

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Східноукраїнський національний університет
імені Володимира Даля

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з інженерної графіки
по темі « Геометричні побудови »

(для студентів інженерно-технічних напрямів підготовки)

ЗАТВЕРДЖЕНО
на засіданні кафедри
графічного та комп'ютерного
моделювання
Протокол № 15 від 14.04.2016 р.

Сєверодонецьк 2016

Методичні вказівки до практичних занять з інженерної графіки. **Тема:** «Геометричні побудови» (для студентів інженерно-технічних напрямів підготовки) / Укл. О.В.Сергієнко. – Сєвєродонецьк: Вид-во СНУ ім. В. Даля, 2016. - 40 с.

Наведені загальні правила виконання креслень, а саме: вибір формату кресленика, виконання і оформлення основного напису, вибір масштабу, типів ліній, шрифту, нанесення розмірів. Розглянуто основні принципи та прийоми геометричних побудов, які застосовуються в практиці виконання креслень. Приведені варіанти графічних завдань побудови деталі з елементами спряжень та наведено приклад виконання індивідуального завдання по темі «Геометричні побудови».

Укладач:

Сергієнко О.В., доц.

Відп. за випуск:

Сергієнко О.В., доц.

Рецензент:

Марченко Д.М., проф.

ВСТУП

Інженерна графіка вивчається студентами вищих навчальних закладів в перших семестрах навчання. Умовами успішного оволодіння технічними знаннями є вміння читати креслення і чітке знання правил виконання та оформлення креслень. Кресленик один із головних носіїв технічної інформації, без якої не обходиться жодне виробництво.

Зображеннями просторових форм користуються представники різних спеціальностей. Розробка проектувальниками та інженерами проектів найскладніших конструкцій, механізмів, споруд вимагає від виконавців глибоких знань теорії проекційних зображень. Виконання креслень базується також і на нормативних документах, встановлених Держстандартом України.

В даних методичних вказівках розглянуті побудови прямих і циркульних кривих ліній, їх спряжень. Дано поняття похилу і конусності, показані прийоми їх побудови і позначення на кресленні. Дано рекомендації з оформлення креслення відповідно до вимог Єдиної системи конструкторської документації. Наведено детальний рекомендований покроковий алгоритм виконання графічної роботи «Геометричні побудови».

Геометричні побудови є основою для виконання креслення. Знання геометричних побудов дозволяє правильно накреслити контур будь-якого виробу, а також дає можливість учням оволодіти правильними прийомами роботи креслярськими інструментами: циркулем, лінійкою, рейсшиною і косинцем.

Наведені у вказівках відомості дозволять студентам, не звертаючись до додаткової літератури, у повному обсязі виконати графічну роботу по темі «Геометричні побудови». Завдання виконується індивідуально кожним студентом у відповідності до варіанта, який співпадає з його порядковим номером в журналі академічної групи.

1. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНЬ

1.1. КОМПЛЕКС СТАНДАРТІВ СКД

У 1996 р. наказом Держстандарту України введено в дію систему конструкторської документації (ДСТУ 3321-96) СКД – це комплекс термінів та визначень елементів та основних понять конструкторської документації, яку виготовляють і застосовують організації та підприємства України. Держстандарт України прийняв класифікацію нормативних документів зі стандартизації, яка гармонізована з міжнародною організацією зі стандартизації (ISO). Відповідно до цієї класифікації графічна та інша документація має код 01.100 «Технічні креслення» (01- клас, 100 - підклас). Групу цього коду становлять СКД ДСТУ 3321-96 і тимчасово стандарти класу 2 колишньої ЄСКД.

Стандарти класу 2, які входять до класу конструкторської документації, наведено в табл. 1.1.

Таблиця 1.1

Класифікаційні групи стандартів

Шифр групи	Зміст стандартів у групі	ДСТУ, ГОСТ
01.100	Технічні креслення	3321-96
1	Основні положення	2.101-68; 2.124-85
2	Класифікація та позначення виробів у конструкторських документах	2.201-80
3	Загальні правила виконання креслень	2.301-68; 2.321-84
4	Правила виконання креслень виробів машино - та приладобудування	2.401-68
5	Правила обертання конструкторських документів (облік, зберігання, дублювання, внесення змін)	2.501-68; 2.506-84
6	Правила виконання експлуатаційної та ремонтної документації	2.602-68; 2.609-79
7	Правила виконання схем	2.701-84; 2.797-81
8	Правила виконання документів для будівництва та суднобудування	2.801-74; 2.857-75
9	Інші стандарти	

1.2. ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ

Основні терміни та визначення встановленні згідно з СКД ДСТУ 3321-96, нормативні данні відповідають чинним нормативним документам.

Формати. Формат являє собою розміри зовнішньої рамки аркуша конструкторського документу, виконаної тонкою лінією (рис. 1.1).

Формат кресленника обирають залежно від розмірів зображення. Основні формати креслеників (табл. 1.2) встановлює ГОСТ 2.301-68.

