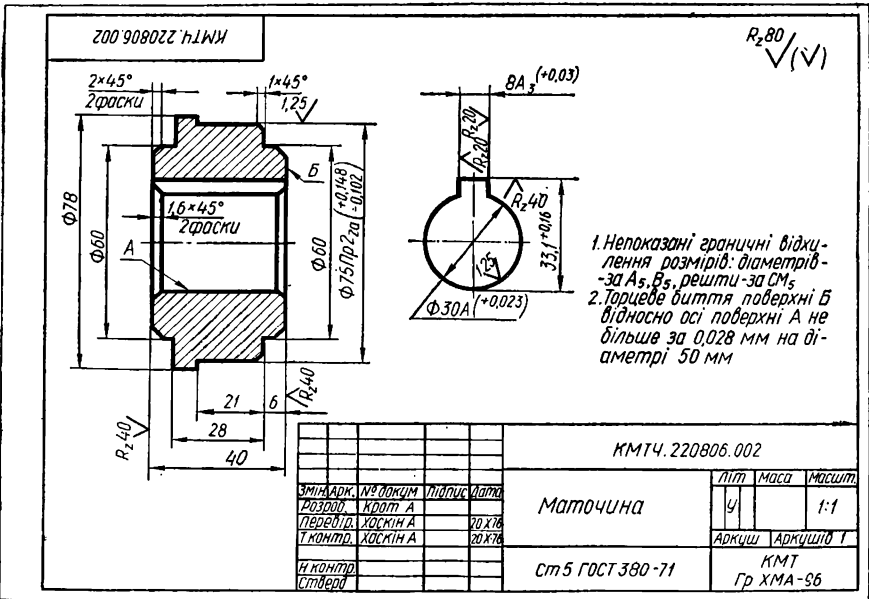
розміри шпонкового паза за ГОСТ 8788—68.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Назвіть основні елементи циліндричного зубчастого колеса.
2. За якими формулами визначають діаметр ділильного кола, кола вершин і западин для циліндричного колеса?
3. Назвіть основні елементи конічного зубчастого колеса.
4. За якими формулами роблять геометричний розрахунок конічного зубчастого колеса?
5. Назвіть основні елементи черв'яка і черв'ячного колеса.
6. За якими формулами розраховують ділильний діаметр черв'яка і черв'ячного колеса? діаметри вершин і западин черв'яка і черв'ячного колеса?
7. Як умовно зображують на кресленнях циліндричні зубчасті колеса? конічні колеса? циліндричний черв'як?



а



б

Рис. 360

Вправа. Розв'яжіть завдання картки програмованого контролю з теми «Зубчасті передачі». Правильність відповідей перевірте в кінці підручника.

Картка програмованого контролю з теми „Зубчасті передачі“

1. За якою формулою визначають діаметр кола западин циліндричного зубчастого колеса?
2. Обчисліть діаметр кола вершин циліндричного зубчастого колеса, якщо $m = 8$, а $z = 32$.
3. Чому дорівнює повна висота зуба циліндричного зубчастого колеса, якщо $m = 8$?
4. Яким типом лінії умовно зображують ділильне коло зубчастого колеса?
5. Діаметр кола западин дорівнює 54 мм. Число зубів $z = 16$. Чому дорівнює модуль циліндричного зубчастого колеса?
6. Як називається конус, позначений цифрою 1 на рис. 1?
7. Як називається конус, позначений цифрою 2 на рис. 1?
8. Як називається кут, позначений цифрою 3 на рис. 1?
9. На якому кресленні (рис. 2, а — е) правильно зображено зачеплення двох циліндричних коліс у розрізі?
10. Напишіть формулу, за якою розраховують діаметр кола западин конічного колеса?

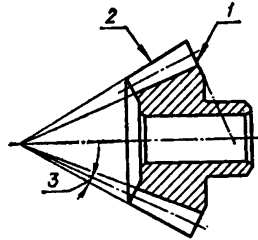


Рис. 1

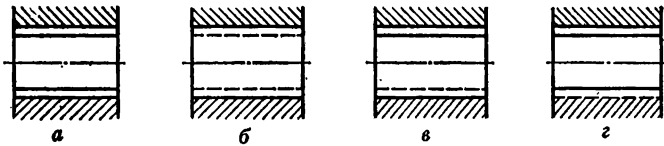


Рис. 2

11. Яка міжцентрова відстань між циліндричними колесами, якщо число зубів $z_1 = 16$; $z_2 = 36$ і модуль $m = 6$ мм?
12. На якому кресленні (рис. 3, а — в) правильно зображено зачеплення двох циліндричних зубчастих коліс?

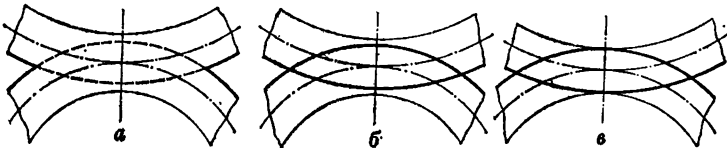


Рис. 3

§ 23. СКЛАДАЛЬНІ КРЕСЛЕННЯ

23.1. Загальні положення

Складальним називається креслення, яке містить зображення виробу та інші дані, потрібні для його складання (виготовлення) і контролю.

Складальне креслення дає уявлення про взаємний зв'язок і способи поєднання між собою деталей. Ці креслення призначено для серійного або масового виробництва. В одиничному або малосерійному виробництві рекомендується користуватися кресленнями загальних виглядів. За цими кресленнями можна уявити не лише зв'язок і способи поєднання деталей, а й конструкцію кожної деталі зокрема. Креслення загальних виглядів використовують для підготування 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 таке:

а) зображення складальної одиниці, яке дає уявлення про розміщення та взаємний зв'язок окремих його частин. Дозволяється поміщати на складальному кресленні схему з'єднання або схему розміщення складових частин виробу;

б) розміри з граничними відхиленнями та інші параметри і вимоги, які виконують і контролюють у процесі складання виробу;

в) вказівки про характер спряження деталей і методи його виконання, якщо точність цього спряження забезпечується в процесі складання виробу підбиранням, підганянням тощо; вказівки про спосіб з'єднання нерознімних частин виробу (зварних, паяних з'єднань тощо);

г) номери позицій складових частин виробу;

д) основні характеристики виробу;

е) габаритні, установлювальні, приєднувальні, а також необхідні довідкові розміри.

Креслення загальних виглядів повинні містити зображення виробу з необхідними виглядами, розрізами, перерізами, виносними елементами, мати текстову частину і написи.

23.2. Виконання ескізів деталей виробу

Перед тим як почати виконувати ескізи, треба:

а) з'ясувати призначення і принцип роботи виробу, вивчити його конструкцію, тобто з яких деталей складається виріб, їх призначення, як поєднані деталі між собою тощо;

б) вивчити порядок складання і розбирання виробу. Рекомендується скласти схему послідовності його складання;

в) виявити наявність деталей, які не підлягають ескізуванню, наприклад кріпильні, стандартні тощо;

г) 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;

д) проставити в специфікації позначення складальних одиниць та деталей відповідно до ГОСТ 2.201—68.

Після докладного вивчення виробу переходять безпосередньо до складання ескізів, виконуючи їх за правилами, викладеними в § 20.2. Наведемо лише деякі додаткові вимоги, які слід урахувувати при виконанні ескізів для складальних креслень:

1. 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.

2. Кількість зображень (виглядів, розрізів, перерізів) і їх розробка повинні бути настільки повними, щоб за ними без натури можна було виконати складальне креслення.

3. На ескізах спряжених деталей слід витримати однакові номінальні розміри, бо інакше скласти виріб буде неможливо.

4. Різного характеру поєднання деталей (рухомі, нерухомі), або їх посадок, досягають за рахунок справжніх розмірів, за якими деталі виготовляють. Тому на ескізах слід проставляти граничні відхилення розмірів у вигляді числових величин або умовного позначення посадки. Рекомендується проставляти на ескізах граничні відхилення форми і розташування поверхонь.

5. Знаки шорсткості поверхонь повинні відповідати характеру посадки деталі і класу її точності, тобто залежати від технології виготовлення деталі. Знаки шорсткості для спряжених поверхонь, як правило, беруть однаковими.

6. Оформляти ескізи слід за всіма вимогами, які ставляться до робочих креслень деталей (див. § 20.1). Ескізи брошурують у зошит, на обкладинці якого пишуть: «Ескізи деталей (назва виробу) склад учень ... групи... технікуму...».

23.3. Послідовність виконання складального креслення

1. Перевіряють зроблені ескізи щодо правильності виконання зображень, нанесення розмірів, умовних позначень тощо.

2. Вибирають необхідну і достатню кількість зображень (виглядів, розрізів, перерізів), які дозволяють розкрити конструкцію виробу на складальному кресленні.

3. Залежно від складності виробу і його габаритних розмірів установлюють масштаб креслення й вибирають формат паперу відповідно до ГОСТ 2.301—68. Наносять рамку і виділяють місце для основного напису.

4. Проводять осі симетрії і намічають габаритні прямокутники для розміщення окремих зображень.

5. Наносять контур основної деталі виробу, причому побудову ведуть одночасно на всіх намічених зображеннях. Разом з виглядом деталі виконують і потрібні розрізи її.

6. Інші деталі креслять приблизно в тій самій послідовності, в якій їх приєднують. Виконують на складальному кресленні розрізи, перерізи, вносні елементи, показують різьбу і т. п.

7. Перевіряють зроблене креслення, обводять лінії видимого і невидимого контурів, заштриховують розрізи і перерізи.

8. Проводять вносні і розмірні лінії, проставляють розмірні числа.

9. Заповнюють основний напис і записують технічні вимоги або технічну характеристику виробу.

10. На окремому аркуші виконують специфікацію виробу.

11. Наносять позиції деталей виробу на креслення.

Якщо треба, на кресленні показують умовне позначення посадок у відповідальних спряженнях, вимоги щодо обробки деталей у процесі складання виробу або після складання, характер спряження рознімних і нерознімних частин виробу та методи забезпечення контролю цих спряжень, зображення контурів пограничних деталей, зображення рухомих частин у крайньому або проміжному положенні тощо.

23.4. Вибір кількості зображень на складальному кресленні

Кількість зображень (виглядів, розрізів, перерізів) залежить від складності конструкції і має бути мінімальною, але достатньою для повного уявлення про будову виробу. Навчальне складальне креслення найчастіше виконують у двох або трьох основних зображеннях, застосовуючи місцеві і додаткові вигляди, прості, складні і місцеві розрізи, перерізи тощо.

Для предметів, що проектуються у вигляді симетричної фігури, рекомендується поєднувати в одному зображенні половину вигляду з половиною відповідного розрізу. Такі деталі, як гвинти, заклепки, шпонки, вали, шатуни, рукоятки і т. п., у поздовжньому розрізі на складальному кресленні показують нерозсіченими (рис. 363, *a*). Як правило, показують нерозсіченими гайки і шайби. Такі елементи, як спиці маховичків і зубчастих коліс, тонкі стінки, ребра жорсткості і т. п., розрізають, але показують на кресленні незаштрихованими, якщо січна площина напрямлена вздовж осі або довгої сторони такого елемента (ГОСТ 2.305—68).

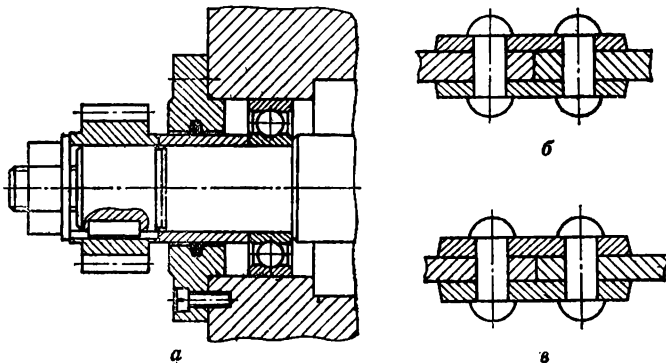


Рис. 363

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 напрямку або відстані між її лініями (рис. 363, б, в).

23.5. Розміри на складальних кресленнях

На складальному кресленні виробу проставляють таке:

1. *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.

2. *Монтажні розміри*, які потрібні для правильного поєднання між собою деталей, розміщених у виробі у 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.

3. *Установлювальні розміри*, що визначають величину елементів, за якими виріб установлюють на місце його монтажу або приєднують до іншого виробу. Наприклад, відстань між осями отворів у фланцях, між осями під фундаментні болти, розміри центрових кіл і діаметри отворів під болти тощо.

4. *Експлуатаційні, або виробничі, розміри*, які показують деякі розрахункові і конструктивні характеристики виробу. Наприклад, діаметри отворів для рідини і газу в насосах і вентилях, розміри «під ключ», число зубів, їх модуль, позначення різьби для приєднання межових деталей тощо.

Розміри окремих деталей або їх елементів на складальному кресленні не проставляють, бо на складання йдуть готові деталі. Розміри габаритні, установлювальні, приєднувальні, експлуатаційні, а також розміри, що показують граничні положення окремих елементів конструкції, відносять до довідкових і позначають знаком «*». На складальному кресленні проставляють розміри отворів під болти, гвинти, заклепки, штифти, якщо ці отвори обробляють під час складання виробу.

23.6. Номери позицій (ГОСТ 2.108—68)

На складальному кресленні всі складові частини виробу нумерують відповідно до номерів позицій, нанесених у специфікації виробу, тобто за правилами ГОСТ 2.108—68 спочатку заповнюють специфікацію, а потім з неї переносять на креслення відповідні номери позицій. Номери позицій слід проставляти на тому зображенні, на якому певна деталь проектується як видима, віддаючи при цьому перевагу основним виглядам або розрізам, розміщеним на їх місці.

Проставляють номери позицій на полічках ліній-виносок, які заходять на зображення деталі і закінчуються потовщенням у вигляді точки. Розміщують номери паралельно основному напису креслення.

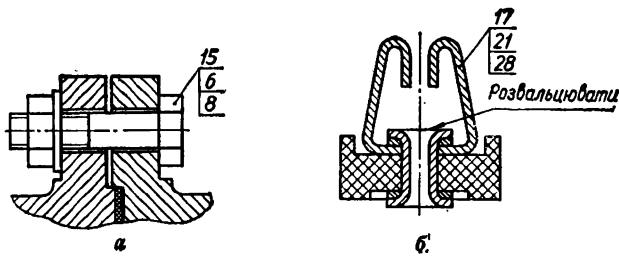


Рис. 364

поза контуром зображення, групуючи їх у рядок або в колонку по можливості на одній прямій.

Номер позиції проставляють на кресленні, як правило, тільки один раз. В разі потреби дозволяється повторювати номери позицій для однакових складових частин виробу. Цифри для номерів позицій мають бути на один-два розміри більшими за розмір шрифту, вибраного на тому самому кресленні для розмірних чисел.

Лінії-виноски і полочки їх виконують тонкими суцільними лініями, причому лінії-виноски повинні не перетинатися між собою і по можливості не бути паралельними лініям штриховки розрізів і перерізів.

Дозволяється проводити спільну лінію-виноску з вертикальним розміщенням номерів позицій для групи кріпильних деталей (болт, гайка, шайба тощо), що належить до однієї точки кріплення (рис. 364, а), або для групи деталей з добре виявленим взаємозв'язком, якщо від кожної деталі провести окрему лінію-виноску неможливо. В останньому випадку лінію-виноску проводять від закріпленої складової частини (рис. 364, б).

23.7. Специфікація (ГОСТ 2.108—68)

Специфікація — це документ, який визначає склад складальної одиниці, комплексу або комплекту, потрібний для виготовлення конструкторських документів і для запускання виробу у виробництво.

На кожну складальну одиницю виконують свою специфікацію на окремих аркушах за формою І (рис. 365) або Іа. Якщо складальне креслення виконано на форматі ІІ, дозволяється поєднувати специфікацію з самим кресленням (див. рис. 381).

У загальному вигляді специфікація складається з таких розділів: а) документація; б) комплекси; в) складальні одиниці; г) деталі; д) стандартні вироби; е) інші вироби; е) матеріали; ж) комплекти. Назву кожного розділу записують у специфікації у вигляді заголовка в графі «Назва» і підкреслюють. У навчальному кресленні найчастіше мають справу з розділами а), в), г), д), е) і е).

У розділ «Документація» заносять документи, що складають основний комплект конструкторських документів на специфікований виріб, крім самої специфікації. Документи записують у послідовності, наведених у ГОСТ 2.102—68, наприклад: складальне креслення, креслення загального вигляду, монтажне креслення, пояснювальна записка тощо.

тів виробу записують за однорідними групами, об'єднаними їх функціональним призначенням, наприклад: підшипники, кріпильні вироби, електротехнічні вироби і т. п. У межах кожної групи — в алфавітній послідовності їх назв, у межах назви — за зростанням номерів стандартів і, нарешті, у межах кожного номера стандарту — в порядку зростання основних параметрів виробу.

Наприклад, групу кріпильних деталей слід записувати в специфікацію за алфавітом, а саме: болти; гайки; шайби; шпильки тощо. У межах назви болти, наприклад, записують у послідовності зростання номерів стандартів; якщо номер той самий, — у послідовності зростання параметрів болтів, тобто зростання їх діаметрів і довжин.

У розділ «Матеріали» записують лише ті матеріали, які безпосередньо входять до складального виробу. Записувати їх слід у такій послідовності: а) чорні метали; б) кольорові метали; в) пластмаси; г) паперові і текстильні матеріали; д) деревні матеріали; е) гумові і шкіряні матеріали; є) лаки і фарби та ін. У специфікацію не записують такі матеріали, як, наприклад, лаки, фарби, електроди, припій, клей та ін., якщо кількість цих матеріалів визначає не конструктор, а технолог. Вказівку про ці матеріали роблять у технічних вимогах до креслення.

Розглянемо, як заповнюють окремі графи специфікації:

1. У графі «Формат» записують позначення формату, на якому виконано креслення деталі або інший конструкторський документ. Цю графу не заповнюють для розділів «Стандартні вироби», «Інші вироби» та «Матеріали». Для деталей, на які креслення не виготовлені, у цій графі слід писати «БЧ».

2. У графі «Зона» проставляють позначення зони, в якій розміщена певна складова частина виробу. Цю графу заповнюють лише для креслень, розподілених на зони.

3. У графі «Поз.» наводять порядкові номери складових частин виробу в послідовності записування їх у специфікацію. Для розділів «Документація» і «Комплекти» цю графу не заповнюють.

4. У графі «Позначення» записують позначення конструкторських документів на всі документи й вироби, занесені до специфікації. Не заповнюють цю графу для розділів «Стандартні вироби», «Інші вироби» та «Матеріали». Докладніше про позначення див. у § 23.8.

5. У графі «Назва» записують:

а) для документів, що входять в основний комплект документів специфікованого виробу, — лише їх назву, наприклад: «Складальне креслення», «Схема», «Технічні умови» і т. п.;

б) для складальних одиниць і деталей — їх назву згідно з основним написом на кресленнях цих виробів. Для деталей, на які не випущені креслення, показують не тільки назву, а й матеріал і розміри, за якими деталь виготовлена;

в) для стандартних виробів і матеріалів — їх назву і умовне позначення за відповідним стандартом або технічними умовами.

6. У графі «Кільк.» показують кількість складових частин, які входять до одного виробу, а для матеріалів — кількість матеріалу на один виріб з позначенням одиниці вимірювання.

7. У графі «Пімітка» наводять додаткові дані, що стосуються виробів, документів і матеріалів, занесених до специфікації. Для деталей, на які немає креслень, записують масу деталей.

Після кожного розділу специфікації залишають кілька вільних рядків.

Приклад розгорнутої специфікації виробу можна побачити на рис. 368.

23.8. Позначення креслень (ГОСТ 2.201—68)

Для всіх галузей машино- і приладобудування ГОСТ 2.201—68 введено знеособлена і предметно-знеособлена система позначень. Основою знеособленої системи є єдиний класифікатор, у якому кожний виріб, деталь, складова одиниця закодовані певним номером.

Перші чотири знаки загальної структури позначення креслень (рис. 366) визначають індекс організації-розроблювача. Цей індекс складається з букв або з букв і 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, далі йде 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: «СБ» — складальне креслення; «ВО» — креслення загального вигляду; «ЭО» — електросхема загальна; «ПЗ» — пояснювальна записка і т. ін.

Приклади позначень: АБВГ. 743835.926 СБ; АГБВ.176275.349.