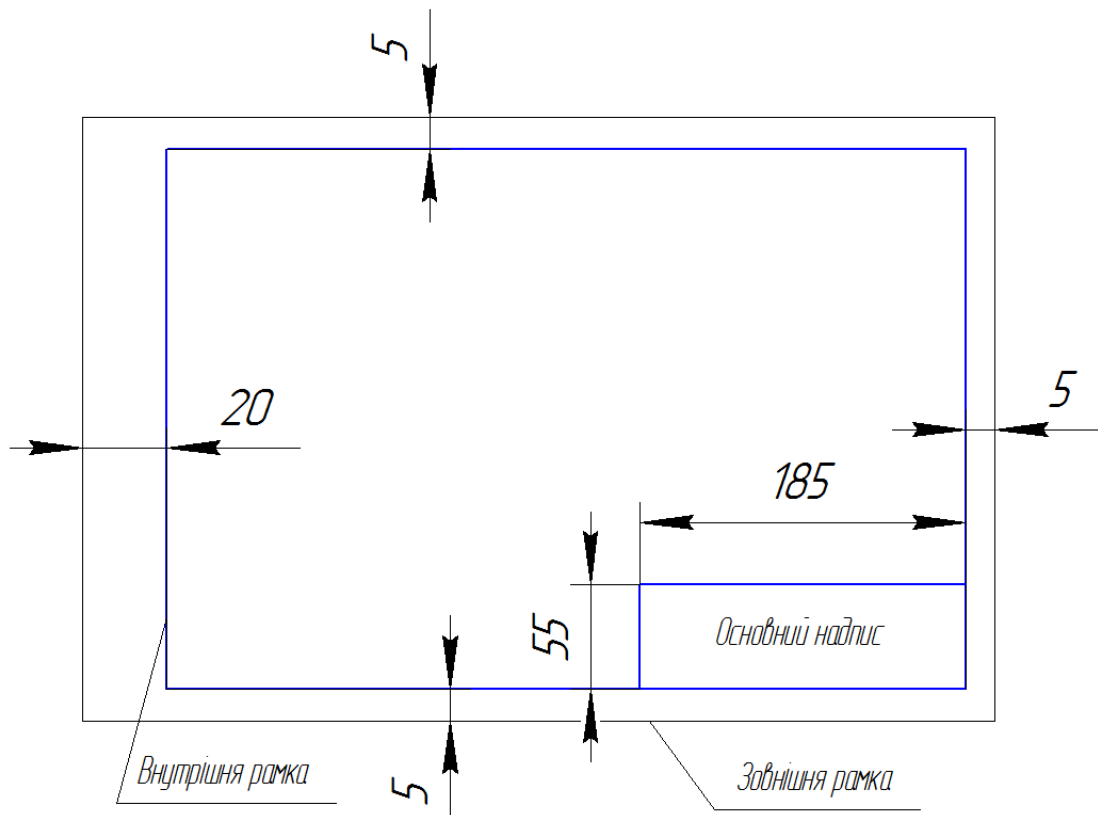


Рис. 1.1.

Таблиця 1.2

Основні формати креслень

Позначення формату	Розміри, мм
A0	841x1189
A1	594x841
A2	420x594
A3	279x420
A4	210x297

Допускається застосування додаткових форматів, утворених збільшенням коротких сторін основних форматів на величину, кратну їх розмірам.

Розміри додаткових форматів повинні відповідати зазначеним в табл. 1.3.

Додаткові формати креслень

Кратність	Формат				
	A0	A1	A2	A3	A4
2	1189 x 1682	-	-	-	-
3	1189 x 2523	841 x 1783	594 x 1261	420 x 891	297 x 630
4	-	841 x 2378	594 x 1682	420 x 1189	297 x 841
5	-	-	594 x 2102	420 x 1486	297 x 1051
6	-	-	-	420 x 1782	297 x 1251
7	-	-	-	420 x 2080	297 x 1471
8	-	-	-	-	297 x 1682
9	-	-	-	-	297 x 1892

Оформлення креслярських аркушів. Кожен аркуш креслення повинен бути оформлений так, як це рекомендують відповідні СКД – стандарти та правила зображення графічних документів на технічних кресленнях. Поле креслення на аркуші будь-якого формату обмежене рамкою, яку проводять суцільними товстими основними лініями на відстані 5 мм від верхньої, нижньої та правої меж формату; зліва лінію рамки проводять на відстані 20 мм (див. рис. 1.1). Основний надпис розміщують у правому нижньому куті формату (див. рис. 1.1).

На аркушах формату A4 основний надпис розташовують уздовж короткої сторони аркуша (рис. 1.2 а). На форматах більших за A4 основний надпис розташовують як уздовж довгої сторони аркуша, так і вздовж короткої сторони аркуша (рис. 1.2 б, рис. 1.2 в). Основний надпис на кресленнях виконують згідно ГОСТ 2.104-68. Зміст, розташування і розміри граф основного надпису повинні відповідати формі 1 (рис. 1.3).

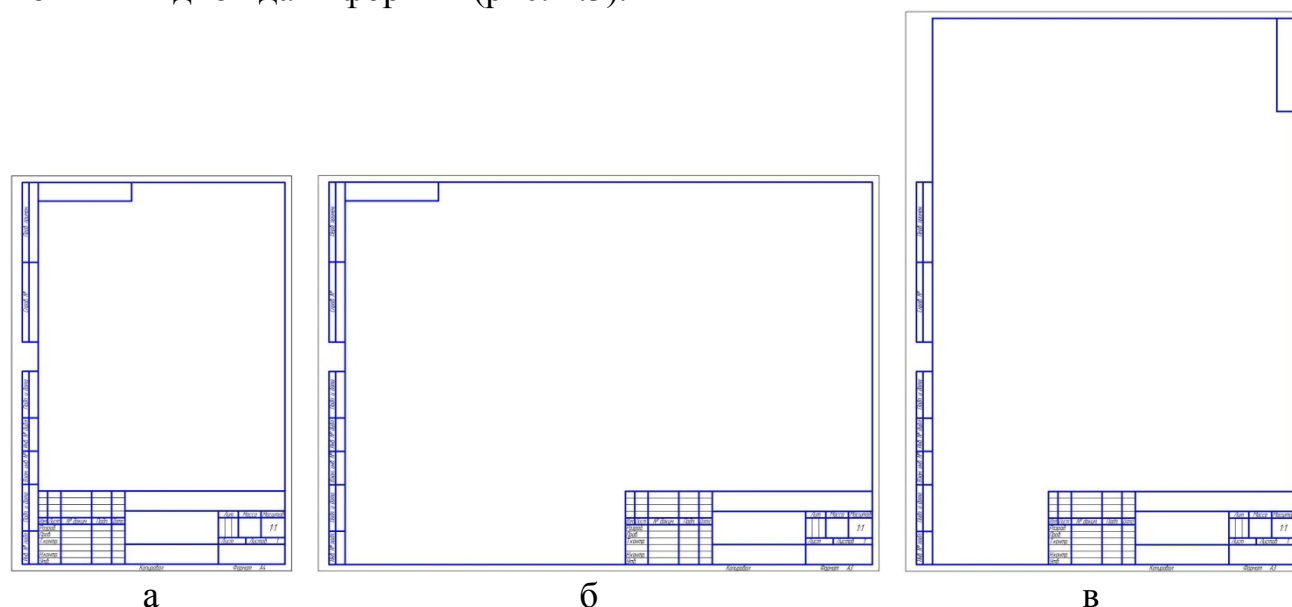


Рис. 1.2.

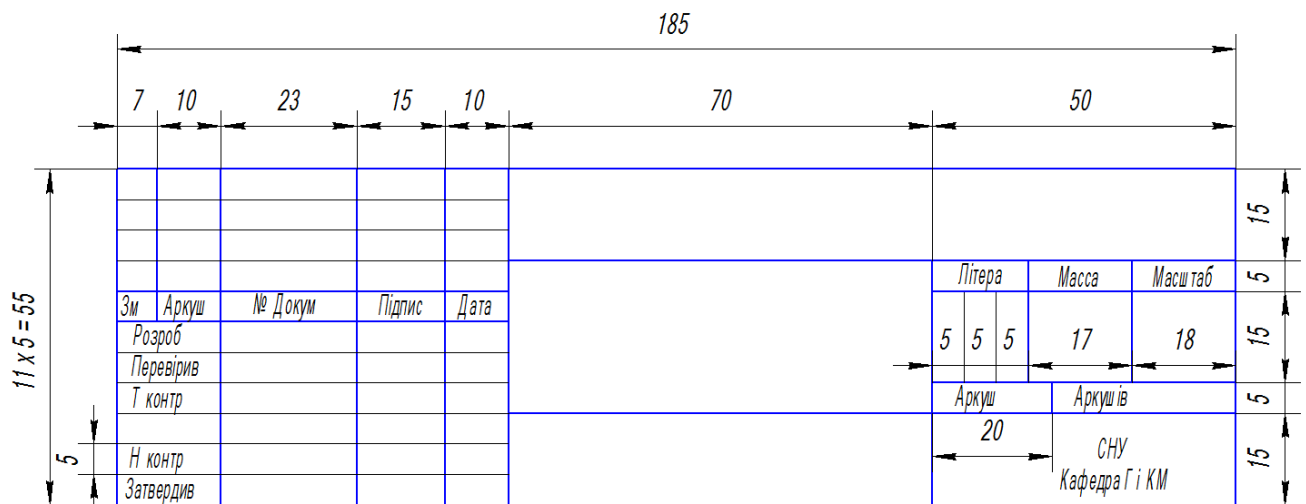


Рис. 1.3.

У графах основного надпису (номери граф на форматах показані в дужках) вказують:

- в графі 1 - найменування виробу в називному відмінку в однині. Найменування виробу має відповідати прийнятій термінології і бути по можливості коротким. У найменуваннях, що складаються з декількох слів, повинен бути прямий порядок слів, наприклад: "Колесо зубчасте". У найменуваннях виробів, як правило, не включають відомості про призначення і місцезнаходження виробу.

- в графі 2 - позначення документа згідно ГОСТ 2.201 - 68. Для навчальних креслеників рекомендується наступна структура: **ММ - 151.01.003.01.001**

ММ - індекс факультету;

151 - номер групи;

01 - номер завдання;

003 - номер варіанту;

01 - номер складанної одиниці;

001 - номер деталі.

- в графі 3 - позначення матеріалу деталі (графу заповнюють тільки на креслениках деталей),

- в графі 4 - масштаб (проставляється відповідно до ГОСТ 2.302 - 68 і ГОСТ 2.109 - 68),

- в графі 5 - порядковий номер аркуша. На документах, що складаються з одного аркуша, графу не заповнюють,

- в графі 6 - загальна кількість аркушів документа, графу заповнюють тільки на першому аркуші,

- в графі 7 - найменування або індекс підприємства, котре випустило документ (назва ВНЗ і назва кафедри),

- в графі 8 - прізвище студента,

- в графі 9 - прізвище викладача.

1.3. ДЕЯКІ ЕЛЕМЕНТИ ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНЬ

Терміни та визначення прийняті з СКД ДСТУ 3321-96.

Масштаби. Масштабом називається відношення розмірів об'єкту, зображеного на кресленні, до їх дійсних значень. Креслення бажано виконувати так, щоб розміри зображення та самого предмета були однакові, тобто у масштабі 1:1.

Проте залежно від розмірів та складності предмету, а також від виду креслення, розміри зображення часто доводиться зменшувати, або збільшувати порівняно з дійсними розмірами. Встановлено такі масштаби:

Масштаби зменшення	1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:50...
Справжня (натуральна) величина	1:1
Масштаби збільшення	2:1; 2.5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1...

Незалежно від масштабу зображення предмету на кресленні завжди виставляють тільки дійсні розміри.

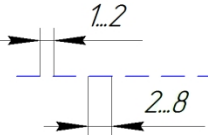
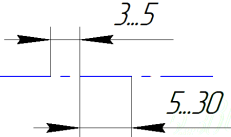
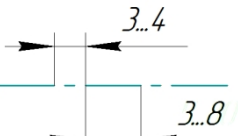
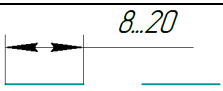
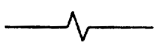
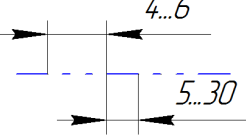
Лінії креслень. Згідно з СКД ДСТУ 3321-96, встановлено наступні лінії креслень, що наведені в табл. 1.4.

Таблиця 1.4

Різновиди ліній та їх призначення

№ з/п	Назва лінії	Накреслення	Товщина ліній порівняно з товщиною основної лінії	Призначення
1	2	3	4	5
1	Суцільна товста (основна)		S	Лінії видимого контуру; лінії переходу видимі; лінії контуру перерізу (винесеного і такого, що входить до складу розрізу).
2	Суцільна тонка		Від $\frac{S}{2}$ до $\frac{S}{3}$	Лінії контуру накладеного перерізу; розмірні та виносні лінії; лінії штрихування; лінії-виноски та їх полички; лінії для підкреслювання фізичних написів та позначення розміщених поруч деталей;

Продовження таблиці 1.4

1	2	3	4	5
				лінії обмеження виносних елементів на виглядах, розрізах і перерізах; лінії переходу уявні.
3	Суцільна хвиляста		Від $s/2$ до $s/3$	Лінії обриву; лінії розмежування вигляду та розрізу.
4	Штрихова		Від $s/2$ до $s/3$	Лінії невидимого контуру; невидимі лінії переходу.
5	Штрих-пунктирна тонка		Від $s/2$ до $s/3$	Осьові та центрові лінії; лінії перерізів, що є осями симетрії для накладених чи винесених перерізів; лінії для зображення розгортки, суміщеної з виглядом.
6	Штрих-пунктирна потовщена		Від $s/2$ до $s/3$	Лінії, що позначають поверхні, які потребують термообробки, або на які наноситиметься покриття; лінії для зображення елементів, розміщених перед січною площиною («накладена проекція»).
7	Розімкнута		Від s до $1,5s$	Лінії перерізів.
8	Суцільна тонка зі зламами		Від $s/2$ до $s/3$	Довгі лінії обриву.
9	Штрих-пунктирна з двома крапками		Від $s/2$ до $s/3$	Лінії згину на розгортках; лінії для зображення частини виробу в крайніх чи проміжних положеннях; лінії для зображення розгортки, суміщеної з виглядом.

У прикладах застосування ліній (рис. 1.4 – 1.11) їхні номери відповідають номерам пунктів табл. 1.4.