Для навчальних креслень можна рекомендувати таку систему позначень: замість індексу організації-розроблювача скорочено записують позначення технікуму і проставляють букву «Ч», тобто «Креслення»; у знаках, які відведено для класифікаційної характеристики

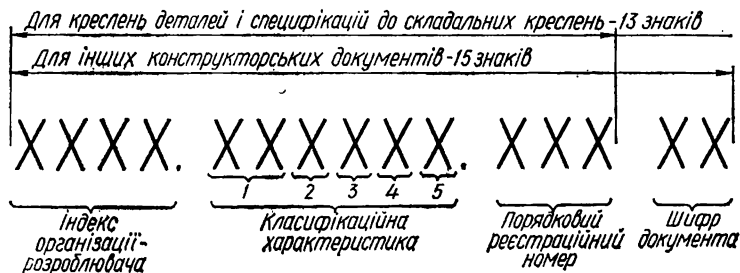
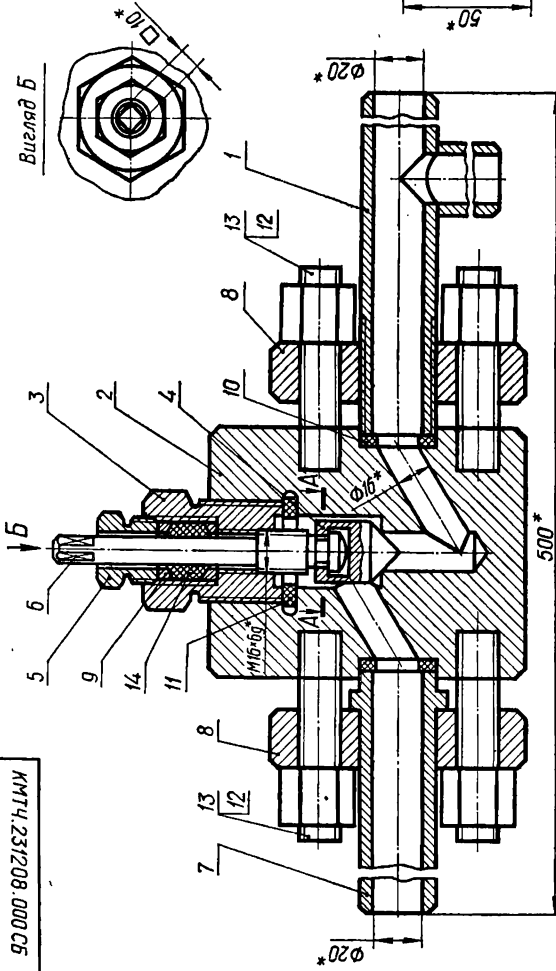


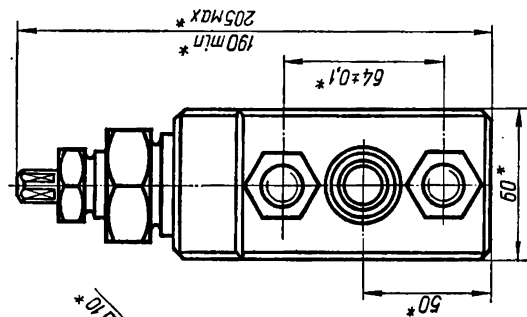
Рис. 366

КМТЧ.231208.000.05

Вигляд Б

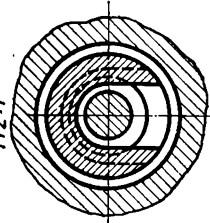


A-A
M2:1



1. Вентиль підв'язки гідролінійному виробовуванню
· від тиском 300 кгс/см²
2. * Розміри для добіток

КМТЧ.231208.000.05		Лит.	Маса	Укриття
Вентиль запірний		у		1:1
(р = 200 кгс/см ²)		Діаметр	Довжина	Діаметр
Складальне креслення		10.76	11.76	10.76
		Укриття	КМТ	Гр. АХТ-19
		Станд.		



Код документа	Знач.	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
11			КМТЧ.231208.000СБ	Складальне креслення		
				<u>Складальні офинші</u>		
11	1		КМТЧ.231208.020	Трійник	1	
				<u>Деталі</u>		
12	2		КМТЧ.231208.002	Карпус	1	
11	3		КМТЧ.231208.003	Кришка	1	
11	4		КМТЧ.231208.004	Клапан	1	
11	5		КМТЧ.231208.005	Гайка натискна	1	
11	6		КМТЧ.231208.006	Штук	1	
11	7		КМТЧ.231208.007	Штуцер	1	
11	8		КМТЧ.231208.008	Фланець	2	
11	9		КМТЧ.231208.009	Грундбукса	2	
64	10		КМТЧ.231208.010	Прокладка 32/16×2	2	D/d×S
				Параніт ПОН ГОСТ 481-71	0,02	кг
64	11		КМТЧ.231208.011	Прокладка 40/28×3	1	D/d×S
				Параніт ПОН ГОСТ 481-71	0,025	кг
				<u>Стандартні вироби</u>		
	12			Гайка М12.5.016 ГОСТ 15525-70	4	
	13			Шпилька М16×60 ГОСТ 11765-66	4	
				<u>Матеріали</u>		
	14			Шнур азбестовий Ф5 ГОСТ 1779-55	0,04	кг
КМТЧ.231208.000						
Змін.Адж	№ док.чм.	Піп.	Дата	Вентиль запірний	Літ.	Адкш
Розроб.	Греков М				И	Коршнів
Перевір.	Хаскін А		31.7.75			
И контр.					КМТ Гр. АХП-17	
Ктєвєр.						

Рис. 368

виробу, показують номер теми, варіант завдання і номер графічної роботи за програмою, затвердженою МВССО СРСР. Вільні знаки заповнюють цифрою «0». Наприклад, позначення «КМТЧ.220806.000» слід читати так: «Київський механічний технікум, креслення, тема 22 — зубчасті передачі, варіант 8-й, номер графічної роботи за програмою — 6-й». Номер теми можна брати або за програмою курсу креслення, або за підручником.

Для ескізів деталей до складальних креслень і для робочих креслень, виконаних за складальним, в останніх трьох знаках записують номер листа креслення, наприклад: «КМТЧ.231208.003».

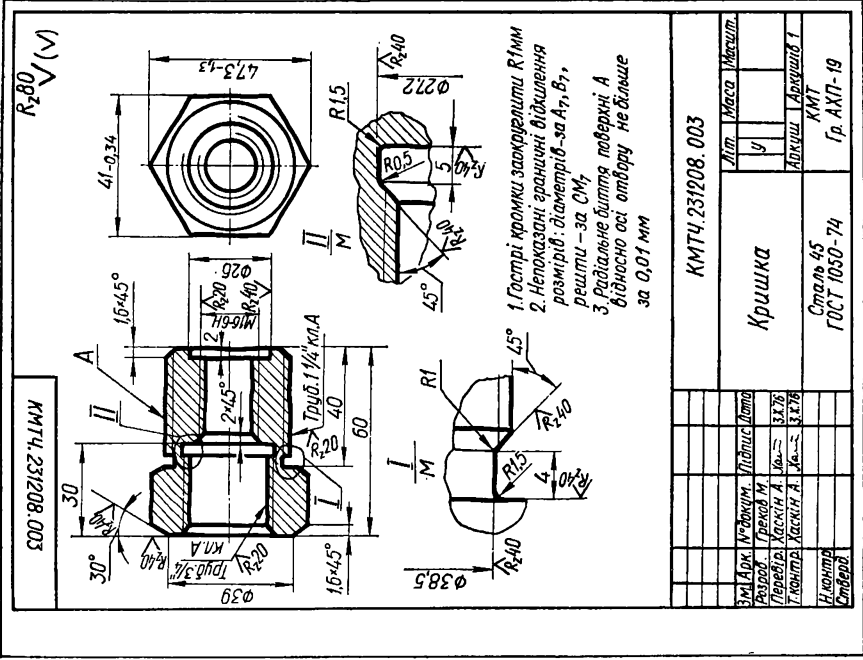


Рис. 370

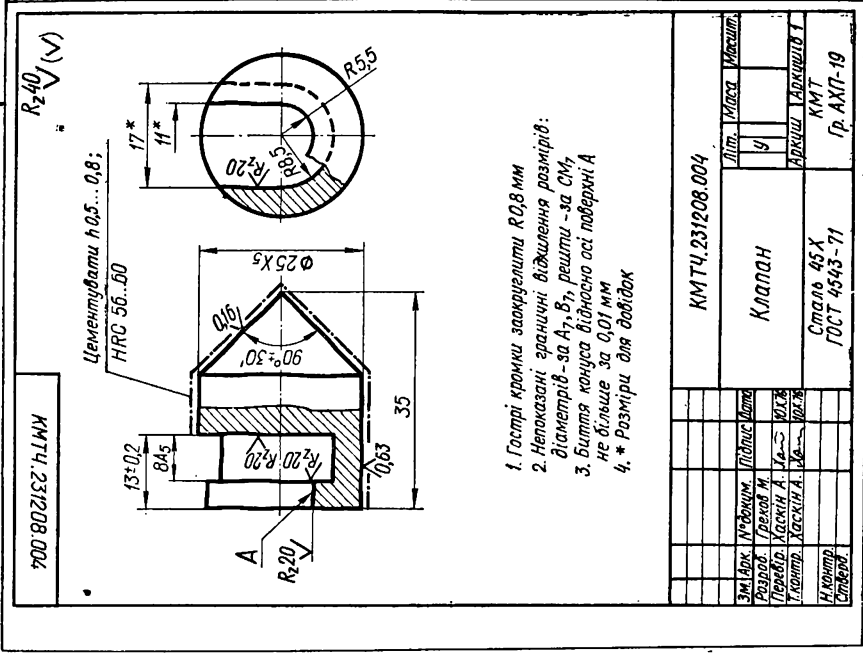


Рис. 371

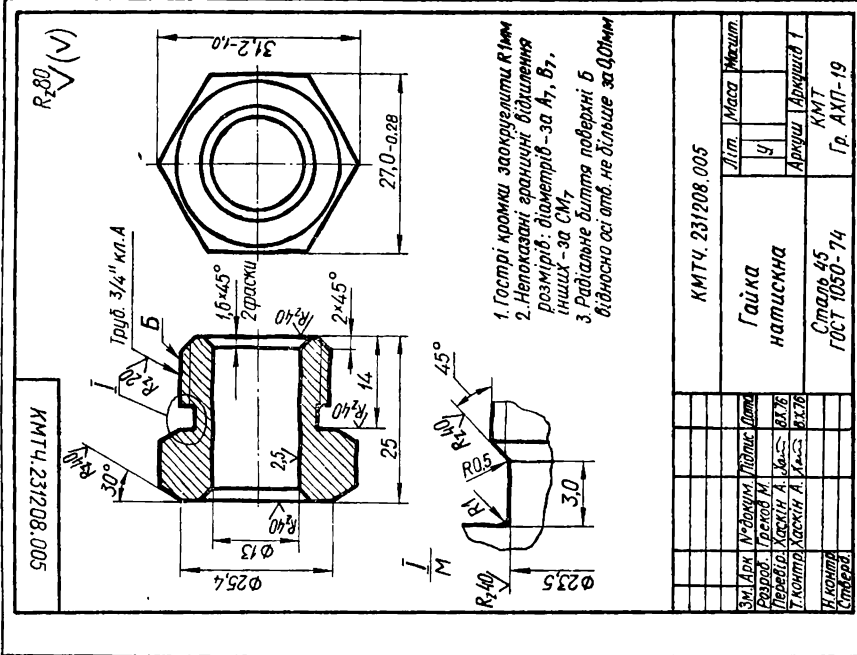


Рис. 372

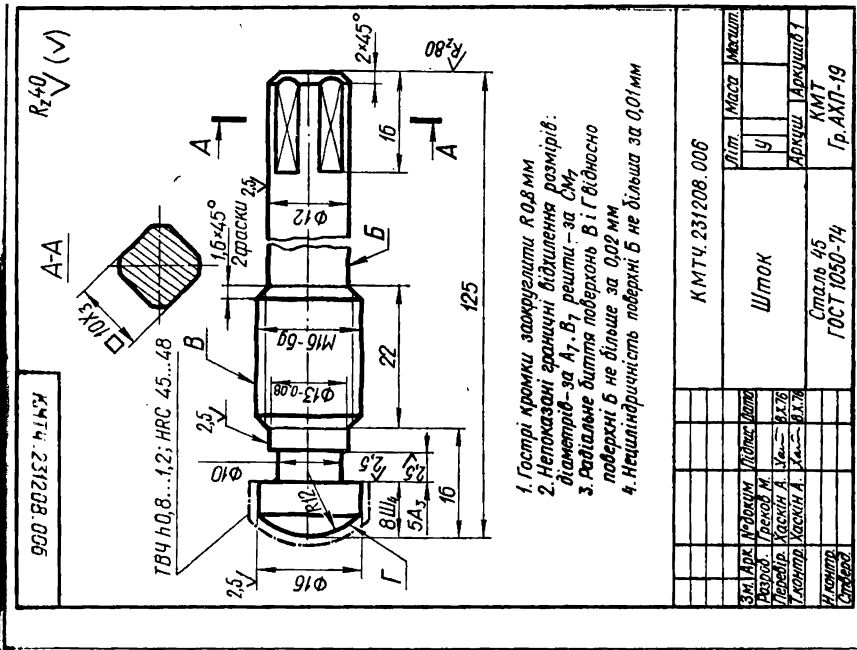


Рис. 373

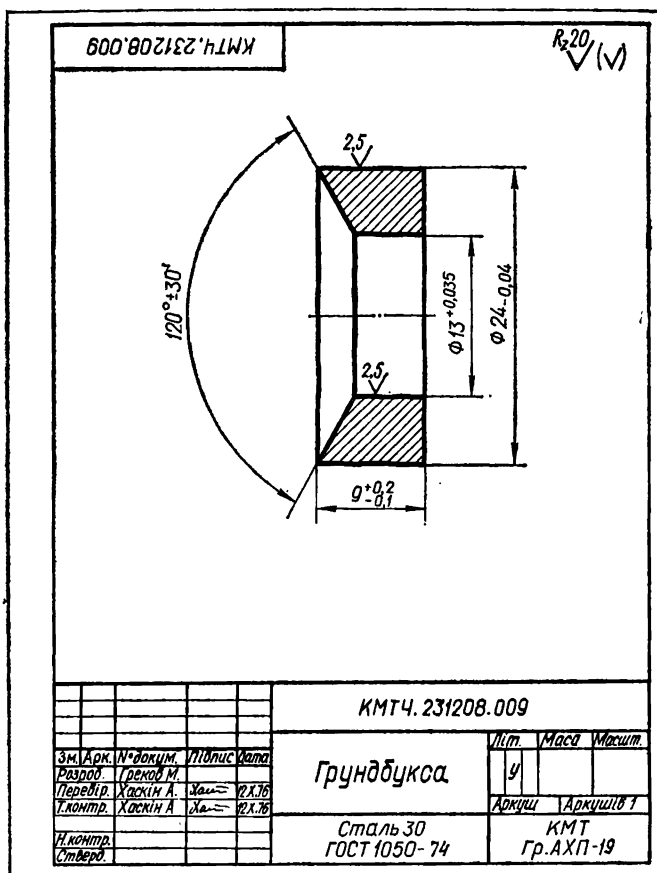


Рис. 376

23.9. Приклад виконання складального креслення вентиля

Запірний вентиль (рис. 367) розрахований на тиск до 200 кгс/см². Призначено його для подавання емульсії до гідравлічного преса. Перекривають вентиль, угвинчуючи шток 6 з клапаном 4, насадженим на кінці штока, у різьбу в кришці 3. Ущільнення штока досягають набивкою 14, яка підтискується двома грундбуksами 9 і натискною гайкою 5. Емульсія підводиться до вентиля по трійнику 1, закріпленому на різьбі 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.

Послідовність складання вентиля така. Спочатку складаємо кришку 3; для цього в кришку вгвинчуємо шток 6, вставляємо в сальникову камеру грундбуksу 9, закладаємо набивку 14, вставляємо другу грундбуksу і підтискуємо все це натискною гайкою 5; на нижній циліндричний кінець штока надіваємо клапан 4. Складаючи корпус, загвинчуємо в отвори з різьбою чотири шпильки 13 і вставляємо в пази прокладки 10, виготовлені з пароніту. Після цього загвинчуємо в корпус складену кришку і за допомогою гайок 12 кріпимо до корпусу фланець з трійником і штуцером.

На рис. 369—376 зображено ескізи всіх нестандартних деталей, на рис. 367 — складальне креслення вентиля, а на рис. 368 — його специфікацію.

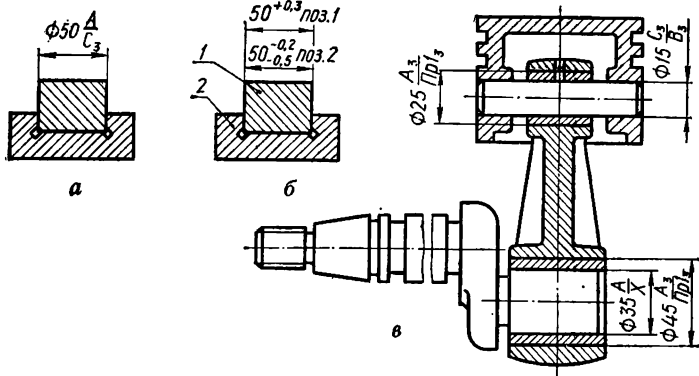


Рис. 377

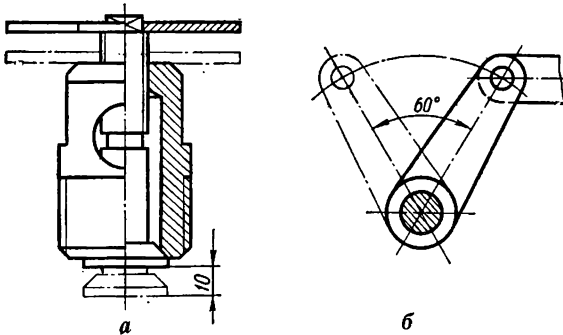


Рис. 378

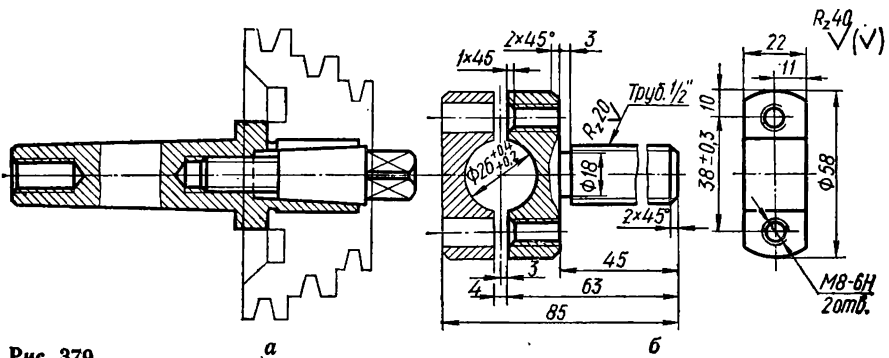


Рис. 379

23.10. Деякі особливості виконання складальних креслень

1. На складальних кресленнях позначають посадки, допуски і клас точності для спряжуваних деталей, остаточне оброблення і підганяння яких виконують під час складання. Умовне позначення виконують у вигляді дробу, в чисельнику якого наводять поле допуску отвору, а в знаменнику — поле допуску вала (рис. 377, а), або записують (так само) граничні відхилення отвору і вала. Можна пояснювати, яких саме деталей стосуються вказані граничні відхилення (рис. 377, б).