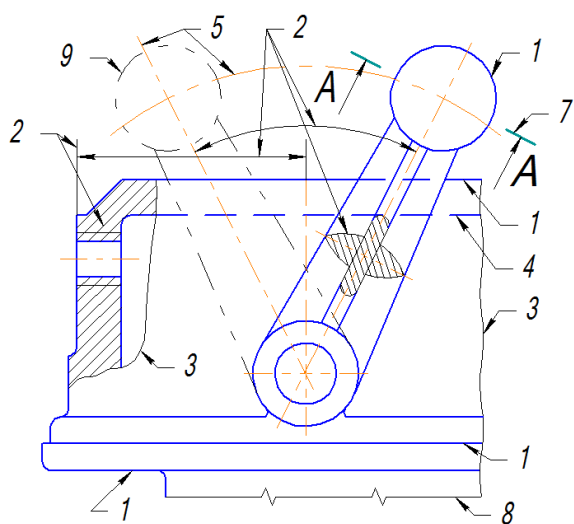


Рис. 1.4.

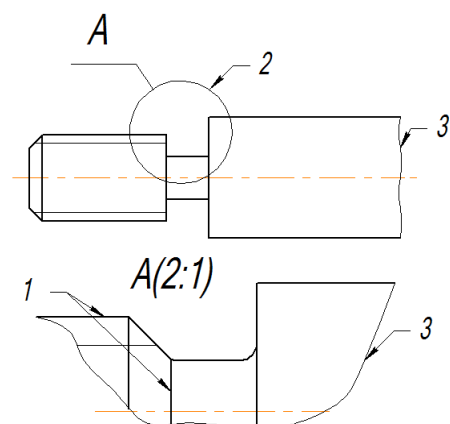
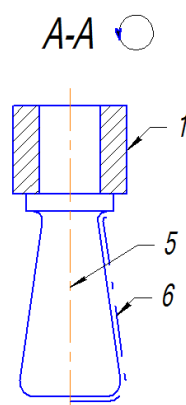


Рис. 1.5.

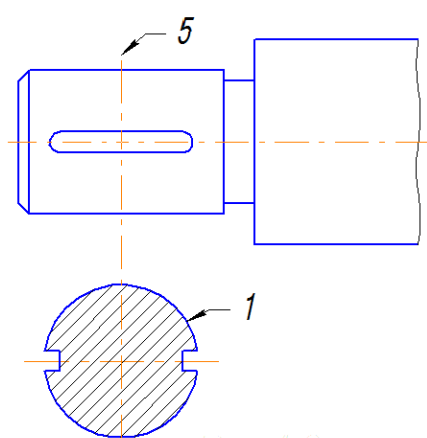


Рис. 1.6.

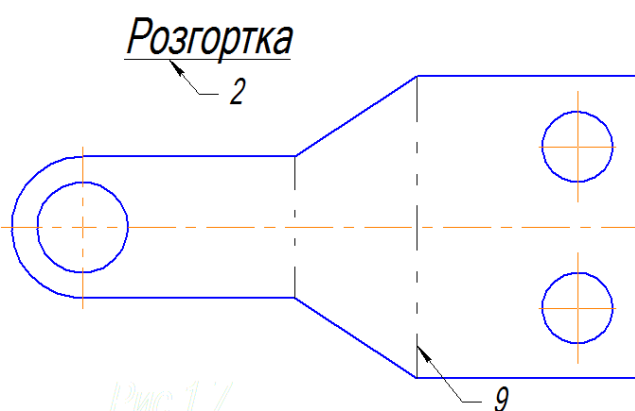


Рис. 1.7.

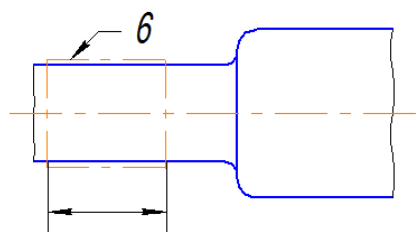


Рис. 1.8.

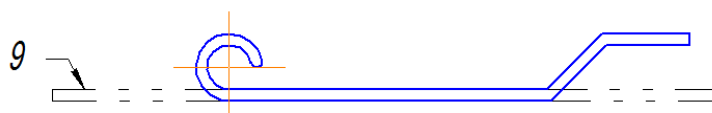


Рис. 1.9.

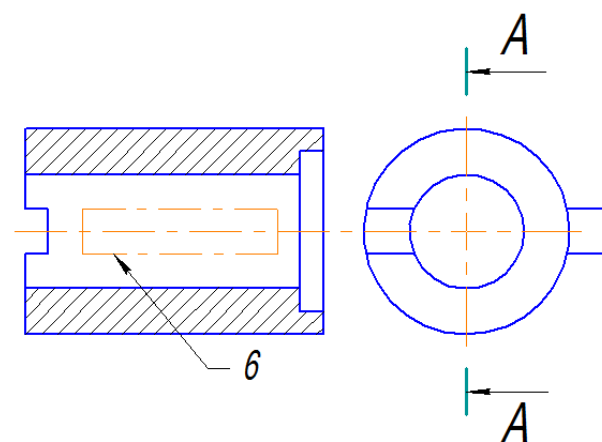


Рис. 1.10.

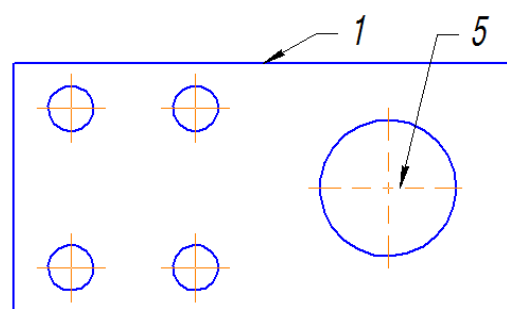


Рис. 1.11.

Креслярські шрифти. Усі написи на кресленнях та інших технічних документах слід виконувати креслярським шрифтом згідно ГОСТ 2.304-81 (табл. 1.5).

Таблиця 1.5

Параметри креслярських шрифтів

Параметри	Співвідношення	Значення параметрів, мм						
Шрифт типу А								
Розмір шрифту h (висота великих літер)	$\frac{14}{14}h;14d$	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0
Висота малих літер c	$\frac{10}{14}h;10d$	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.0
Відстань між літерами, цифрами та знаками a	$\frac{2}{14}h;2d$	0.35	0.5	0.7	1.0	1.4	2.0	2.8
Мінімальний крок рядків b (висота допоміжної сітки)	$\frac{22}{14}h;22d$	4.0	5.5	8.0	11.0	16.0	22.0	31.0
Мінімальна відстань між словами e	$\frac{6}{14}h;6d$	1.1	1.5	2.1	3.0	4.2	6.0	8.4
Товщина лінії шрифту d	$\frac{1}{14}h$	0.18	0.25	0.35	0.6	0.7	1.0	1.4
Шрифт типу Б								
Розмір шрифту h (висота великих літер)	$\frac{10}{10}h;10d$	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.0	20.0
Висота малих літер c	$\frac{7}{10}h;7d$	1.8	2.5	3.5	5.0	7.0	10.0	14.0
Відстань між літерами, цифрами та знаками a	$\frac{2}{10}h;2d$	0.5	0.7	1.0	1.4	2.0	2.8	4.0
Мінімальний крок рядків b (висота допоміжної сітки)	$\frac{17}{10}h;17d$	4.3	6.0	8.5	12.0	17.0	24.0	34.0
Мінімальна відстань між словами e	$\frac{6}{10}h;6d$	1.5	2.1	3.0	4.2	6.0	8.4	12.0
Товщина лінії шрифту d	$\frac{1}{10}h$	0.25	0.35	0.6	0.7	1.0	1.4	2.0

Розмір шрифту **h** - величина, визначена висотою великих літер в міліметрах. Висота великих літер **h** вимірюється перпендикулярно до основи рядка. Висота малих літер **c** визначається з відношення їх висоти (без відростків **k**) до розміру шрифту **h**, наприклад, $c = 7/10h$ (рис. 1.12, 1.13).

Ширина букви **g** - найбільша ширина літери, виміряна відповідно до рис. 1.12, визначається по відношенню до розміру шрифту **h**, наприклад, $g = 6 / 10h$, або по відношенню до товщини лінії шрифту **d**, наприклад, $g = 6d$.

Товщина лінії шрифту **d** - товщина, що визначається в залежності від типу і висоти шрифту.

Примітка. Стандартом встановлено, що для шрифту типу Б використовується також розмір 1,88 мм.

Стандартом встановлено два типу шрифтів (табл. 1.3) **А** і **Б** з нахилом (рис. 1.12) і без нахилу (рис. 1.13). За стандартом шрифт має бути нахиленим до основи рядка вправо під кутом 75° .



Рис. 1.12. Визначення розміру, товщини лінії і ширини букви шрифту з нахилом



Рис. 1.13. Визначення розміру, товщини лінії і ширини букви шрифту без нахилу

Встановлюються такі типи шрифту:

- тип А без нахилу ($d = 1/14 h$);
- тип А з нахилом близько 75° ($d = 1/14 h$);
- тип Б без нахилу ($d = 1/10 h$);
- тип Б з нахилом близько 75° ($d = 1/10 h$).

Встановлюються такі розміри шрифту: (1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40.

У креслярському шрифті використовують український (російський), латинський та грецький алфавіти, арабські та римські цифри, а також знаки. На рис. 1.14 наведено приклади виконання написів буквами, цифрами і знаками шрифту типу **Б** з нахилом.

Російський та український алфавіт:

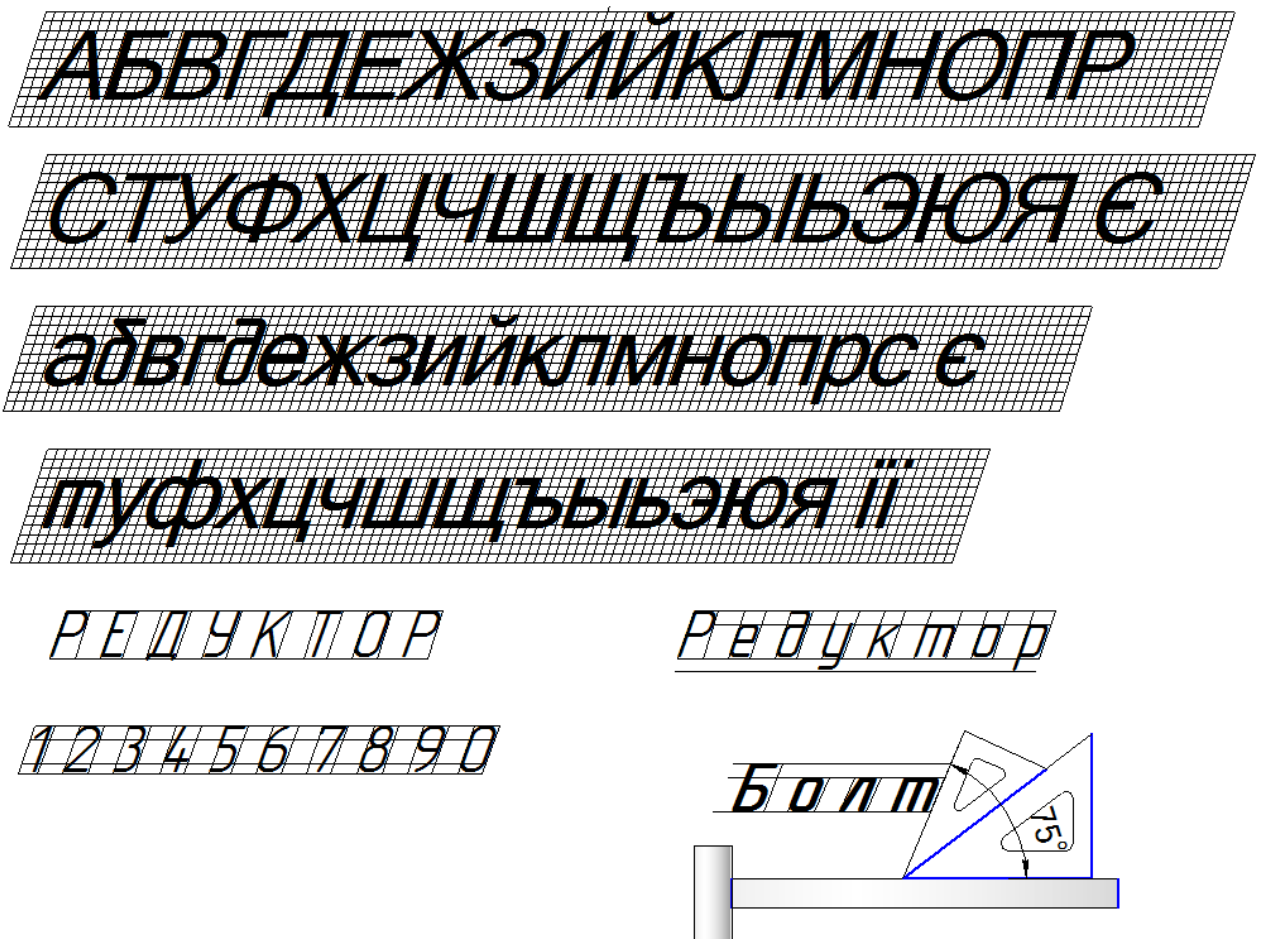


Рис. 1.14.