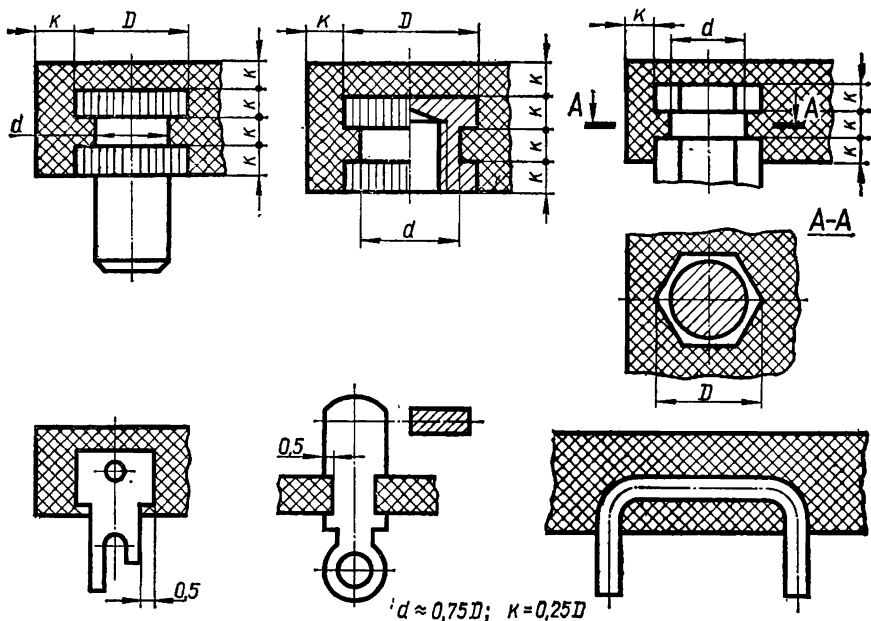


Рис. 380

На рис. 377, в наведено приклад нанесення допусків і посадок для кривошипно-повзунного механізму. Ці записи слід читати так: $\varnothing 25 \frac{A_3}{Pr1_3}$ — спряження втулки з шатуном виконано за першою пресо-вою посадкою третього класу точності в системі отвору; $\varnothing 35 \frac{A}{X}$ — спряження пальця кривошипа з втулкою виконано за ходовою посадкою 2-го класу точності в системі отвору і т. д.

2. На складальних кресленнях, якщо потрібно, рухомі частини механізмів (поршні, клапани, рукоятки тощо) показують у крайніх або проміжних положеннях. 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. 378, а, б).

3. У деяких випадках на складальному кресленні показують суміжні, пограничні деталі або вироби (так звану «обстановку») і в разі потреби наносять розміри, що характеризують взаємне їх розташування. Це роблять для того, щоб пояснити місце встановлення деталі або виробу, умови роботи конструкції, спосіб приєднання одного виробу до іншого тощо. Pogраничні деталі зображують тонкою суцільною лінією, причому вважають, що суміжні деталі не закривають видимого контура основної деталі або виробу. На рис. 379, а тонкими лініями показано контур деталі, закріпленої в пристрої, а на рис. 379, б як пограничну деталь показано кришку кронштейна доводчного верстата.

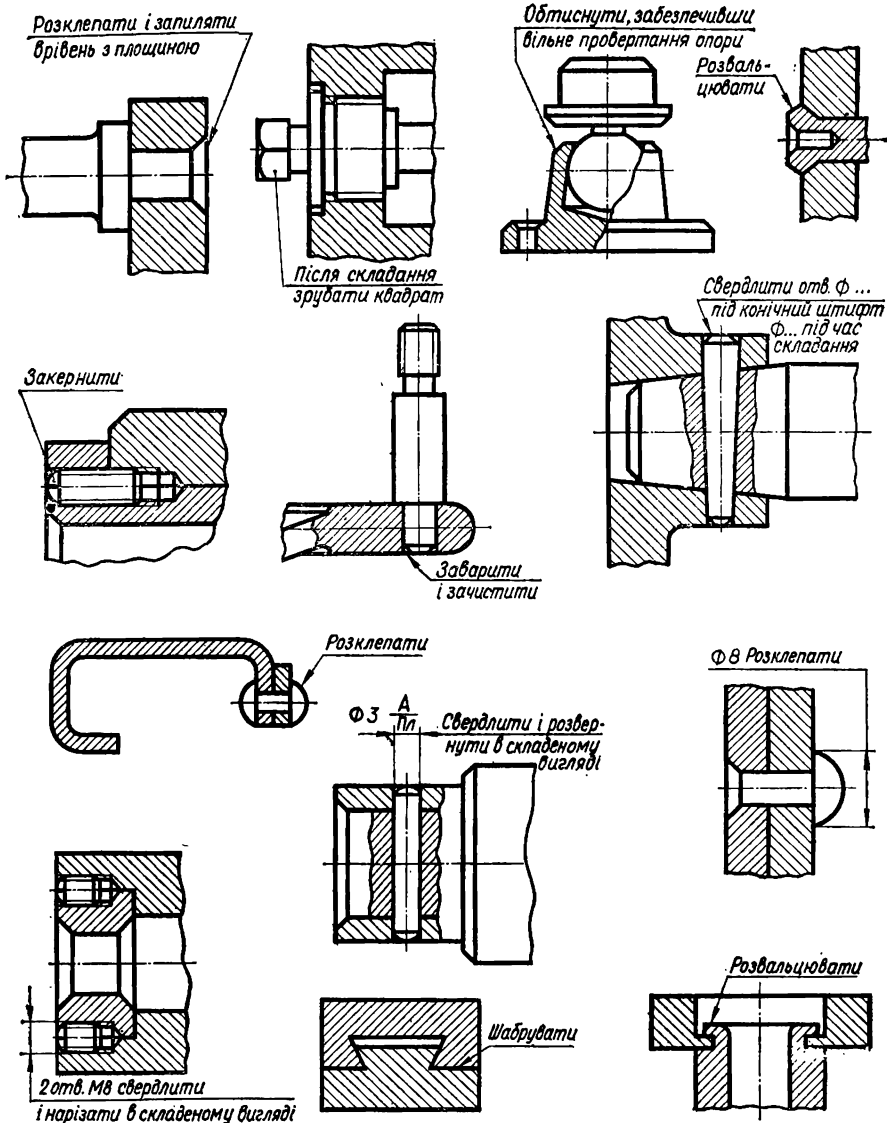


Рис. 383

4. У сучасній техніці є багато виробів, виготовлених наплавленням на деталь металу чи сплаву або заливанням поверхні деталі чи її елементів металом, сплавом, пластмасою, гумою тощо (рис. 380). У цих випадках на кресленнях складальних одиниць показують розміри поверхонь або елементів, які йдуть під наплавлення чи заливання, розміри готового виробу, дані про матеріал та ін. У специфікації до

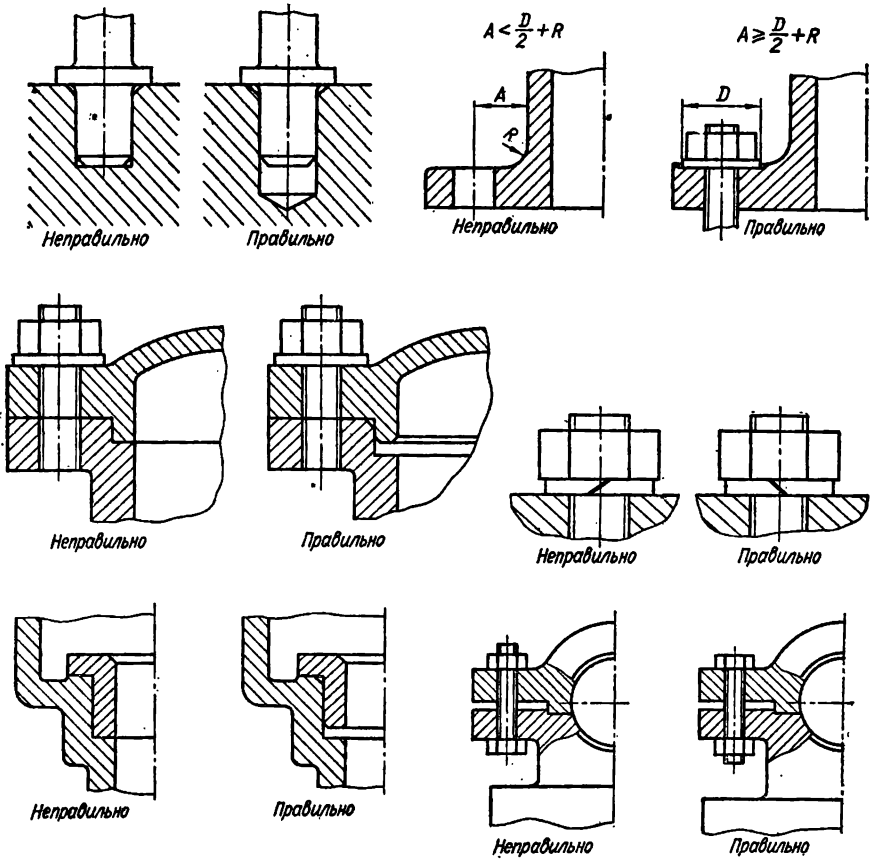


Рис. 384

креслення метал, сплав, пластмасу або гуму, якими заливають деталь, записують як матеріал, а в графі «Кільк.» показують їх масу.

На рис. 381 наведено приклад оформлення креслення армованого виробу — ручки, а на рис. 382 виконано робоче креслення стержня цієї ручки.

5. На складальних кресленнях виробів індивідуального виробництва дозволяється показувати дані про підготовку кромки для зварювання або паяння безпосередньо на самому зображенні або у вигляді виносного елемента.

6. Як відомо, деякі технологічні операції виконують під час складання виробу. Це так звані приганяльні операції. Їх виконують за допомогою спільної обробки з'єднаних деталей або підганянням однієї деталі до іншої за місцем її встановлення. У цих випадках на кресленні роблять написи, подібні до показаних на рис. 383.

7. На рис. 384 показано випадки правильного і неправильного виконання деяких конструктивних елементів.

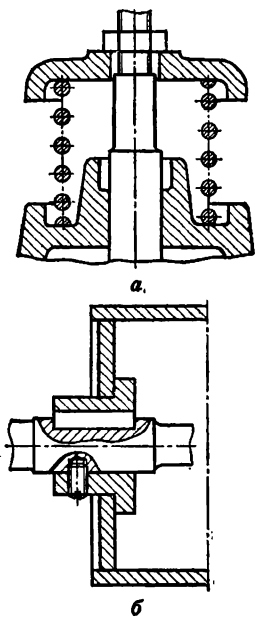


Рис. 385

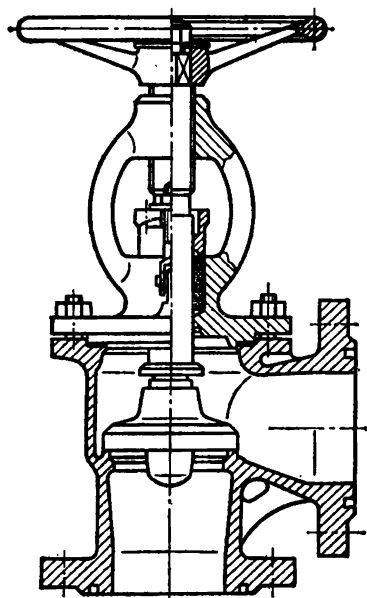


Рис. 386

23.11. Умовності і спрощення на складальних кресленнях (ГОСТ 2.109—73)

1. Допускається не показувати на складальних кресленнях таке: а) фаски, проточки, заокруглення, заглибини, накатку, насічку, уклони та інші дрібні елементи деталей; б) зазори між різьбовим стержнем і отвором; в) кожухи, кришки, перегородки, щитки та інші деталі, якщо треба показати закриті ними частини виробу. У цих випадках над зображенням слід робити напис типу «Кришка поз. 5 не показана»; г) видимі частини виробу, закриті сітками або частково іншими деталями, розміщеними попереду на зображенні; д) написи на табличках, фірмових планках, шкалах і т. п., зображуючи лише їх контур без відповідних написів і знаків.

2. Вироби з прозорих матеріалів показують на складальному кресленні як непрозорі. Проте в разі потреби дозволяється показувати стрілки приладів, внутрішню будову електронних ламп, шкали тощо, які лежать за прозорими предметами.

3. Частини виробу, що лежать за пружиною, зображеною в розрізі, показують лише до зони, обмеженої осьовими лініями перерізу витків пружини (рис. 385, а).

4. Якщо на якусь частину виробу виконано окреме складальне креслення, то цю частину в розрізі можна зобразити нерозсіченою або виконати її зображення спрощено. На рис. 386 показано нерозрізаний клапан на шпинделі вентиля.

5. Якщо складальне креслення включає зображення кількох однакових деталей, наприклад коліс, котків тощо, допускається по-

ністю креслити лише одну таку деталь, а інші зображувати спрощено або умовно.

6. У розрізах і перерізах зварні, паяні і клеєні вироби в з'єднанні з іншими виробами заштриховують як єдиний моноліт (рис. 385, б).

23.12. Зображення деяких типових складових частин виробу

Сальникові обладнання створюють герметичність при вщільненні отворів, крізь які проходять рухомі частини механізмів — вали, штоки, тяги тощо. Складається сальникове обладнання з кришки сальника або втулки, набивки і кріпильних деталей (рис. 387). Як набивку використовують прядиво, азбестовий шнур, металеву набивку з пружинами особливої конструкції тощо. Набивку вкладають у кільцеву порожнину між рухомою деталлю та стінками сальника і стискають в осьовому напрямі кришкою сальника. Набивка при цьому щільно прилягає до циліндричної поверхні вала або штока. Щоб набивка не продавлювалася крізь зазор між валом і кришкою, вкладають ґрундбоксу. Для затягування кришки сальника застосовують шпильки або болти — закладні (рис. 387, а) чи відкидні. На рис. 387, б набивка стискається втулкою сальника за допомогою накидної гайки, а на рис. 387, в — натискною втулкою-гайкою.

Зображуючи сальникове обладнання, застосовують деякі умовності: а) сальникову кришку або втулку зображують невставленими в сальникову порожнину; б) у розрізах набивку або не показують, або заштриховують як неметалевий матеріал; в) поверхні, якими стискається набивка, повинні мати конічну форму, щоб притискати набивку до поверхні вала; г) між циліндричними поверхнями сальникової кришки і штока показують зазор.

Кріплення клапанів (золотників) до штока (рис. 388) слід робити так, щоб забезпечити вільне повертання штока, тобто кріплення не повинно бути жорстким (повинно мати невеликий люфт). Це створить надійне прилягання клапана до гнізда. На рис. 388, а клапан обтискують по головці штока, на рис. 388, б його кріплять за допомогою натискної гайки, а на рис. 388, в — дротяною скобою.

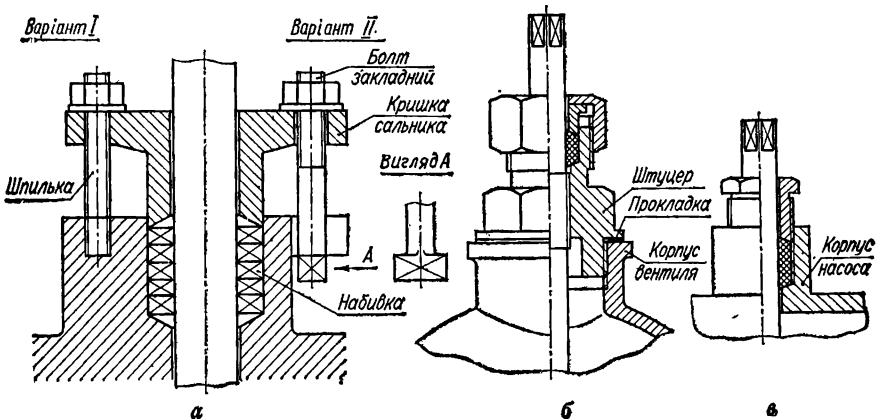


Рис. 387

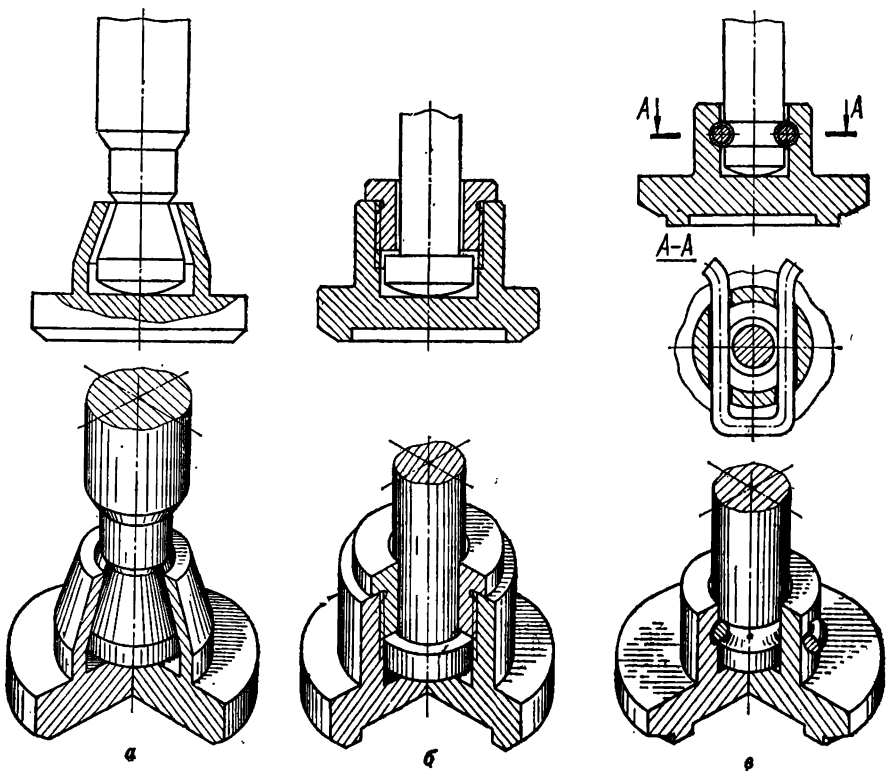


Рис. 388

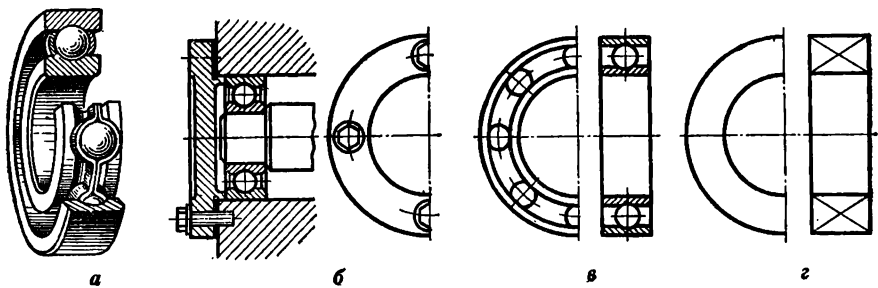


Рис. 389

Підшипниками називають опори валів і осей. Їх поділяють на підшипники ковзання і підшипники кочення. При зображенні підшипників ковзання слід звернути увагу на кріплення вкладишів у корпусі підшипника і на спосіб підведення мастила до тертьових поверхонь. Підшипники кочення (рис. 389, а) складаються з двох загартованих кілець — зовнішнього і внутрішнього, сепаратора і тіл кочення (кульок або роликів). Розміри підшипників стандартизовано. На кресленні їх зображують спрощено (рис. 389, б), умовно (рис. 389, в) або схематично (рис. 389, г) на схематичних кресленнях.

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Які креслення називають складальними?
2. Назвіть вимоги, які ставлять щодо складальних креслень.
3. В якій послідовності виконують з натури складальне креслення виробу?
4. Які розміри проставляють на складальному кресленні?
5. Як заповнюють специфікацію на складальному кресленні?
6. Перелічіть основні вимоги щодо проставляння на кресленнях номерів позицій окремих деталей.
7. Як умовно позначають на складальному кресленні посадки і граничні відхилення спряжених деталей?
8. Як зображують на кресленні рухомі деталі? контури пограничних деталей?
9. Які умовності і спрощення застосовують на складальних кресленнях?

§ 24. ЧИТАННЯ І ДЕТАЛЮВАННЯ СКЛАДАЛЬНИХ КРЕСЛЕНЬ

24.1. Послідовність читання складальних креслень

Деталюванням називають процес виконання робочих креслень окремих деталей виробу за складальним кресленням.

Деталювання є заключною роботою учнів з технічного креслення, в якій виявляється їх вміння читати креслення і застосовувати на практиці набуті знання та графічні навички. Можна намітити таку послідовність читання складальних креслень:

1. Прочитують основний напис і з нього дізнаються про назву виробу, його масу, масштаб зображення тощо; назва виробу деякою мірою розкриває його призначення. За конструкторськими документами, які прикладено до складального креслення, вивчають принцип роботи виробу, його технічну характеристику, вимоги до його виготовлення тощо.

2. Ознайомлюються зі специфікацією, розглядаючи її разом з кресленням виробу. Так дізнаються, з яких деталей складається виріб, яка їх кількість, назва, матеріал. З'ясовують, які саме стандартні деталі входять до виробу (кріпильні деталі, шарикопідшипники, маслянки тощо).

3. Вивчають складальне креслення в цілому, тобто уявляють, які на кресленні виконано вигляди (основні, місцеві, додаткові), 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 і додаткові вигляди.