Латинський алфавіт

Шрифт типу А з нахилом наведений на рис. 1.15.



Рис. 1.15. Шрифт типу А з нахилом в латинському алфавіті

1.4. НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ

Терміни, визначення та правила нанесення розмірів на кресленні викладені в СКД ДСТУ 3321-96 і в ГОСТ 2.307-68. Ці правила регламентують також записи й умовності, що застосовуються при нанесенні розмірів. Розміри на кресленнях показують розмірними числами та розмірними лініями (рис. 1.16). Розмірні числа повинні відповідати дійсним розмірам, незалежно від того, в якому масштабі та з якою точністю виконано креслення. Розміри бувають лінійні - довжина, ширина, висота, величина діаметра, радіуса, дуги та розміри кутів. Розмірні лінії, які показують межі вимірювання, закінчуються стрілками.

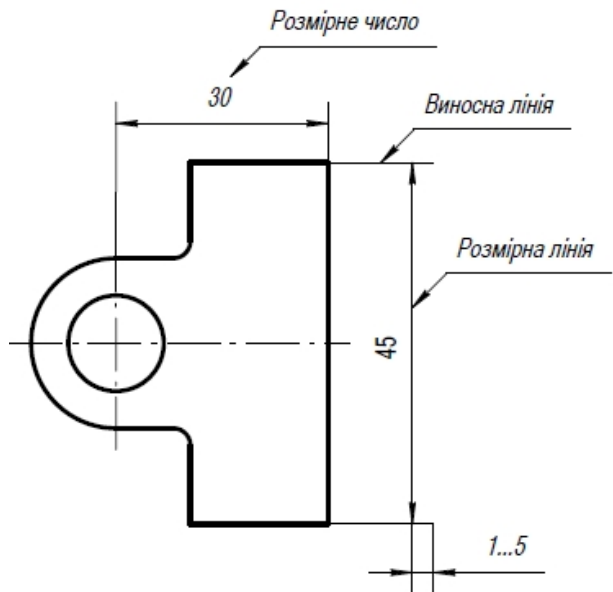


Рис. 1.16.

Форма стрілки та співвідношення її елементів показані на рис. 1.17.

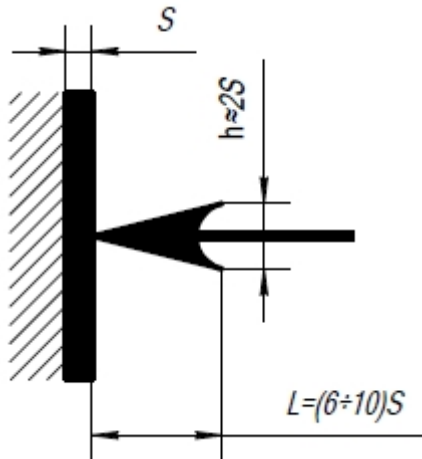


Рис. 1.17.

Розмірні та виносні лінії виконують суцільними тонкими лініями. Наносячи розмір прямолінійного відрізка, розмірну лінію проводять паралельно цьому відрізку, а виносні - перпендикулярно до розмірної.

Стрілки повинні торкатися вістрям відповідних ліній контуру, осьових, центрових та виносних ліній.

Виносні лінії, які є продовженням ліній видимого контуру, проводять для позначення меж вимірювання.

Якщо на кресленні мало місця для розмірної лінії, бо близько розміщена контурна чи виносна лінія, то такі лінії рекомендується переривати (рис. 1.18).

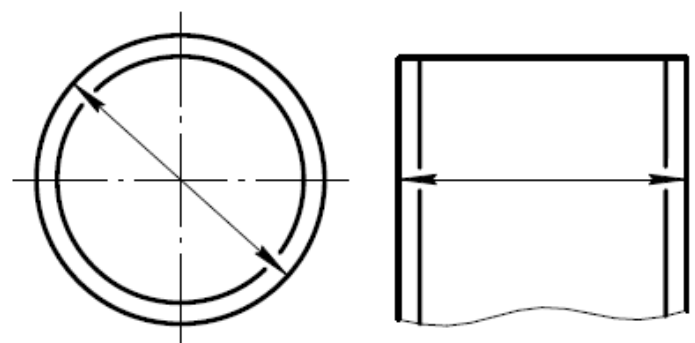


Рис. 1.18.

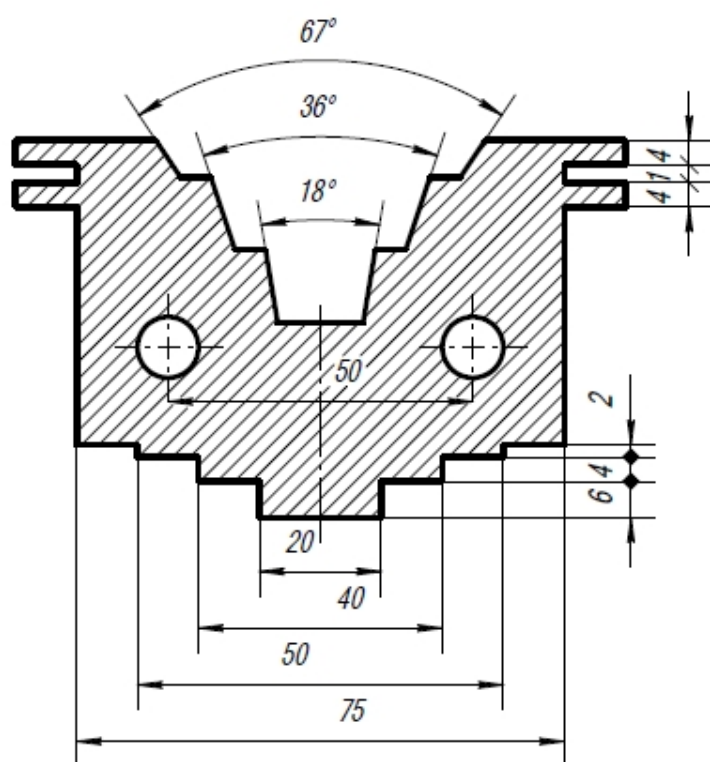


Рис. 1.19.