4. Визначають розміри (габаритні, монтажні, встановлювальні та ін.), які нанесено на кресленні.

5. Вивчивши проєкції виробу в цілому, послідовно виділяють і вивчають форму кожної деталі. Спочатку деталь знаходять на тій проєкції, на якій нанесено номер її позиції, потім знаходять її проєкції 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.

6. 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.

7. Уявити за кресленням послідовність розбирання і складання 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.

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 поверхні, марку матеріалу, термічну обробку тощо.

Процес деталювання складається з підготовчої стадії і стадії безпосереднього виконання робочого креслення. Розглянемо докладніше ці стадії:

1. Перед початком роботи позначають у специфікації всі оригінальні деталі, бо стандартизовані, нормалізовані і покупні деталі з деталювання виключають.

2. Знаходять деталь на всіх зображеннях складального креслення, вивчають її зовнішню і внутрішню форми, визначають її габаритні розміри.

3. За ГОСТ 2.305—68 вибирають головне зображення деталі. Цим зображенням може бути вигляд, розріз або поєднання вигляду з розрізом (для симетричних деталей). Положення головного зображення деталі на робочому кресленні може й не відповідати її положенню на головному вигляді складального креслення. Вибираючи головне зображення деталі, слід додержувати вимог, наведених у § 20.2.

4. Намічають потрібну кількість зображень (виглядів, розрізів, перерізів, вносних елементів), виходячи з вимог стандарту 2.305—68. Кількість і характер зображень конкретної деталі на робочому кресленні може відповідати або не відповідати кількості зображень на складальному кресленні.

5. За ГОСТ 2.302—68 вибирають масштаб зображення. Не обов'язково додержувати одного масштабу для різних деталей виробу. Як правило, дрібні або складні за формою деталі виконують у збільшеному масштабі.

6. Вибирають формат (ГОСТ 2.301—68), потрібний для виконання робочого креслення деталі. Іноді використовують не лише основні, а й додаткові формати.

7. Намічають розміщення (компоновку) зображень кожної деталі на вибраному форматі.

8. Тонкими лініями будують зображення деталі — вигляди, розрізи, перерізи, додержуючи всіх вимог ГОСТ 2.305—68.

9. Проставляють розмірні і виносні лінії.

10. Використовуючи спеціально побудований графік масштабів, безпосереднім вимірюванням на складальному кресленні визначають справжні розміри всіх елементів деталі і проставляють ці розміри на робочому кресленні. Особливу увагу слід звернути на те, щоб розміри суміжних, спряжених деталей не мали розбіжності. Розміри деяких конструктивних елементів деталі (шпонкових пазів, фасок, проточок центрових гнізд тощо) треба перевірити за відповідними стандартами на ці елементи.

11. Наносять позначення шорсткості поверхні, виходячи з призначення деталі, технології її виготовлення й обробки.

12. Обводять креслення і заштриховують розрізи та перерізи.

13. Перевіряють креслення і, якщо потрібно, вносять відповідні зміни, креслять рамку, заповнюють основний напис, пишуть технічні вимоги тощо.

24.3. Деякі вимоги до деталювання складальних креслень

1. Виготовляючи складальні креслення для підручників і посібників друкарським способом, масштаб їх беруть звичайно зменшеним і довільним. Він не відповідає значенню, поданому в основному написі. Тому, щоб правильно зняти розміри елементів деталі на складальному кресленні і перенести їх на робоче, користуються спеціальним графіком пропорційного масштабу. Розглянемо побудову цього графіка (рис. 390) і користування ним на прикладі ступінчастого валика.

На міліметровому папері від точки *A* по горизонталі відкладаємо натуральну довжину валика, тобто 120 мм, і із знайденої точки *B* по вертикалі відкладаємо вимірну довжину валика на зображенні. Сполучивши точки *A* і *C*, дістаємо графік для побудови в масштабі 1 : 1. Користуємося цим графіком так: на рисунку беремо циркулем розмір, наприклад *d*, і знаходимо на графіку між лініями *AB* і *AC* 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.

2. 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. 391).

3. Виконуючи робочі креслення деталей, слід уважно стежити за узгодженням розмірів спряжених частин окремих деталей. Без цього неможливо забезпечити складання виробу. Наприклад, на складаль-

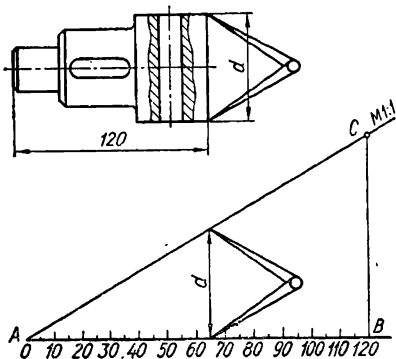


Рис. 390

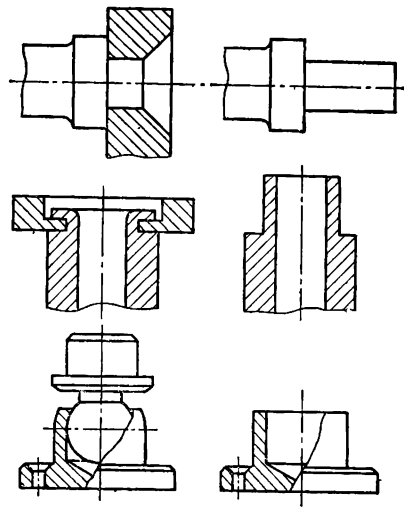


Рис. 391

ному кресленні (рис. 392 і 393) узгодженими повинні бути номінальні розміри зовнішньої циліндричної поверхні клапана і внутрішньої циліндричної поверхні штуцера тощо.

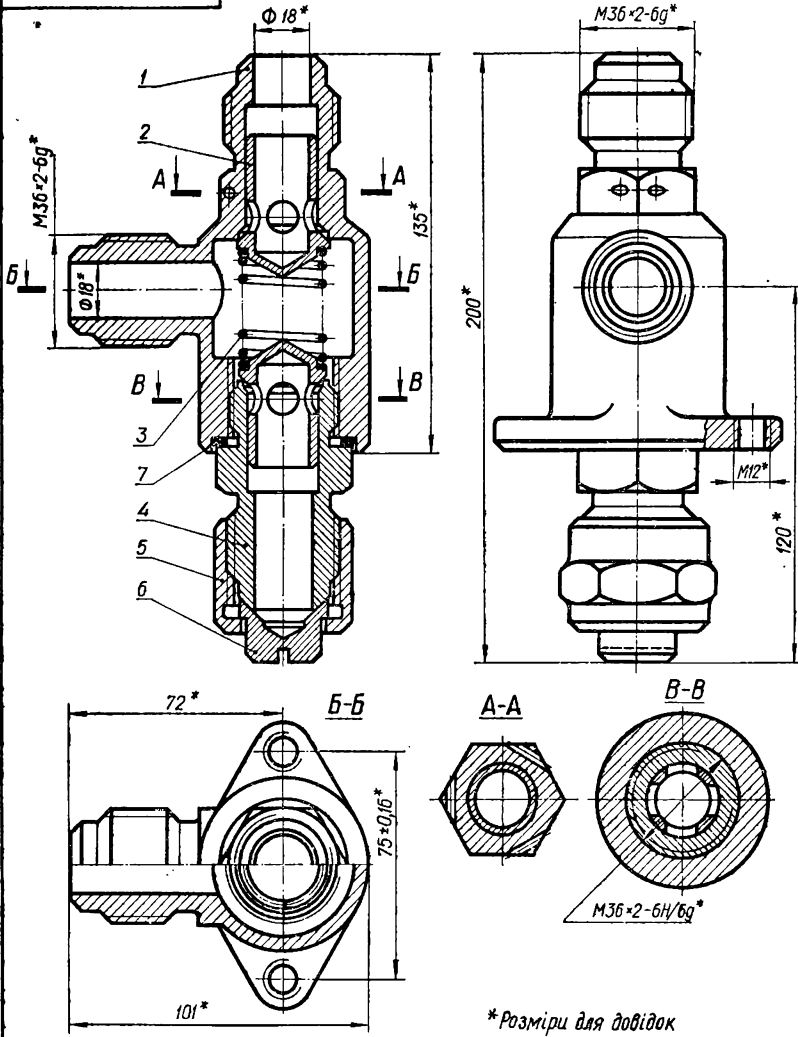
4. На робочому кресленні деталі треба відобразити й ті елементи, які на складальному кресленні або зовсім не показані, або зображені спрощено, умовно чи схематично. Наприклад, на складальному кресленні клапана (рис. 392) різьбовий отвір М12 показаний без фаски, а на робочому кресленні корпуса (рис. 394) фаску зображено. До робочого креслення пружини (рис. 396) додано діаграму механічної характеристики її, а також таблицю параметрів, чого, звичайно, немає на складальному кресленні, і т. п.

Пояснюється все це тим, що ГОСТ 2.305—68 рекомендує не виконувати на складальному кресленні деякі дрібні конструктивні елементи, якщо це не позначається на читанні його і не впливає на проведення складальних операцій. До таких елементів слід віднести: а) ливарні і штампувальні заокруглення, уклони і конусності; б) проточки, канавки для виходу різьбонарізного інструмента; в) зовнішні і внутрішні фаски; г) пружини і деякі інші деталі, які показують спрощено або схематично, тощо. Відповідні розміри цих елементів слід брати із спеціальних стандартів, про що була мова в § 20.1.

5. Розміри деяких елементів деталей, наприклад шпонкових пазів, шліців, гнізд під головки гвинтів, глухих отворів для шпилькових з'єднань, центрових гнізд, різьбових проточок тощо, слід брати не з складального креслення, а з відповідних спеціальних стандартів.

6. Всі лінійні розміри на робочому кресленні мають бути узгоджені з ГОСТ 6636—69 («Нормальні лінійні розміри»), а кутові — з ГОСТ 8908—58 («Нормальні кути»).

КМТЧ.241211.000.СБ



*Разміри для довідок

					КМТЧ.241211.000.СБ			
Зм	Арх	№ док	Підпис	Дата	Клапан подвійний зворотний Складальне креслення	Лит	Маса	Масштаб 1:1
Розроб	Штак А					У		
Перевір	Крот А			15.11.76		Архив		Архив № 7 КМТ Гр. АХІТ-19
Контр	Крот А			15.11.76				
Н.Контр								
Стверд								

Рис. 392

7. Деякі елементи деталей при зображенні на робочому кресленні слід показувати трохи в іншому вигляді, ніж на складальному. Наприклад, глухі різьбові отвори для шпильок та гвинтів на складальному кресленні показують спрощено — з різьбою, нарізаною до кінця отвору. На робочих кресленнях ці отвори слід показувати з урахуванням величини недорізу (ГОСТ 10549—63). На складальному кресленні не показують зазор між діаметром прохідного отвору і діаметром болта, гвинта чи шпильки. На робочому кресленні цей розмір показують з урахуванням складання (грубе чи точне) відповідно до ГОСТ 885—64 і деяке інше.

8. 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. Практика виробила деякі границі параметрів шорсткості для типових деталей: а) $R_{z20} \sqrt{0,63}$ — робочі поверхні зубів зубчастих коліс; б) $R_{z80} \sqrt{1,25}$ — привалкові поверхні корпусних деталей, пази, канавки, проточки; в) $0,32 \sqrt{0,16}$ — робочі поверхні поршневих циліндрів; г) $R_{z40} \sqrt{1,25}$ — отвори під болти, гвинти, штифти тощо.

24.4. Приклад читання і деталювання складального креслення виробу (рис. 392)

1. З основного напису бачимо, що на кресленні зображено подвійний зворотний клапан, який застосовується в гідравлічних системах. Принцип дії клапана: рідина під тиском надходить у верхній наконечник корпусу 1, стискає пружину 3, проходить крізь зазор, який утворюється між клапаном 2 і корпусом 1, і надходить через відвідний 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.

2. Із специфікації (рис. 393) бачимо, що клапан складається з семи деталей: корпусу і заглушки, двох однакових клапанів, пружини, штуцера, накидної гайки і, нарешті, прокладки з технічного картону. Стандартних деталей цей виріб не має.

3. Креслення подвійного зворотного клапана виконано в п'яти зображеннях. На місці головного вигляду зроблено простий повний фронтальний розріз площиною, що проходить через вісь симетрії клапана. Цей розріз дає змогу виявити внутрішню будову всіх деталей. На місці вигляду зверху зроблено поєднання вигляду з половиною повного простого горизонтального розрізу. Розріз виконано площиною $B - B$, що проходить через відвідний наконечник корпусу. На вигляді зліва бачимо зовнішню будову майже всіх деталей клапана. На цьому вигляді зроблено місцевий розріз, що відкриває отвір з різьбою на фланці корпусу.

Крім цих трьох основних зображень, виконано два виносні: переріз горизонтальною площиною $A - A$, який розкриває отвори в шестигранній поверхні корпусу для пломбування клапана після встановлення його в системі живлення, і переріз площиною $B - B$, який дає уявлення про спряження деталей і пояснює отвори в клапані.

4. На кресленні показано габаритні розміри 101 і 200 мм, установлювальний $75 \pm 0,16$ та монтажні $M12$ і $M36 \times 2 - 6g$. Діаметр $\varnothing 18$ — експлуатаційний розмір.

5. Клапан має лише рознімні різьбові з'єднання. Корпус і накидну гайку з'єднують із штуцером за допомогою метричної різьби $M36 \times 2 - 6g$. Щоб забез-

Формат	Зона	Поз.	Позначення	Назва	Кільк.	Примітка
				<u>Документація</u>		
12			КМТЧ.241211.000 СБ	Складальне креслення		
				<u>Деталі</u>		
12	1		КМТЧ.241211.001	Корпус	1	
11	2		КМТЧ.241211.002	Клапан	2	
11	3		КМТЧ.241211.003	Пружина	1	
11	4		КМТЧ.241211.004	Штуцер	1	
11	5		КМТЧ.241211.005	Гайка накидна	1	
11	6		КМТЧ.241211.006	Заглушка	1	
Б4	7		КМТЧ.241211.007	Прокладка 48*38*2	1	
				Картон 6-2 ГОСТ 9347-60		

КМТЧ.241211.000					
Зм. Арк.	№ док.	Підпис	Дата	Клапан подвійний зворотний	Лит. Арк.
Розроб.	Утвено				Група
Перевір.	Хаскин А.	Хаскин А.	05.11.78		КМТ
Н.контр.	Стевер				Гр. АХП-19

Рис. 393

печити 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 різьбі М36 × 2 — 6g.

6. Послідовність складання 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 стиснення, і її кінцеві витки трохи підтиснуті та підшліфовані.

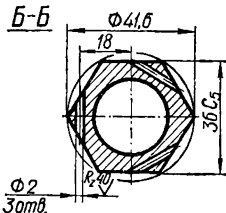
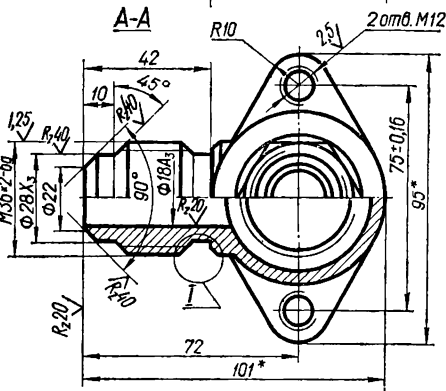
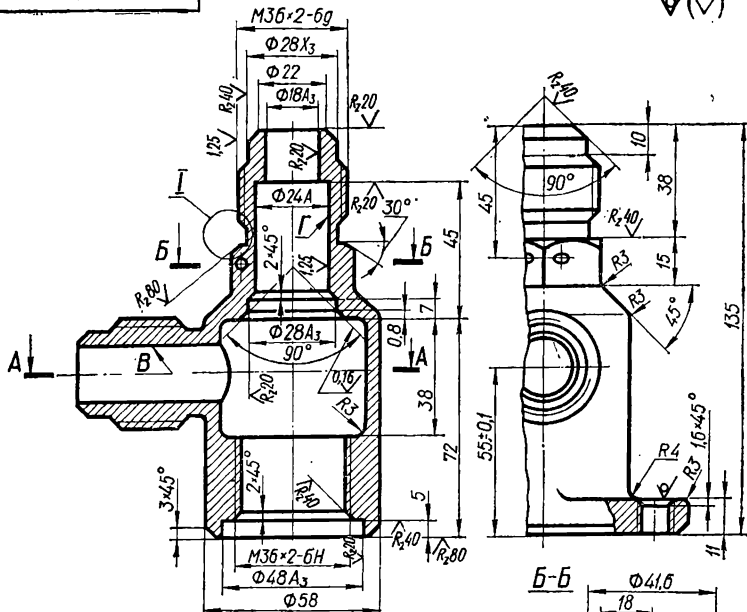
7. На рис. 394—399 зображено робочі креслення деталей, з яких складається подвійний зворотний клапан.

8. Переходять до вивчення форми кожної деталі. Розглянемо це на прикладі корпусу (рис. 394). 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 корпусу — порожнистий циліндр, який зліва і зверху закінчується циліндричними наконечниками з різьбою. У верхній частині корпус має форму шестигранника з отворами для пломбування. У нижній частині корпусу є овалоподібний фланець з двома різьбовими отворами. Наконечники закінчуються конічними фасками. В нижній частині корпусу має кільцеву виточку для прокладки. На корпусі монтують усі деталі клапана. Матеріал, з якого зроблено корпус, — бронза марки Бр. АМц 10-2.

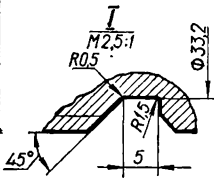
Аналогічно вивчаємо й інші деталі виробу.

КМТ4.241211.001

√(√)



1. Формувальні уклони за ГОСТ 3212-57
2. допуски на розміри виливків за III кл. точності ГОСТ 1855-55
3. Непоказані ливарні радіуси 2...3 мм.
4. Непоказані граничні відхилення розмірів механічно обробленої частини деталі: діаметрів - за А₉, В₉, решти - за СМ₉
5. Неперпендикулярність осі отв. В відносно осі отв. Г не більша за 0,04 мм
- 6.* Розміри для довідок



				КМТ4.241211.001			
Ім. Арх. №	Факсим.	Підпис	Дата	Корпус	Літ.	Маса	Масшт.
Розробив	Шпак Д.				у		1:1
Перевірив	Хаскін А.	Хаскін А.	11.11.76	Арктич 2	Арктичів		
Інж. констр.	Хаскін А.	Хаскін А.	11.11.76	Бр. А Ми 10-2		КМТ	
Н. констр.				ГОСТ 18175-72		Гр. АХП-19	
Стверд.							