Виносні лінії слід продовжувати за стрілки на 1...5 мм. Мінімальна відстань між розмірною лінією та лінією видимого контуру повинна бути 10 мм, а між розмірними лініями – 7 мм.

Виносні та розмірні лінії не повинні перетинатися між собою. Розмірні числа слід проставляти над розмірною лінією паралельно їй і по змозі ближче до її середини. У разі нанесення кількох розмірних ліній на невеликій відстані одна від одної, розмірні числа над ними рекомендується розміщувати в шаховому порядку (рис. 1.19).

Якщо розмірні лінії розміщені ланцюжком і для стрілок не має місця, то їх допускається замінювати точками або засічками, які наносять під кутом 45° до розмірних ліній (див. рис. 1.19).

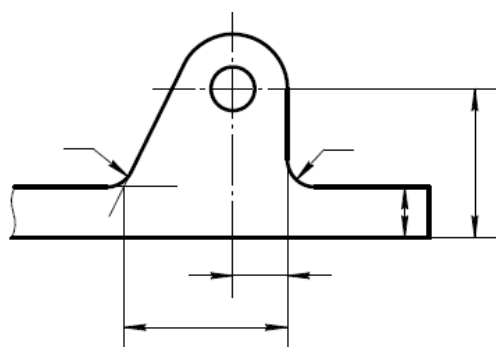


Рис. 1.20.

У випадку, показаному на (рис. 1.20), виносну лінію треба проводити від точки перетину подовжених ліній контуру або від центра дуги. У разі нанесення розміру кута розмірну лінію проводять у вигляді дуги з центром у вершині цього кута, а виносні лінії – радіально (рис. 1.19; див. рис. 1.21).

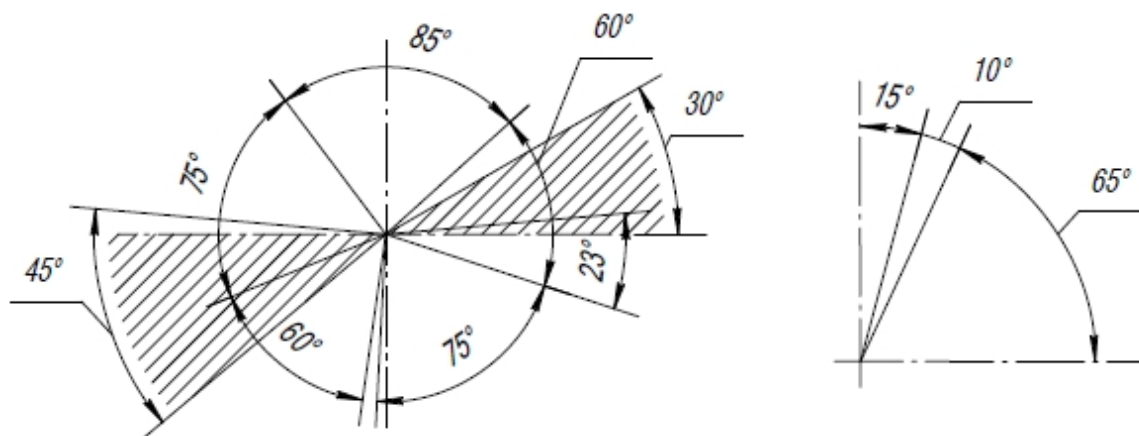


Рис. 1.21.

Показуючи довжину дуги кола, розмірну лінію проводять концентрично дузі, а виносні лінії – паралельно бісектрисі кута; над розмірним числом ставлять знак "∩" (рис. 1.22).

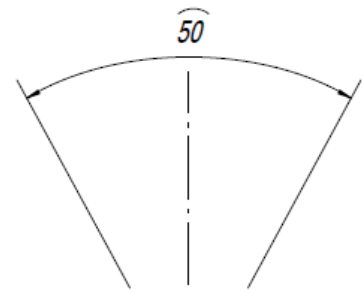


Рис. 1.22.

Кутові розміри слід показувати в градусах, хвилинах і секундах, при цьому градуси треба виражати числами (див. рис. 1.21).

Для позначення діаметра кола застосовують знак $\varnothing$ - коло, що перетинається відрізком, нахиленим до розмірної лінії під кутом 75° . Знак $\varnothing$ проставляють перед розмірним числом діаметра в усіх без винятку випадках. Приклади нанесення розмірів діаметра наведено на рис. 1.23.

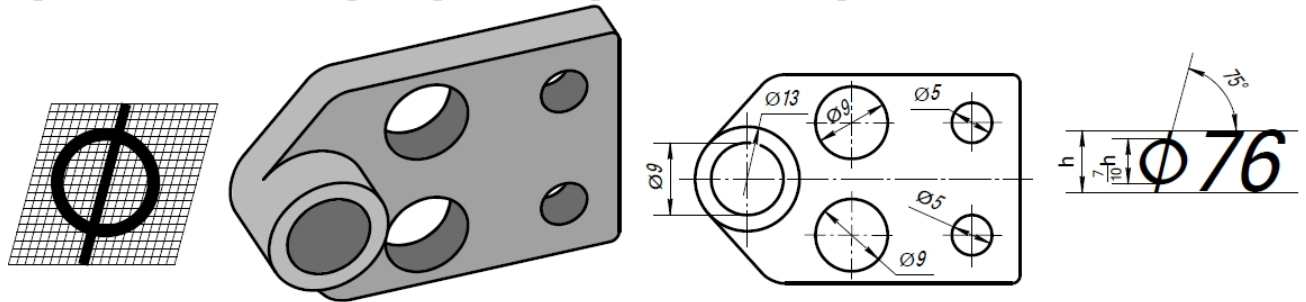


Рис. 1.23.

Допускається розмірну лінію для діаметра кола проводити з обривом незалежно від того, буде коло показане повністю, чи ні (рис. 1.24 б). Поєднуючи вигляд з розрізом, розмірні лінії, що належать внутрішнім обрисам предмета, проводять трохи вище за вісь (див. рис. 1.24 а).