Рис. 394

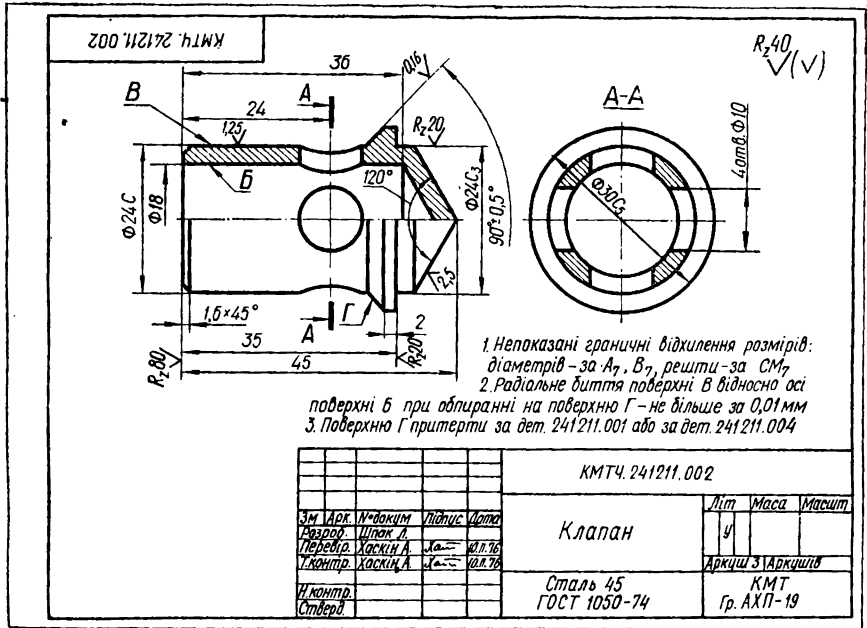


Рис. 395

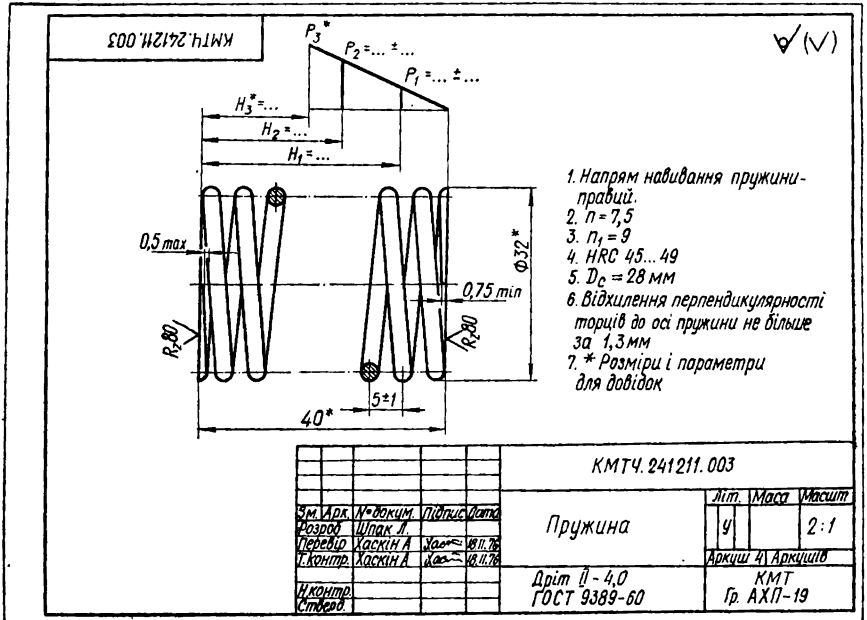


Рис. 396

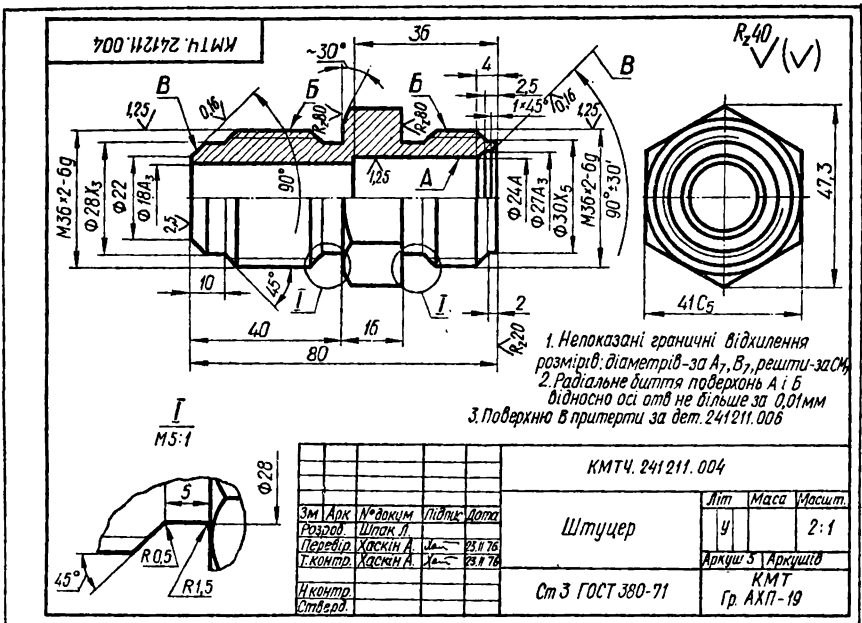


Рис. 397

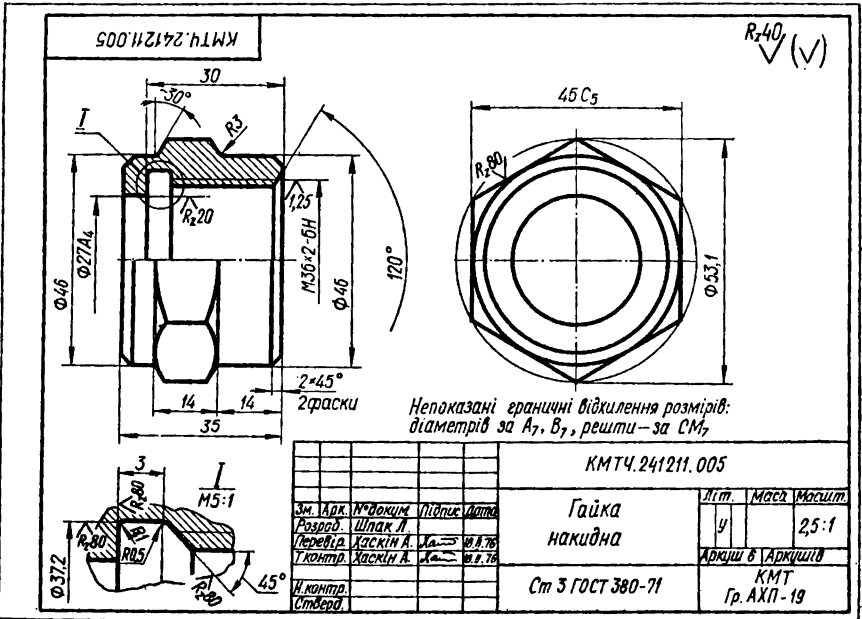


Рис. 398

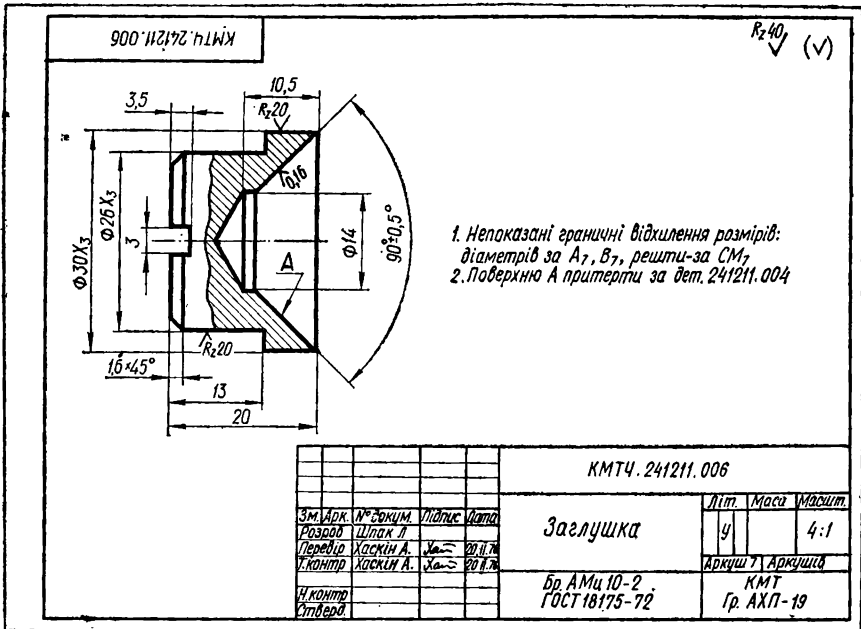


Рис. 399

ЗАПИТАННЯ ДЛЯ САМОПЕРЕВІРКИ

1. Яка послідовність читання складальних креслень?
2. Що називається деталюванням складального креслення?
3. З яких стадій складається процес деталювання?
4. Поясніть, що таке графік пропорційного масштабу і як ним користуються?
5. Що треба розуміти під терміном «узгодження розмірів спряжених деталей»?
6. Як на робочому кресленні деталі показують елементи, які не зображені на складальному кресленні (фаски, проточки, уклони, заокруглення тощо)?
7. Як за складальним кресленням виявляють шорсткість поверхонь деталі?

§ 25. СХЕМИ

25.1. Види і типи схем. Загальні вимоги до виконання схем (ГОСТ 2.701-68)

Схема — це креслення, на якому у вигляді умовних позначень або зображень показано складові частини виробу і зв'язок між ними.

Складається схема з елементів, пристроїв, функціональних груп і функціональних частин. *Елементи* — складові частини схеми (трансформатор, насос, резистор, дросель тощо), які виконують у виробі певні функції і які не можна розділити на окремі частини з самостійним функціональним призначенням. *Пристрій* — сукупність елементів, що являють єдину конструкцію (блок, механізм, плата). *Функціональна група* — сукупність елементів, що виконують у виробі певну функцію і не об'єднані в єдину конструкцію.

Залежно від елементів, що входять до складу виробу, і зв'язків між ними, схеми поділяють на такі види: електричні — Э, гідравлічні — Г, пневматичні — П, кінематичні — К, оптичні — Л, комбіновані — С. За основним призначенням схеми поділяють на такі типи: структурні — 1; функціональні — 2; принципіальні — 3; монтажні — 4; підключення — 5; загальні — 6; розташування — 7; інші — 8; суміщені — 0. У конструкторських документах схеми позначають шифром, який складається з букви і цифри, що показують її вид і тип, наприклад: КЗ — схема кінематична принципіальна; Э2 — схема електрична функціональна і т. д.

У підручнику розглянуто лише принципіальні схеми, які найчастіше застосовують у техніці і які виконують у навчальному завданні.

Принципіальна (повна) схема визначає повний склад елементів виробу і 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.

Розглянемо загальні вимоги, що ставлять до схем:

1. Схеми виконують на стандартних форматах без збереження масштабу і дійсного просторового розміщення складових частин виробу. Кількість і комплектиність 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.

2. На схемі, як правило, застосовують стандартизовані умовні графічні позначення елементів. Якщо ж креслять елемент, що не має стандартизованого позначення, на схемі дають відповідне пояснення.

3. Слід добиватися якнайменшого перетину і зламу ліній-зв'язків між елементами схеми. Відстань між паралельними лініями повинна бути не меншою за 3 мм.

4. Елементи виробу, що становлять окрему функціональну групу, дозволяється виділяти тонкою штрих-пунктирною лінією і надписувати назву цієї групи, наприклад: «Коробка швидкостей»; «Супорт» і т. п.

5. На схемах можна поміщати різні технічні дані, які характеризують схему в цілому або її окремі елементи. Біля графічних позначень елементів і пристроїв показують, наприклад, номінальні їх параметри, а на вільному полі схеми виконують діаграми, таблиці, роблять текстові написи тощо. Написи біля окремих елементів рекомендується виконувати справа або зверху від умовного знака.

6. 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».

7. Дозволяється виконувати схему в межах спрощеного зображення контуру виробу, наприклад контуру верстата. Цей контур виконують тонкою суцільною лінією.

Деякі умовні позначення на кінематичних схемах (ГОСТ 2.770—68)

Назва	Позначення	Назва	Позначення
Вал, стержень, вісь, шатун і т. п.		З'єднання деталі з валом:	
Нерухоме закріплення осі, стержня, пальця і т. п.		вільне при обертанні	
З'єднання стержнів:		рухоме без обертання	
жорстке		за допомогою втяжної шпонки	
шарнірне		глухе	
Підшипник ковзання і кочення на валу (без уточнення типу):		З'єднання двох валів:	
радіальний		глухе	
радіально-упорний однобічний		еластичне	
Підшипник ковзання:		шарнірне	
радіальний		Муфта зчеплення:	
радіально-упорний двобічний		кулачкова двобічна	
Підшипник кочення:		конусна однобічна	
радіальний (загальне позначення)		дискова однобічна	
радіальний роликовий		Гальмо:	
упорний кульковий одинарний		конусне	
		колодкове	
		Шків ступінчастий, закріплений на валу	

Назва	Позначення	Назва	Позначення
Передача плоским пасом відкрита		Передача зубчаста конічна (без уточнення типу зубів)	
Передача клиновидним пасом		Передача черв'ячна з циліндричним черв'яком	
Передача зубчаста циліндрична (зовнішнє зачеплення; без уточнення типу зубів)		Нерозмінна гайка на гвинті, який передає рух	

25.2. Кінематичні схеми

На кінематичній схемі треба показати всі кінематичні елементи виробу, відобразити кінематичні зв'язки механічного і немеханічного характеру між окремими парами, ланцюгами, групами елементів, показати зв'язок між механізмом і джерелом руху.

До кінематичних елементів належать вали, осі, підшипники, муфти, гальма, шків, зубчасті колеса, пасові передачі, черв'яки тощо. Креслять кінематичні схеми, як правило, у вигляді розгортки. Дозволяється вписувати схему в контур зображення виробу або викреслювати її в аксонометричній проекції.

Усі елементи на схемі виконують за графічними позначеннями ГОСТ 2.770—68. Частина цих позначень наведена в табл. 35. Креслять умовні позначення, не додержуючи масштабу зображення, але при повторюванні знаків виконувати їх треба однаково з 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 і т. ін. Якщо вали і осі на схемі перетинаються, то в місцях перетину лінії не переривають. 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 своєю окремою схемою,

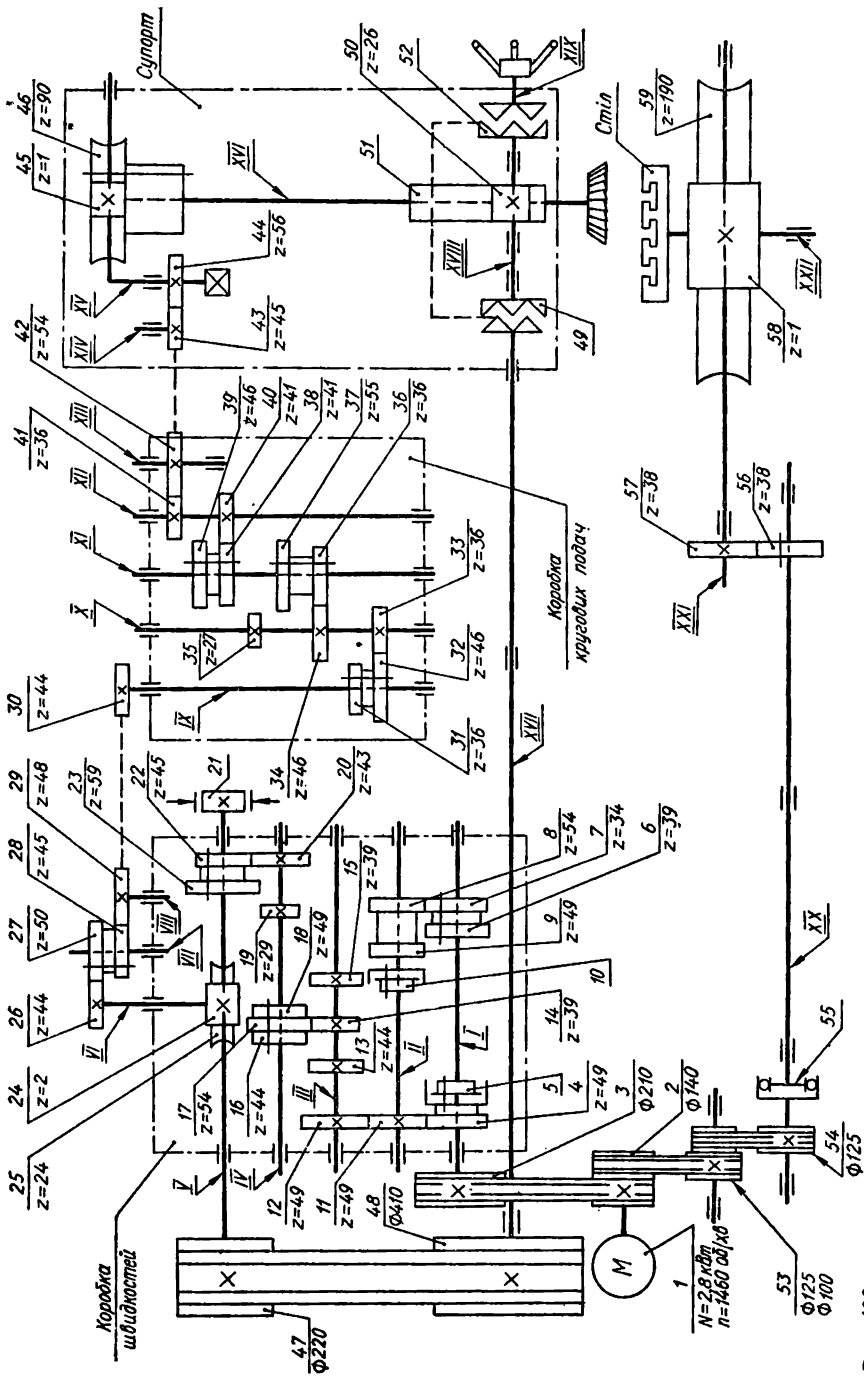


Рис. 400

дозволяється на кінематичній схемі виробу не показувати внутрішніх його зв'язків, а посилатись 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.

Вали, осі і стержні на кінематичній схемі зображують суцільними основними лініями завтовшки s ; підшипники, шківів, зубчасті колеса, черв'яки, гальма, зірочки — суцільними лініями завтовшки $s/2$; контур виробу, в який вписано схему, — суцільними тонкими лініями завтовшки $s/3$; кінематичні зв'язки між спряженими ланками пари, накресленими нарізно, — штриховими лініями завтовшки $s/2$; кінематичні зв'язки між елементами і групами немеханічного характеру (наприклад, електричні зв'язки) — подвійними штриховими лініями завтовшки $s/2$; розрахункові зв'язки між елементами — потрійними штриховими лініями завтовшки $s/2$.

На кінематичній схемі виробу дозволяється показувати таке: а) назву кожної кінематичної групи елементів, яка має певне функціональне призначення, наприклад: «Привод ланцюговий» тощо. Наносять назву на поличці лінії-виноски, проведеної від відповідної групи; б) основні характеристики і параметри кінематичних елементів, а саме: для двигунів — назву, тип, потужність, число обертів; для зубчастих коліс — число зубів і модуль; для шківів пасової передачі — діаметр; для черв'яка — модуль, число заходів, тип черв'яка; для зірочок — число зубів та крок ланцюга і т. д. Дозволяється на кінематичній схемі показувати граничні величини для чисел обертів вала, довідкові і розрахункові дані у вигляді графіків, таблиць, діаграм, які пояснюють зв'язки між окремими елементами, та ін.


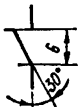


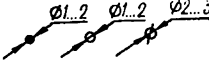

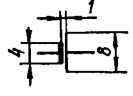
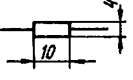

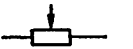
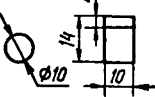


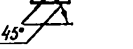
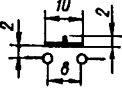

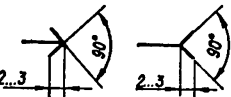

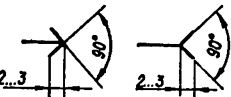
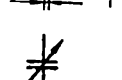
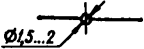
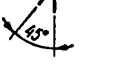
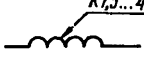
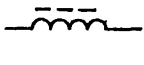
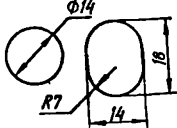
Кожному кінематичному елементу на схемі привласнюють порядковий номер, починаючи від джерела руху. Вали нумерують римськими цифрами, інші елементи — арабськими. Елементи покупних або запозичених механізмів, наприклад редуктора або варіатора, окремо не нумерують, а дають порядковий номер усьому механізму в цілому. Проставляють порядковий номер на поличці лінії-виноски. Під поличкою показують основні характеристики і параметри кінематичного елемента.

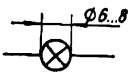
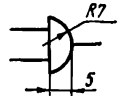
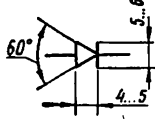
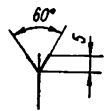
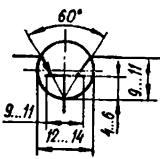
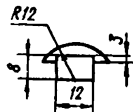

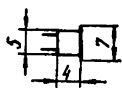
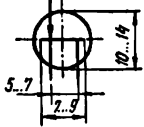

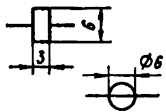
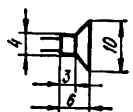

На рис. 400 зображено кінематичну схему верстата. Самостійно розгляньте і поясніть графічні позначення елементів схеми, зроблених написів тощо. Починати читання схеми слід з вивчення паспорта зображеного механізму. Після цього вивчають схему і кожний її елемент, користуючись таблицею умовних позначень. Спочатку знаходять на схемі двигун, що дає рух всім деталям механізму, а далі йдуть послідовно у напрямку передавання цього руху.

25.3. Електричні схеми (ГОСТ 2.702—68)

На принципальній електричній схемі зображують усі електричні елементи, потрібні для здійснення і контролю електричних процесів у виробі, показують електричні зв'язки між елементами, виконують

Деякі умовні позначення на електричних схемах

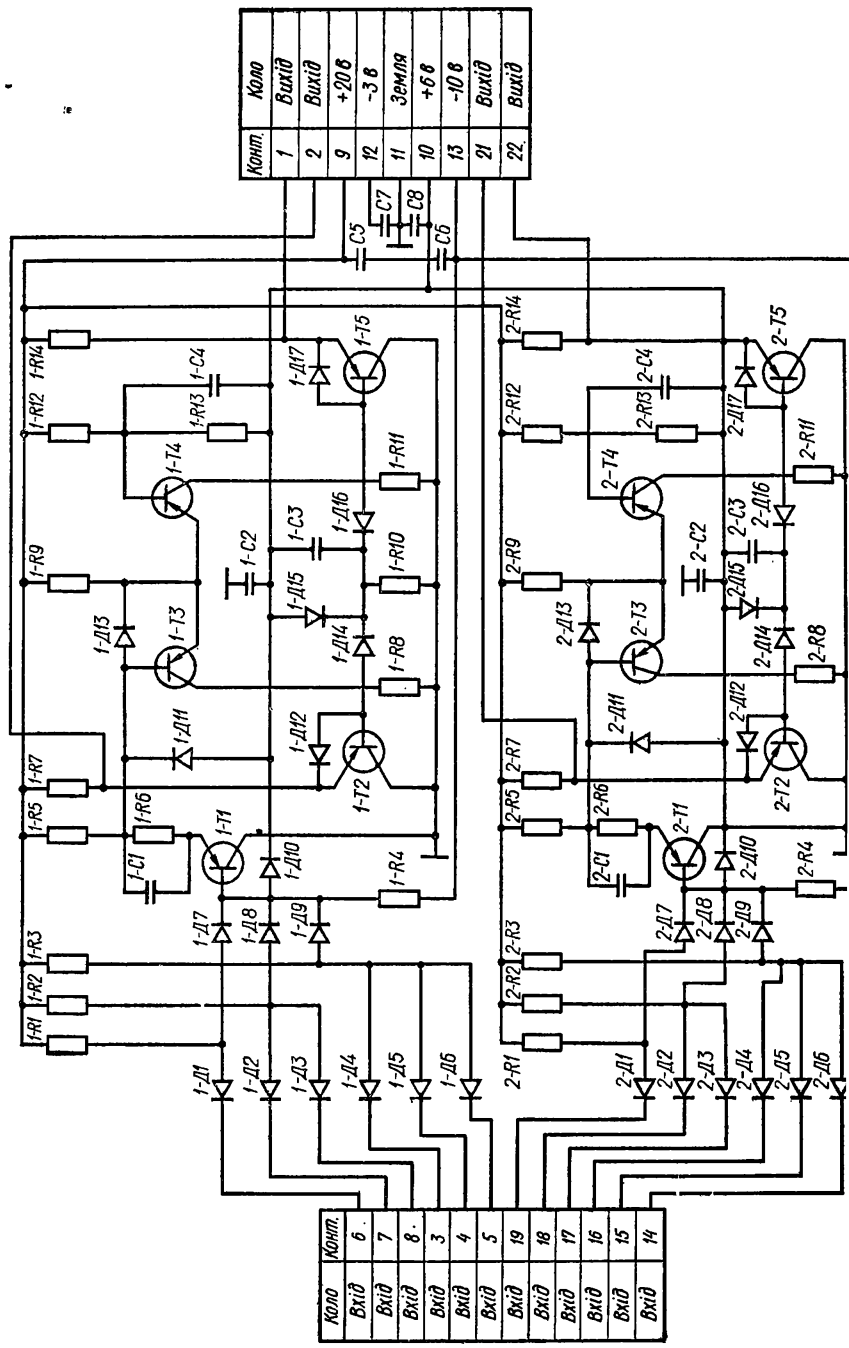
Назва	Позначення	Назва	Позначення
Корпус		Контакт комутаційний:	
Заземлення		замикаючий	
З'єднання електричне металеве		перемикаючий	
Елемент гальванічний або акумуляторний		Резистор:	
Термоелемент, термопара		загальне позначення	
Прилад вимірвальний		постійний	
Запобіжник плавкий		змінний	
Кнопка		Конденсатор:	
Контакт контактного з'єднання:		постійної ємності	
рознімного		електролітичний неполярний	
розбірного		змінної ємності	
		Котушка індуктивності, обмотка	
		Котушка індуктивності з магнітодіелектричним осердям	
		Балон електровакуумного приладу	

Назва	Позначення	Назва	Позначення
Лампа освітлювальна		Елемент логічний	
Діод (загальне позначення)		Антенa (загальне позначення)	
Триод: типу $p-n-p$		Апарат телефонний	
типу $n-p-n$		Телефон	
польовий		Мікрофон	
Хвилевод: прямокутний круглий		Гучномовець	
		Дзвінок електричний	

рознімання, затискачі і тому подібні елементи, якими закінчуються вхідні і вихідні лінії.

Графічні позначення електричних елементів на схемах виконують за ГОСТ 2.721—68...2.748—68 і ГОСТ 2.750—68, 2.751—68. Деякі з цих позначень наведено в табл. 36. Розміри, за якими виконують умовні графічні позначення, дає ГОСТ 2.747—68. Виконують графічні знаки в тому самому положенні і тією самою товщиною ліній, якою їх виконано в стандарті. Дозволяється повертати знаки на кут, кратний 90° . На схемі виріб показують у вимкненому положенні.

Застосовують два способи зображення умовних знаків на схемах: суміщений і рознесений. При першому способі всі складові частини схеми креслять у безпосередній близькості одна від одної. У другому



Конт.	Коло
1	Вх10
2	Вх10
9	+20 В
12	-3 В
11	Земля
10	+6 В
13	-10 В
21	Вх10
22	Вх10

Коло	Конт.
6	1-Д1
7	1-Д2
8	1-Д3
3	1-Д4
4	1-Д5
5	1-Д6
19	2-Д1
18	2-Д2
17	2-Д3
16	2-Д4
15	2-Д5
14	2-Д6

Поз. Позначення	Позначення	Назва	Кільк	Примітка
R1...R3		Резистор МТ-0,25-56к±5%-Б ГОСТ 713-66	6	
R4		" МТ-0,25-10к±5%-Б "	2	
R5		" МЛТ-0,5-2,4к±5% "	2	
R6		" МЛТ-0,25-510±5% "	2	
R7		" МТ-0,25-6,2к±5%-Б "	2	
R8		" МЛТ-0,25-560±5% "	2	
R9		" МЛТ-0,5-1,1к±5% "	2	
R10		" МЛТ-0,25-510±5% "	2	
R11		" МЛТ-0,25-560±5% "	2	
R12		" МЛТ-0,25-3к±5% "	2	
R13		" МЛТ-0,25-100±5% "	2	
R14		" МТ-0,25-6,2±5%-Б "	2	
C1		Конденс. КТ-1а-М1300-150±10%-10Ж0.460.0247У	2	
C2		" КЛС-1Е-а-Н70-6800±20% ОЖ0.460.0317У	2	
C3		" КЛС-1Е-а-Н70-3300±20% ОЖ0.460.0317У	2	
C4		" КЛС-1Е-а-Н70-3300±20% ОЖ0.460.0317У	2	
C5...C8		" КПМ-3-Н-22000±20% ОЖ0.460.0447У	4	
D1...D6		Діод напівпровідниковий Д10БТТ3.362.0007У	12	
D7...D9		" " Д10АТТ3.362.0007У	6	
D10		" " Д10БТТ3.362.0007У	2	
D11		" " Д10БТТ3.362.0007У	2	
D12		" " Д311ТТ3.362.0007У	2	
D13		" " Д10АТТ3.362.0007У	2	
D14		" " Д311ТТ3.362.0007У	2	
D15		" " Д10А ТТ3.362.0007У	2	
D16		" " Д10Б ТТ3.362.0007У	2	
D17		" " Д10А ТТ3.362.0007У	2	
T1...T5		Транзистор П416Б ШПЗ.365.0017У	10	

Рис. 401

способі, який застосовують найчастіше, графічні знаки на схемі розміщують окремими лініями (ланцюгами). Елементи, що входять до одного ланцюга, зображують послідовно по прямій, а окремі лінії розміщують одну під другою рядковим способом.

Схеми виконують в однолінійному або багатолінійному зображенні. Умовні позначення слід розміщувати так, щоб схему можна було

прочитати якнайлегше. Для цього електричні зв'язки між елементами слід показувати найкоротшими горизонтальними і вертикальними лініями з мінімальною кількістю їх перетинів.

Кожний електричний елемент, зображений на схемі, повинен мати позначення. Стандартом передбачено дві системи позначень: буквено-цифрову позиційну і цифрову позиційну, яка являє собою наскрізну нумерацію всіх елементів, починаючи з одиниці. Остання система є лише допустимою.

Буквено-цифрова система полягає в тому, що кожному елементу схеми відповідно до стандарту дають буквене позначення, наприклад: *R* — резистор; *C* — конденсатор; *L* — котушка індуктивності; *A* — амперметр; *V* — вольтметр; *Ан* — антена; *Г* — генератор; *Д* — діод напівпровідниковий; *Др* — дросель; *Кн* — кнопка; *Л* — прилад електронний (лампа, трубка); *М* — двигун; *ПК* — пристосування контактне; *ПП* — прилад напівпровідниковий; *Пр* — запобіжник; *Р* — реле; *Сс* — сельсин; *Т* — тріод напівпровідниковий; *Тр* — трансформатор та ін. Якщо схема має кілька елементів того самого типу, то їх слід позначати порядковими номерами, починаючи з одиниці, у межах всіх елементів, зображених на схемі, з однаковими позначеннями, наприклад: *R1, R2, R3, ...*; *C1, C2, C3, ...*. Цифри порядкових номерів виконують однакової висоти з буквами. Позначення проставляють безпосередньо біля графічного знака, по можливості зверху або з правого боку від нього.

На принципіальній схемі має бути таблиця переліку всіх елементів, що входять до неї. Таблицю щодо форми і розмірів виконують за рис. 401. Її розміщують або на самій схемі, або на окремих форматах. Елементи записують у таблицю по окремих групах у наведеному вище порядку, тобто спочатку резистори, потім конденсатори і т. д. У межах кожної групи елементи слід записувати в послідовності зростання їх порядкових номерів. На рис. 401 наведено приклад принципіальної схеми радіоелектричного приладу.

§ 26. ЕЛЕМЕНТИ БУДІВЕЛЬНОГО КРЕСЛЕННЯ

26.1. Види будівельних креслень

Залежно від зображуваних об'єктів будівельні креслення поділяють на інженерно-будівельні і архітектурно-будівельні. До інженерно-будівельних належать креслення мостів, гребель, залізничних шляхів і т. п.; до архітектурно-будівельних — креслення будинків, цехів, шкіл, театрів тощо.

Проектують будівництво звичайно у дві стадії: а) розробка проектного завдання; б) розробка робочих креслень. До складу проектного завдання входять розробка планів, фасадів, розрізів будівлі, креслення генерального плану і т. п. без деталізації конструкції, складання кошторисно-фінансового розрахунку вартості будівлі та інші техніко-економічні показники. На основі затвердженого проектного завдання виконують робочі креслення — плани і перерізи фундаментів, плани

перекриттів і кроков, розгортки стін з каналами, монтажні схеми, плани поверхів, деталі конструкцій і вузлів та ін.

Проекти сучасних будинків і споруд поділяють на окремі частини. Робочим кресленням кожної з частин привласнюють певне буквене позначення — марку, наприклад: АС — архітектурно-будівельні креслення; СТ — санітарно-технічні; Д — креслення окремих деталей; Т — типові деталі, КЖ — конструкції залізобетонні, КМ — сталеві конструкції та ін.

Застосування єдиної модульної системи (ЄМС) сприяє типізації і стандартизації у виробництві будівельних деталей і у самому будівництві. Суть ЄМС полягає в тому, що розміри конструктивних і об'ємно-планувальних елементів беруть кратними до основного модуля — 100 мм. Збільшені модулі мають розміри 200, 300, 600, 1200, 1500, 3000 і 6000 мм і позначають їх відповідно 2М, 3М, 6М, 12М, 15М, 30М і 60М.

У сучасному будівництві широко застосовують типові проекти та конструкції, збірний залізобетон і деталі заводського виготовлення. Індустріальний спосіб будівництва полягає в тому, що за допомогою монтажних схем на будівельних майданчиках будинки складають з елементів заводського виготовлення.

26.2. Оформлення будівельних креслень

Будівельні креслення виконують на аркушах стандартних форматів за ГОСТ 2.301—68. Масштаби будівельних креслень вибирають залежно від розмірів зображуваного об'єкта, призначення креслення, стадії проектування тощо. Наприклад, генеральні плани найчастіше виконують у масштабах 1 : 2000 і 1 : 1000; плани поверхів — у масштабах 1 : 200 і 1 : 100; фасади, плани фундаментів — у масштабах 1 : 200 і 1 : 100; основні розрізи — у масштабах 1 : 100 і 1 : 50; деталі конструкцій — у масштабах 1 : 5, 1 : 10 і 1 : 20 тощо.

У будівельному кресленні використовують типи ліній, установлені ГОСТ 2.303—68, проте не всі лінії видимого контуру виконують однакової товщини. Керуються таким правилом: елемент, який треба виділити при наявності на кресленні інших ліній видимого контуру, обводять товстішою лінією. Наприклад, на планах перекриттів потовщеними лініями креслять елементи перекриття, а контури стін обводять тоншими лініями; на арматурних кресленнях залізобетонних конструкцій потовщеною лінією показують арматуру. На розрізах елементи конструкції, що потрапили в січну площину, виконують товстішою лінією, ніж елементи, що лежать за січною площиною. Наприклад, на кресленні будівлі в масштабі 1 : 100 елементи, що потрапили в січну площину, виконують лінією завтовшки 1 мм, а елементи, що лежать за січною площиною, — лінією завтовшки 0,3 мм; контур будівлі на фасаді обводять лінією завтовшки 0,8 мм; вікна на фасаді — лінією 0,3 мм, устаткування на планах — лінією 0,2 мм і т. д. Лінії виносні, розмірні, осьові, штрихові виконують за вимогами ГОСТ 2.303—68.

Розміри на планах, розрізах і на фасадах проставляють, як правило, в міліметрах, а на генеральних планах — у метрах. Відносні позначки

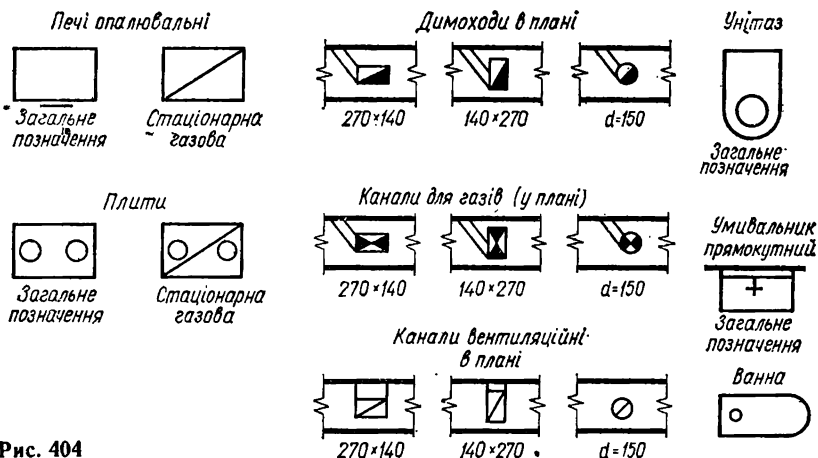


Рис. 404

рівня, тобто висоти над рівнем підлоги, проставляють у метрах; площу кімнат і цехів — у квадратних метрах. Проставляють розміри у вигляді замкнутого ланцюжка, причому їх можна повторювати і контролювати. Замість стрілок, розмірні лінії закінчують косими штрихами-засічками. Розмірні лінії можуть перетинатися.

Написи на будівельних кресленнях виконують креслярським шрифтом за ГОСТ 2.304—68.

26.3. Умовні графічні позначення

На будівельних кресленнях широко застосовують умовні позначення. Деякі позначення будівельних матеріалів за ГОСТ 2.306—68 наведено на рис. 402. У разі потреби матеріали заштриховують не лише в перерізі, а й на фасаді, як це зображено для цегли і металу. Цю штриховку виконують окремими ділянками біля контурної лінії. У будівельній практиці застосовують і фарбування матеріалів у різні кольори.

Умовні графічні позначення елементів будівель за ГОСТ 11691—66 і 11628—65 наведено на рис. 403, 404. На умовних позначеннях показують напрям відкриття стулків дверей, вікон, місце їх кріплення тощо. На плані сходової клітки стрілка показує напрям марша вгору. На позначенні димоходів і вентиляційних каналів показують розміри їх перерізів.

26.4. Елементи будинків

Фундамент — це підземна частина будівлі, яка передає навантаження на глибинні шари ґрунту — основу будівлі. Площина, що обмежує фундамент знизу, називається *підшовою*, а верхня площина — *обрізом*.

Глибина закладання фундаменту залежить від складу ґрунту, глибини його промерзання, рельєфу будівельного майданчика, конструк-

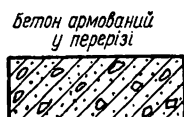
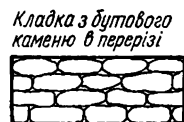
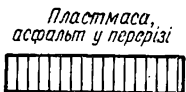
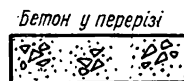


Рис. 402

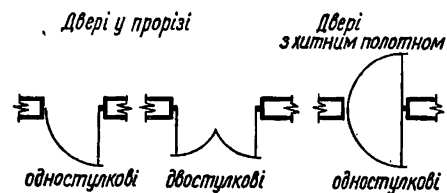
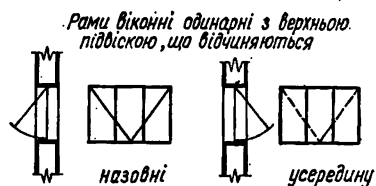
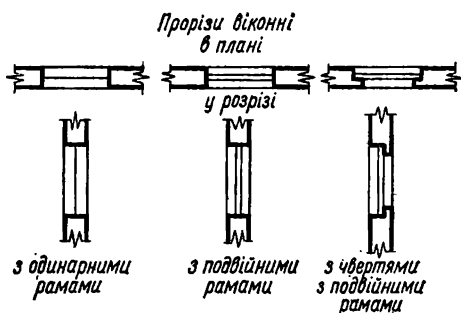
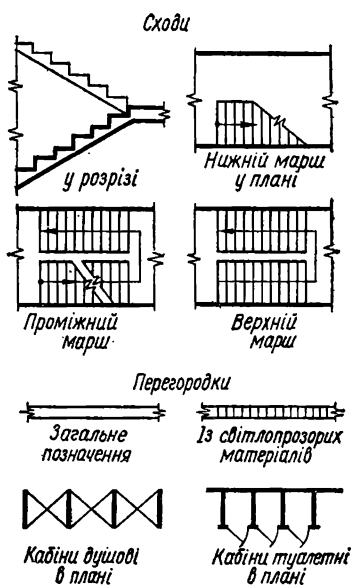


Рис. 403



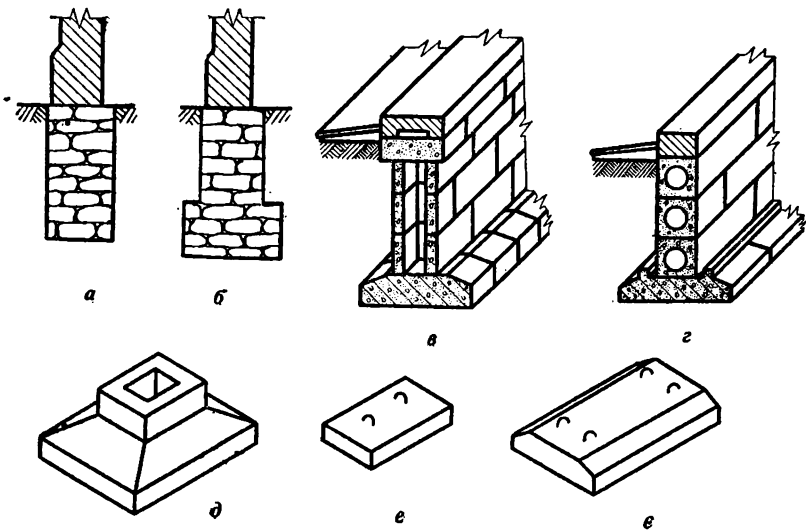


Рис. 405

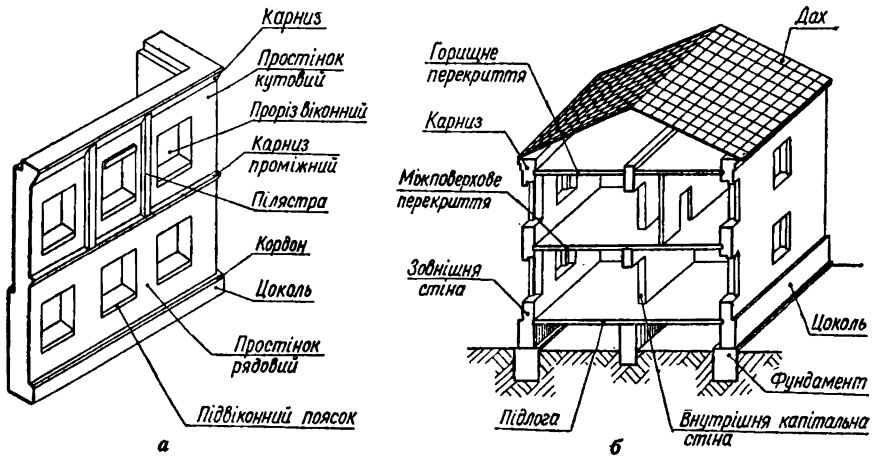


Рис. 406

тивних особливостей будівлі тощо. Глибина закладання повинна бути на 10—20 см нижчою за рівень промерзання ґрунту.

За конструкцією фундаменти бувають *стрічкові* (рис. 405, а—в), *стовпчасті*, *суцільні* й ін. У сучасному будівництві використовують збірні бетонні і залізобетонні фундаменти з великих блоків, виготовлених на заводі. На рис. 405, в, з зображено збірні стрічкові фундаменти з блоків, що мають вертикальні або горизонтальні порожнини. У каркасних промислових будинках під колони ставлять фундаменти з широкою подошвою або прямокутного стаканного типу (рис. 405, д—є).

У комплекті робочих креслень обов'язково є план фундаменту.

Стіни і перегородки. Стіни (рис. 406, а, б) захищають приміщення

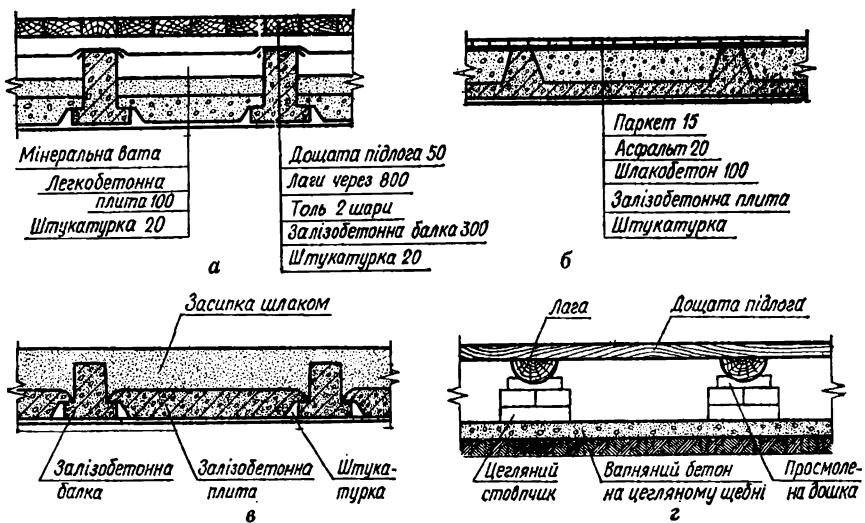


Рис. 407

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 виготовляють із цегли, бетонних блоків, дерева тощо. Цегляні стіни бувають завтовшки в одну (250 мм), півтори (380 мм) і дві (510 мм) цеглини. У сучасному будівництві стіни монтують індустріальним способом з великих панелей і блоків.

Для вікон і дверей роблять прорізи; ділянки між віконними прорізами називаються *простінками*. Над прорізами кладуть залізобетонні або сталеві балки — *перемички*.

Внутрішні ненесучі перегородки виготовляють із гіпсових або фібrolітових плит, бетону, дерева й іншого матеріалу. Заводським способом перегородки виконують на цілу кімнату із вмонтованим дверним прорізом. Спираються перегородки безпосередньо на міжповерхові перекриття.

Перекриття і підлоги. Перекриття поділяють будівлю по висоті на поверхи (міжповерхові перекриття — рис. 407, а, б), відділяють верхній поверх від горища (горищне перекриття — рис. 407, в), а перший поверх від підвалу (підвальне перекриття — рис. 407, г). Кожне перекриття складається з несучої конструкції і наповнювача. Несучі конструкції складають з деталей індустріального виготовлення — балок, плит, панелей і т. п. Наповнювач повинен забезпечити звуко- і теплоізоляційні властивості перекриття і відповідати протипожежним вимогам. З рис. 407 бачимо, з яких прошарків будівельних матеріалів складається наповнювач, і товщину кожного прошарку. Підлоги скла-

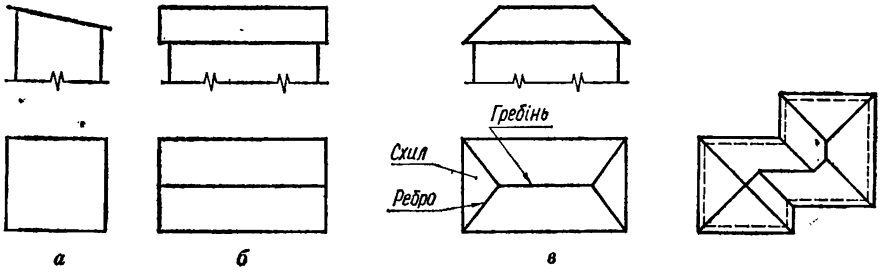


Рис. 408

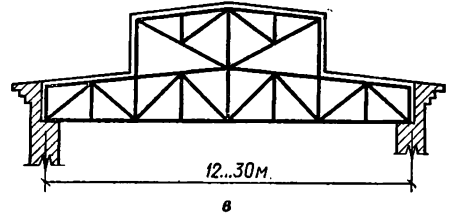
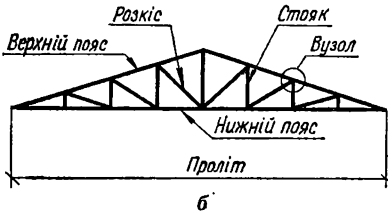
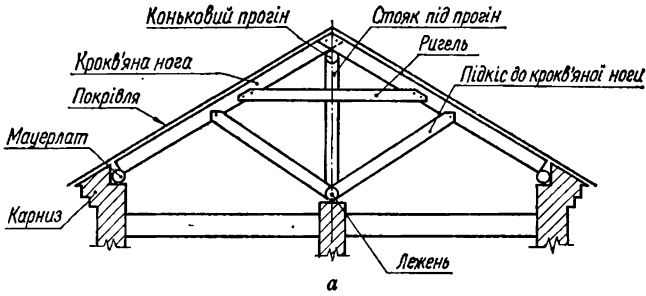


Рис. 409

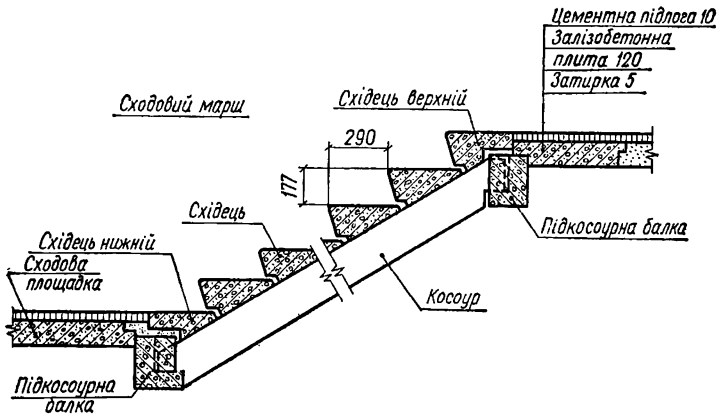


Рис. 410

дають з шпунтових дощок, що спираються на дерев'яні лаги. Паркетні підлоги роблять з дрібних дощочок (клепок) з твердих порід дерева.

Дах захищає будівлю від атмосферних опадів, вітру й сонця. Похилі площини, що утворюють дах, називаються *схилами*. Дахи бувають односхилі (рис. 408, *а*), двосхилі (рис. 408, *б*), чотирихилі — вальмові (рис. 408, *в*) і плоскі. Більш складний дах зображено на рис. 408, *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° і т. д.

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-кроков, кроквяних ніг, мауерлатів та інших елементів. На рис. 409, *а* зображено елементи конструкції даху з дерева, а на рис. 409, *б, в* — схеми металевих ферм для промислової будівлі.

Сходи складаються з похилих маршів і площадок (рис. 410). Залежно від кількості маршів і площадок у межах одного поверху сходи поділяють на одномаршові, двомаршові, тримаршові і т. д. Кожний марш (рис. 410) складається із східців, елементів, що їх підтримують, і огорожі. Горизонтальна площина кожного східця називається *проступом*, а 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 таким — 1 : 2; 1 : 1,75; 1 : 1,5. У сучасному будівництві сходи виконують із збірних залізобетонних елементів.

26.5. Плани, розрізи і фасади будівель

Планом поверху називають його переріз горизонтальною площиною, яка проходить по віконних і дверних прорізах. За планом можна уявити розміри й форму будівлі, внутрішнє розміщення кімнат і колон, віконних і 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. Плани будують для кожного поверху і надписують так: «План 1-го поверху», «Плани 2, 3 і 4-го поверхів» (якщо вони однакові) і т. п.

Виконують план поверху в такій послідовності (рис. 411). Спочатку наносять розбивочні (маркірувальні) осі капітальних стін і колон. Зліва і знизу осі закінчують кружками діаметром 7—9 мм, в яких проставляють позначення (марки) осей. Поздовжні осі, починаючи знизу, позначають великими буквами російського алфавіту, а поперечні, починаючи зліва, — арабськими цифрами. Виконавши сітку осей, тонкими лініями креслять зовнішні і внутрішні стіни, перегородки, колони і умовними знаками показують розміщення вікон, дверей, санітарно-побутового устаткування, димоходів, вентиляційних каналів та ін. Стіни, що попали в переріз, не заштриховують.

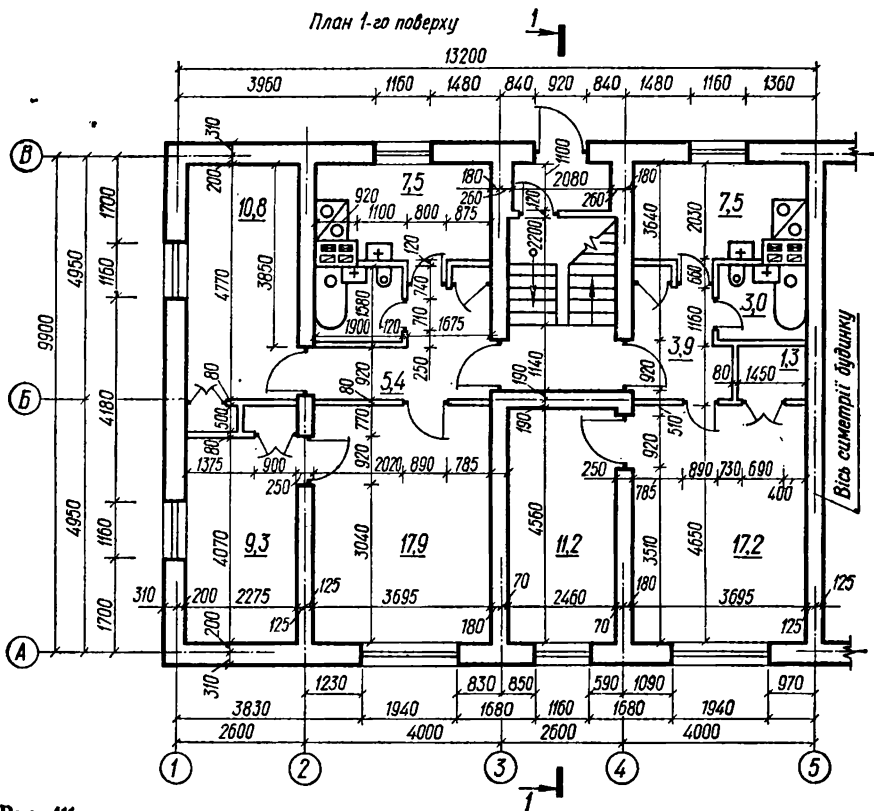


Рис. 411

Наносять внутрішні і зовнішні розміри. Внутрішні розміри — це довжина і ширина кожної кімнати, товщина стін, перегородок, розміри дверних прорізів, площа кімнат. Крім того, прив'язують внутрішні стіни і перегородки до розбивочних осей. Зовнішні розміри представляють у кілька замкнених ланцюжків: а) розміри прорізів і простінків між ними; б) відстані між розбивочними осями; в) відстані між осями зовнішніх стін. Назву приміщень і їх площу підкреслюють. План обводять лініями відповідної товщини (див. § 26.2).

Розрізи будівель. За допомогою розрізів виявляють внутрішню конструкцію будівлі: висоту поверхів, глибину закладання фундаменту, будову перекриттів, сходів, даху, висоту дверних і віконних прорізів та ін. (рис. 412). Залежно від напрямку січної площини розрізи поділяють 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, наприклад, міжповерхове перекриття показують лише двома лініями на рівнях підлоги і стелі, а більш детально конструкцію розкривають за допомогою виносних елементів або послідовним

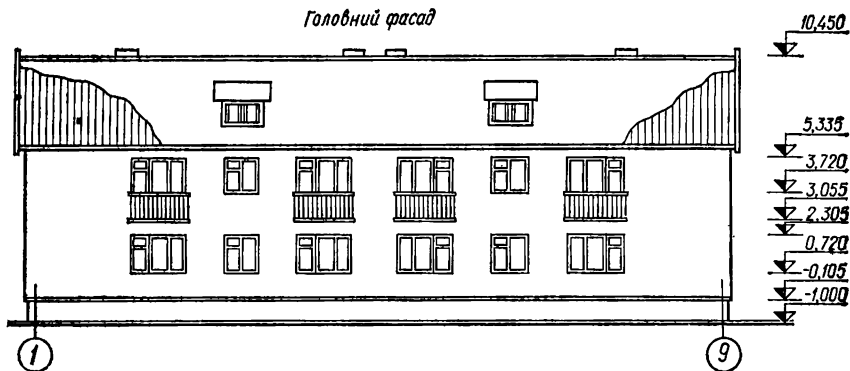


Рис. 413

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.

26.6. Читання архітектурно-будівельних креслень

На рис. 411 зображено план восьмиквартирного житлового будинку. З плану видно, що будівля має прямокутну форму і по осі *Б* ділиться поперечною стіною на дві симетричні секції. Секція кожного поверху складається з двох ізольованих приміщень — три- і двокімнатного з кухнями, вбудованими шафами і санвузлами. Кухні обладнані газовими плитами і раковинами. Опалення — центральне. Димар має тільки вентиляційні канали.

Осі поздовжніх стін позначено буквами *А, Б і В*, а поперечних — цифрами *1, 2, 3, ...* Зовнішні стіни мають товщину 510 мм (дві цеглини), внутрішні — 250 мм (одна цеглина). Перегородки в різних місцях мають товщину 80 і 120 мм.

На планах проставлено розміри: відстань між осями стін, віконні і дверні прорізи та простінки з прив'язкою цих розмірів до розбивочних осей. Площу окремих кімнат показано в квадратних метрах і підкреслено знизу рисою.

На рис. 412 зображено розріз будинку по сходовій клітці. З розрізу видно, що фундамент бутовий стрічковий, зовнішні і внутрішні стіни — цегляні, віконні і дверні перемички — залізобетонні, сходи із збірних залізобетонних елементів, крокви — дерев'яні дощаті з латами з брусків, покрівля — з хвилястої азбофанери. Міжповерхове і горище перекриття зображені умовно лише двома лініями. У пояснювальних написах показано, з яких елементів складаються перекриття і підлога поверхів.

На розрізі проставлено позначки рівнів підлог, стель, віконних і дверних прорізів, фундаменту та інших елементів будівлі. За позначку 0,000 узято рівень підлоги першого поверху. Розміри, нанесені на роз-

Головний фасад

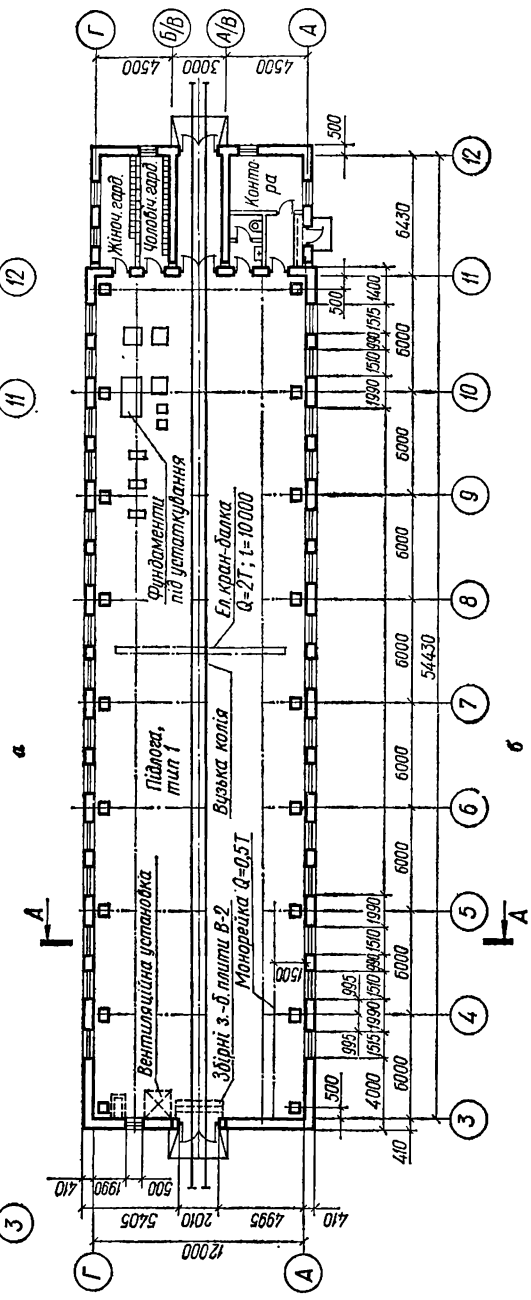
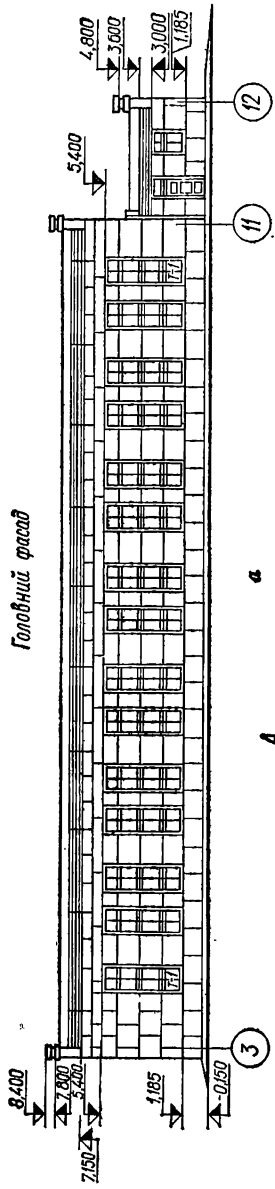


Рис. 414

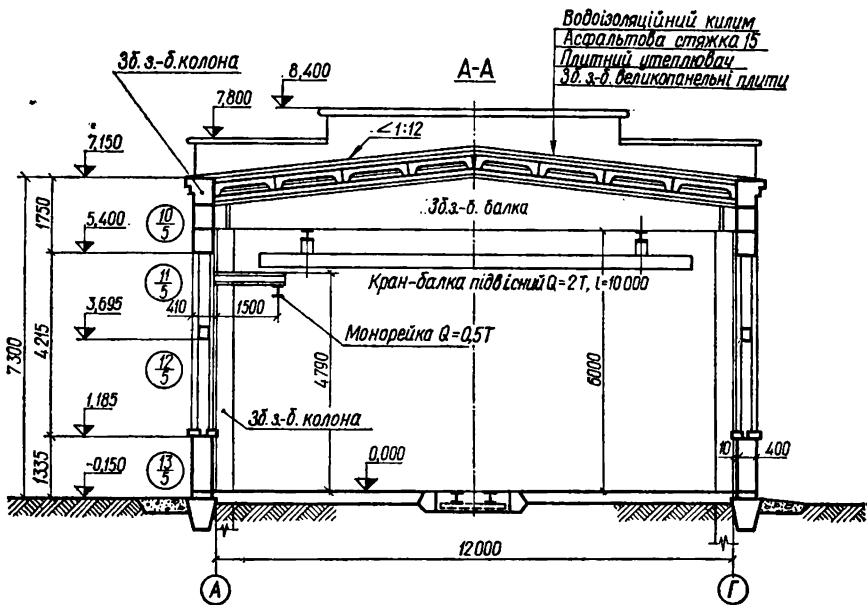


Рис. 415

різі, визначають висоту приміщення першого і другого поверхів, вікон, товщину стін, ширину площадок і деяких інших частин будівлі.

На рис. 413 зображено головний фасад цього будинку. З креслення видно, що будинок двоповерховий із входами з двору, має чотири балкони, які виходять на вулицю. Дах будинку двосхилий із слуховими вікнами. Будинок має чотири труби. З правого боку на головному фасаді проставлені позначки рівнів тротуару, цоколя, віконних прорізів, балконів і гребеня даху.

На рис. 414, а зображено головний фасад арматурного цеху, на рис. 414, б — план цього цеху, а на рис. 415 — його розріз. Як видно з рисунків, будівля цеху одноповерхова, складається з однопрольотного цеху прямокутної форми (ширина прольоту — 12 м, висота — 6 м) і прибудованого правого крила для контори та побутових приміщень (гардеробів і санвузла). Через увесь цех і спеціальний проїзд у прибудові проходить вузька колія. Цех обладнано монорейкою вантажопідйомністю 0,5 Т і електричним краном-балкою вантажопідйомністю 2 Т. У правому верхньому кутку на плані цеху передбачено спеціальні фундаменти під устаткування. На плані цеху нанесено й тип підлоги (тип 1) і показано, куди відчиняються двері.

Несуча конструкція цеху складається із збірних залізобетонних колон, на які вкладають залізобетонні балки з уклном для двосхилого даху. По цих балках укладають збірні залізобетонні великопанельні плити. Покрівля — водоізоляційний килим по асфальтовій стяжці з плитним утеплювачем. Матеріал плитного утеплювача не показано. Стіни цеху виконано з великих бетонних блоків завтовшки 40 см. Стіни побутових приміщень також з блоків.

На фасаді і в розрізі проставлено позначки рівнів для окремих елементів будівлі.

26.7. Генеральний план

Генеральним планом називають план забудови земельної ділянки, на якому показують взаємне розташування існуючих, запроектованих і реконструйованих споруд і будівель. Крім того, на генеральному плані показують межі ділянки, усі допоміжні будівлі і споруди, зелені насадження, залізничну колію, автомобільні дороги тощо. Якщо потрібно, то на генеральному плані наносять наземну і підземну сітку електропроводів, трубопроводів і каналізації, телефонні 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 напрям меридіана показують стрілкою, напрямленою на північ.

Генеральні плани креслять у масштабі 1 : 500, 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, площадок 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 кресленнях термоізоляцію, метали на фасаді, вікна, двері, димарі, плити?
4. Яке позначення фундаменту і як поділяють фундаменти?
5. Яке призначення стін? Що таке цоколь?
6. З яких конструктивних елементів складається перекриття?
7. Як поділяють дахи і з чого складається дах?
8. З яких елементів складаються сходи? Які розміри схода?
9. Що таке план будівлі та які елементи її розкриває план?
10. Для чого виконують розрізи будівлі і які елементи розкриває розріз?
11. Що дає креслення фасаду будівлі?
12. Що називається генеральним планом і що на ньому показують?

ВІДПОВІДІ НА ЗАПИТАННЯ КАРТОК ПРОГРАМОВАНОГО КОНТРОЛЮ

Формати. Лінії креслення

1 — 5. 2 — 8. 3 — 3. 4 — 29. 5 — 35, 36, 37, 41. 6 — 22. 7 — 14.
8 — 27. 9 — 45. 10 — 12.

Нанесення розмірів

1 — *г*. 2 — *б*. 3 — *а*. 4 — *в*. 5 — *а*. 6 — *г*. 7 — *б*. 8 — *б*. 9 — *в*.
10 — *г*.

Спряження

1 — *A*; *C*. 2 — *B*; *D*. 3 — R_3 . 4 — R_4 . 5 — $(R_3 - R_1)$. 6 — $(R_3 - R_6)$.
7 — $(R_4 - R_1)$. 8 — $(R_4 + R_2)$. 9 — O_2 . 10 — O_4 . 11 — *BD*. 12 — *AC*.

Лекальні криві

1 — 6. 2 — 4. 3 — 9. 4 — 3. 5 — 4. 6 — 3. 7 — 16. 8 — 2. 9 — 14.
10 — 7.

Проектування точки

1 — II. 2 — III. 3 — IV. 4 — III. 5 — V. 6 — I. 7 — I. 8 — I.
9 — II. 10 — II.

Проектування прямої лінії

1 — II. 2 — II. 3 — III. 4 — II. 5 — IV. 6 — III. 7 — II. 8 — III.
9 — I. 10 — II.

Проектування площини

1 — фронтально проектуюча. 2 — загального положення. 3 — точки 2; 3; 5; 7. 4 — ні. 5 — на рис. 4; 7. 6 — на рис. 4. 7 — на рис. 9; 10; 11. 8 — на рис. 13; 16.

АксонOMETРИЧНІ ПРОЕКЦІЇ

1 — рис. 1 — прямокутна ізометрія; рис. 2 — прямокутна диметрія; рис. 3 — горизонтальна косокутна ізометрія. 2 — $p = 0,94$; $r = 0,94$, $q = 0,47$. 3 — вторинна проекція точки *A*. 4 — у прямокутній аксонометрії проектуючі промені перпендикулярні до площини аксонометричних проекцій, у косокутній — ні. 5 — рис. 4, 6 і 7; рис. 4 відповідає фронтальній площині, рис. 6 — горизонтальній, а рис. 7 — профільній. 6 — величина великої і малої осей еліпса відповідно, в який проектується коло в прямокутній диметрії, якщо воно лежить у фронтальній площині. 7 — рис. 9, 11 і 13; рис. 9 відповідає горизонтальній площині, рис. 11 — профільній і рис. 13 — фронтальній. 8 — у горизонтальній косокутній ізометрії. 9 — розміри $\varnothing 15, 20$. 10 — у горизонтальній і профільній площинах штриховку виконано неправильно, бо не зроблено скорочення вдвоє по осі *y'*.

Способи перетворення проекцій

1 — способом заміни площин проекцій. 2 — способом плоскопаралельного переміщення. 3 — рис. 4; 5. 4 — відносно Π_2 . 5 — вісь

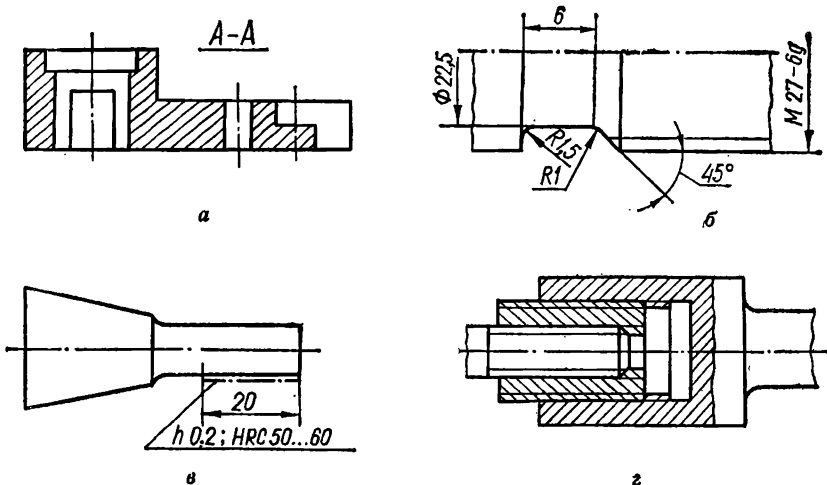


Рис. 416

обертання; площина обертання точки A . 6 — фронтальна площина Π_2 . 7 — відносно горизонтального сліду σ_1 . 8 — ні. 9 — 54 мм. 10 — приблизно 1920 мм².

Проектування геометричних тіл

Картка № 1. 1 — 9A. 2 — 11A. 3 — 1A. 4 — 5A. 5 — 12A. 6 — 10A. 7 — 3A. 8 — 2A. 9 — 6A. 10 — 4A. 11 — 7A. 12 — 8A.

Картка № 2. 1 — 4A. 2 — 7A. 3 — 12A. 4 — 10A. 5 — 8A. 6 — 2A. 7 — 1A. 8 — 5A. 9 — 11A. 10 — 9A. 11 — 6A. 12 — 3A.

Картка № 3. 1 — 3A. 2 — 7A. 3 — 9A. 4 — 5A. 5 — 12A. 6 — 2A. 7 — 10A. 8 — 6A. 9 — 11A. 10 — 8A. 11 — 4A. 12 — 1A.

Переріз геометричних тіл площинами

Картка № 1. I — 1. II — 19. III — 23. IV — 4. V — 24. VI — 14. VII — 5. VIII — 11. IX — 2. X — 11. XI — 2. XII — 22. XIII — 20. XIV — 5. XV — 4. XVI — 10.

Картка № 2. I — 4. II — 7. III — 1. IV — 8. V — 9. VI — 3. VII — 6. VIII — 5. IX — 2.

Взаємний перетин поверхонь тіл

1 — 2; 3; 5. 2 — 1; 3. 3 — 7; 8. 4 — 4. 5 — 6. 6 — I — частина еліпса; II — дві дуги параболи; III — частина еліпса. 7 — C; D. 8 — 1; 2; 3; 5; 6; 7; 8. 9 — 2; 3; 7; 8. 10 — 1; 5.

Вигляди

1 — головний вигляд. 2 — вигляд знизу. 3 — місцевий вигляд. 4 — два. 5 — два. 6 — Вигляд Б повернуто. 7 — чотири. 8 — Вигляд А. 9 — б; в; д. 10 — частина сфери; циліндр; частина тора; паралелепіпед. 11 — точка II.

Розрізи

1 — складний ламаний. 2 — простий горизонтальний. 3 — простий фронтальний. 4 — складний ступінчастий. 5 — на рис. 2. 6 — на рис. 3. 7 — на рис. 3. 8 — три площини. 9 — місцевий. 10 — на рис. 8. 11 — точка 8. 12 — точка 4. 13 — див. рис. 416, а.

Перерізи

Картка № 1. I — 3. II — 4. III — 2. IV — 1. V — 3.

Картка № 2. А — А — 1. Б — Б — 9. В — В — 4. Г — Г — 11.
Д — Д — 5. Е — Е — 2. Ж — Ж — 7. З — З — 10. И — И — 12.
К — К — 8. Л — Л — 3. М — М — 6.

Різьба і різьбові вироби

1 — б. 2 — а; б; г. 3 — а; в. 4 — а; б; г. 5 — в; г. 6 — болт з шестигранною головкою, виконання 2, нормальної точності, метрична різьба діаметром 12 мм, крок різьби великий, поле допуску 8 g, довжина болта 80 мм, клас міцності 6.6, без покриття. 7 — різьба упорна, діаметр 70 мм, крок різьби 16 мм; різьба трапецеїдальна, тризаходова, діаметр різьби 60 мм, крок різьби — 8 мм, ліва; різьба метрична з дрібним кроком, діаметр різьби 64 мм, крок різьби — 2 мм, поле допуску 6 g. 8 — гайка шестигранна нормальної точності, виконання 1, з діаметром метричної різьби 12 мм, крок різьби дрібний 1,25 мм, поле допуску 6H, клас міцності 12, із сталі 40X, з покриттям групи 01 завтовшки 6 мкм. 9 — гвинт з потайною головкою, виконання 2, нормальної точності, діаметр різьби 12 мм, крок різьби великий, поле допуску 8 g, довжина гвинта 40 мм, клас міцності 5.6, без покриття. 10 — шпилька типу Б, підвищеної точності, з діаметром різьби 16 мм, дрібний крок 1,5 мм, поле допуску 6 g, довжина шпильки 100 мм, довжина різьбового кінця 38 мм, довжина загвинчуваного кінця 20 мм, клас міцності 5.8, покриття 01 (цинкове з хроматуванням), товщина покриття 6 мкм.

Робочі креслення і ескізи деталей

1 — за напрямком III. 2 — три перерізи. 3 — 14 розмірів. 4 — $\sqrt{1,25}$, $\sqrt{0,63}$, R_2 , 160, $\sqrt{0,32}$. 5 — а, в, г. 6 — Ст3 ГОСТ 380—71; Сталь 25 ГОСТ 1050—74; Л68 ГОСТ 15527—70. 7 — комбінований спосіб. 8 — див. рис. 416, б. 9 — $b_1 = 8$ мм; $d_4 = 28$ мм; $r = 2$ мм; $r_1 = 1$ мм. 10 — див. рис. 416, в.

Рознімні з'єднання

1 — А — шайба; В — гайка; С — болт; D — головка болта. 2 — $H = 0,8d$; $S = 1,73d$; $l_0 = 2d + 6$ мм; $d_2 = 1,1d$. 3 — $l = 85,8$ мм. 4 — частина 1 називається різьбовим кінцем під гайку; частина 2 називається загвинчуваним різьбовим кінцем. 5 — болт з шестигранною головкою, нормальної точності, виконання 2, діаметр метричної різьби 16 мм, крок дрібний 1,5 мм, поле допуску різьби 6 g, довжина болта 80 мм, клас міцності 5.8, без покриття. 6 — шпилька типу Б, нормальної точності виготовлення, діаметр метричної різьби 18 мм, різьба з крупним кроком, поле допуску різьби 8 g, довжина шпильки 100 мм, довжина загвинчуваного кінця 24 мм, довжина різьбового кінця під гайку 42 мм, клас міцності 10.9, матеріал — легована сталь 40X, покриття 01 завтовшки 6 мкм. 7 — $l = 57$ мм. 8 — $l_3 = 10$ мм. 9 — див. рис. 416, г.

Зварні з'єднання

1 — кутовий шов. 2 — стиковий шов. 3 — С6. 4 — Т2. 5 — I — 5; II — 1; III — 6; IV — 2; V — 3; VI — 4. 6 — на опуклі, угнуті і плоскі. 7 — а — «шов по замкненій лінії»; б — «шов виконувати при

монтажі виробу»; v — «підсилення шва зняти». 8 — шов стикового з'єднання з криволінійним скосом однієї кромки, двобічний, виконаний ручним електродуговим зварюванням під час монтажу виробу. Підсилення шва зняти. Шорсткість поверхні шва R_{z80} . 9 — шов таврового з'єднання без скосу кромки, двобічний, переривчастий з шаховим розміщенням, виконаний ручним електродуговим зварюванням. Катет шва 6 мм. Довжина проварюваної ділянки 50 мм, крок між ділянками 100 мм. Зварювання по замкнутому контуру.

Зубчасті передачі

1 — $d_f = m(z - 2,5)$. 2 — $d_a = 272$ мм. 3 — $h = 18$ мм. 4 — тонкою штрих-пунктирною лінією. 5 — $m = 4$ мм. 6 — зовнішній додатковий конус. 7 — конус вершин зубів. 8 — кут головки зуба. 9 — на рис. 2, в. 10 — $d_f = m(z - 2,5 \cos \delta)$. 11 — 156 мм. 12 — на рис. 3, б.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Бабулин Н. А. Построение и чтение машиностроительных чертежей. М., «Высшая школа», 1974.
2. Баталов Н. М., Малкин Д. М. Технические основы машиностроительного черчения. М., Машгиз, 1962.
3. Боголюбов С. К., Воинов А. И. Машиностроительное черчение. М., «Высшая школа», 1974.
4. Галкин В. Д., Обидаров В. Н. Простановка размеров, допусков и условных обозначений на чертежах. М., «Машиностроение», 1967.
5. Герб М. А. Составление и чтение машиностроительных чертежей. Л., Машгиз, 1963.
6. Годик Е. И., Лысянский В. М., Михайленко В. Е., Пономарев А. М. Техническое черчение. Киев, «Вища школа», 1973.
7. Годик Е. И., Хаскин А. М. Справочное руководство по черчению. М., «Машиностроение», 1974.
8. Государственные стандарты ЕСКД (Единой системы конструкторской документации) 1968—1975 гг.
9. Дружинин Н. С., Цылбов П. П. Курс черчения. М., «Высшая школа», 1974.
10. Загоруйко В. И. Зубчатые и червячные передачи. М., «Высшая школа», 1964.
11. Квитницкий А. В., Павлов А. В. Выполнение рабочих чертежей. М., Машгиз, 1955.
12. Крот А. М. Машиностроительное черчение для учителей. Киев, «Радянська школа», 1963.
13. Маркаров С. М. Краткий словарь-справочник по черчению. Л., «Машиностроение», 1970.
14. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение. М., «Советская наука», 1961.
15. Основы методики обучения черчению. Под ред. Ботвинникова А. Д. М., «Просвещение», 1966.
16. Соловьев С. А., Буланже В. Г., Шулъга А. К. Черчение и перспектива. М., «Высшая школа», 1967.
17. Хаскин А. М., Воеводский С. А., Красниц З. Я. Курс черчения для заочных техникумов, ч. 1, 2. Киев, «Техніка», 1965.
18. Хаскин А. М. Креслення. К., «Вища школа», 1972.
19. Хаскин А. М. Черчение. Киев, «Вища школа», 1975.
20. Щербина В. В. Побудова технічного рисунка. К., «Вища школа», 1970.

Передмова	3
---------------------	---

Розділ I. Геометричне креслення

§ 1. Креслярські інструменти, матеріали і приладдя	5
§ 2. Основні відомості про оформлення креслень	10
§ 3. Креслярський шрифт	17
§ 4. Масштаби. Нанесення розмірів	26
§ 5. Основні геометричні побудови	36
§ 6. Спряження	46
§ 7. Декальні криві	55

Розділ II. Проекційне креслення

§ 8. Метод проектування. Комплексне креслення точки	68
§ 9. Проектування прямої лінії	75
§ 10. Проектування площини	83
§ 11. Аксонометричні проекції плоских фігур	98
§ 12. Способи перетворення проекцій. Визначення натуральної величини плоских фігур	114
§ 13. Проектування геометричних тіл	125
§ 14. Переріз геометричних тіл площинами	149
§ 15. Взаємний перетин поверхонь	166
§ 16. Технічне рисування	181

Розділ III. Машинобудівне креслення

§ 17. Загальні положення	191
§ 18. Зображення — вигляди, розрізи, перерізи	194
§ 19. Різьба і різьбові вироби	220
§ 20. Робочі креслення та ескізи деталей	244
§ 21. Рознімні та нерознімні з'єднання	303
§ 22. Зубчасті передачі	345
§ 23. Складальні креслення	373
§ 24. Читання і деталювання складальних креслень	396
§ 25. Схеми	406
§ 26. Елементи будівельного креслення	416

Відповіді на запитання карток програмованого контролю	430
Список літератури	434

Абрам Михайлович Хаскин

ЧЕРЧЕНИЕ

Издание второе, переработанное

Допущено Министерством высшего и среднего
специального образования УССР
как учебник для учащихся техникумов

(на украинском языке)

Издательское объединение «Вища школа»
Головное издательство
Киев — 1976

Редактор Г. В. Єлісєєва
Обкладинка художника Є. І. Муштенка
Художній редактор С. П. Духленко
Технічний редактор Л. Ф. Волкова
Коректори О. І. Кірова, І. Б. Мілевська

ІБ № 1481

Здано до набору 9. 04. 1976 р. Підписано до друку 22. 09. 1976 р.
Формат паперу 60×90¹/₁₆. Папір друк. № 1. Друк. арк. 27,25.
Обл.-видавн. арк. 28,76. Тираж 50 000. Видавн. № 2997. Ціна 92 коп.
Зам. № 6—1126.

Головне видавництво видавничого об'єднання «Вища школа»
252054, Київ, 54, Гоголівська, 7.

Головне підприємство республіканського виробничого об'єднання
«Поліграфкінга» Держкомвидаву УРСР, м. Київ, вул. Довженка, 3.