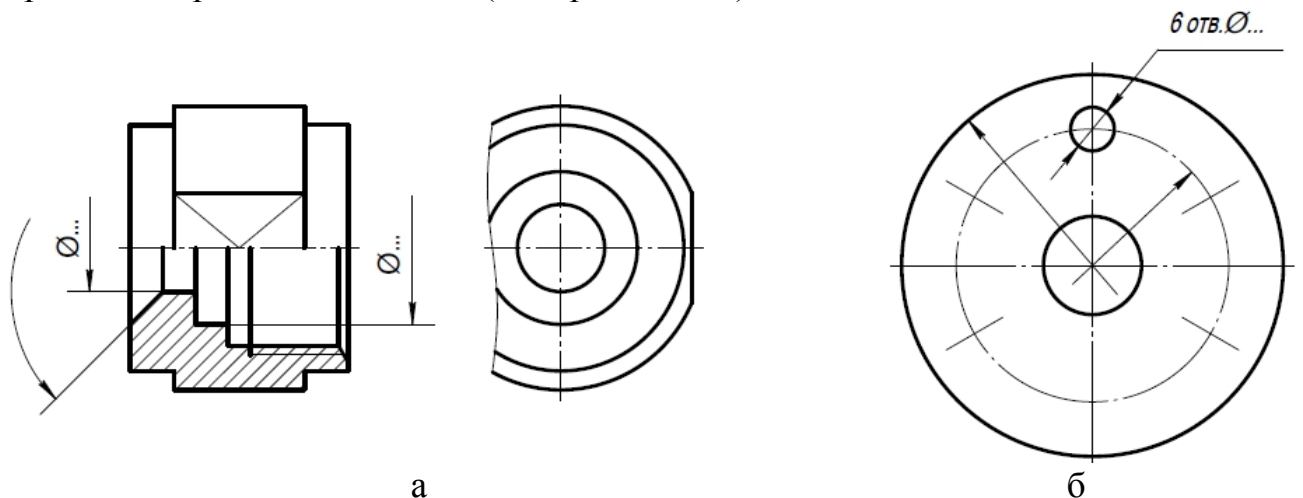


Рис. 1.24.

Якщо предмет зображують з розривом, то розмірну лінію проводять суцільною (рис. 1.25).

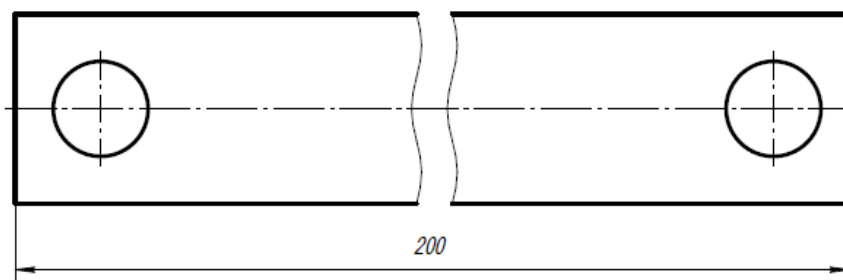


Рис. 1.25.

Перед розмірним числом радіуса також в усіх випадках треба ставити літеру R. Правила нанесення розміру радіуса пояснено на рис. 1.26.

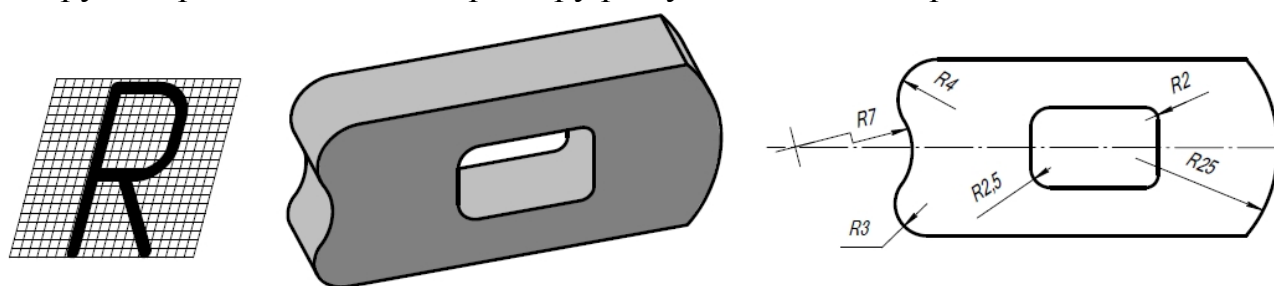


Рис. 1.26.

У тому разі, коли центр дуги, розташований на великій відстані, його можна наблизити до дуги, а радіус показати зі зломом під кутом 90° (R7 на рис. 1.26). Якщо центр дуги не фіксується на рисунку, розмірну лінію радіуса можна не доводити до центра (R25 на рис. 1.26). Радіуси зовнішніх і внутрішніх округлень треба показувати так, як це зображено на рис. 1.26. Розмірне число діаметра (радіуса) сфери також супроводжується знаками R і $\varnothing$, без напису "Сфера". Слово "Сфера" або знак $\varnothing$ наносять у тих випадках, коли на рисунку важко відрізнити сферу від інших поверхонь (наприклад, сфера $\varnothing 40$ або $\varnothing R12$).

Розміри квадрата і квадратного отвору позначають значком $\square$ перед розміром сторони квадрата (рис. 1.27). При цьому на зображенні грані суцільними тонкими лініями наносять діагоналі.

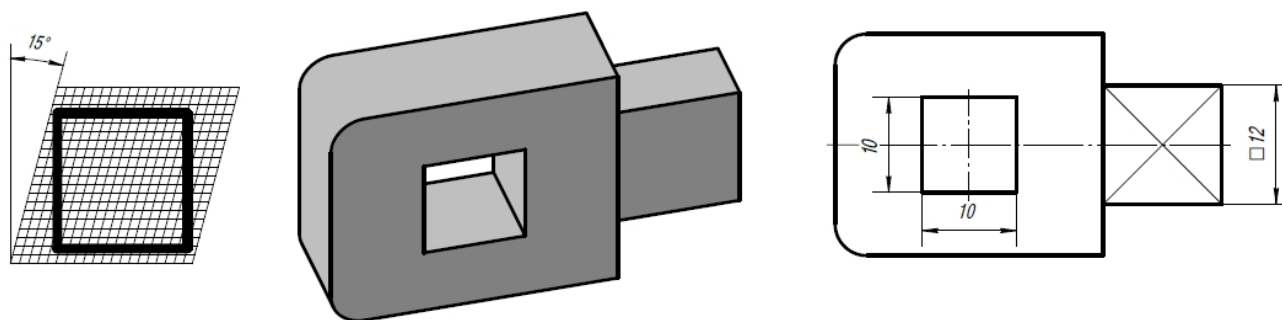


Рис. 1.27.

Залежно від нахилу розмірних ліній і розташування вимірюваних кутів, розмірні числа лінійних і кутових розмірів розміщують так, як показано на (рис. 1.28). Коли розмірна лінія чи вимірюваний кут розміщені в межах заштрихованої зони, розмірні числа рекомендується виносити на поличку.

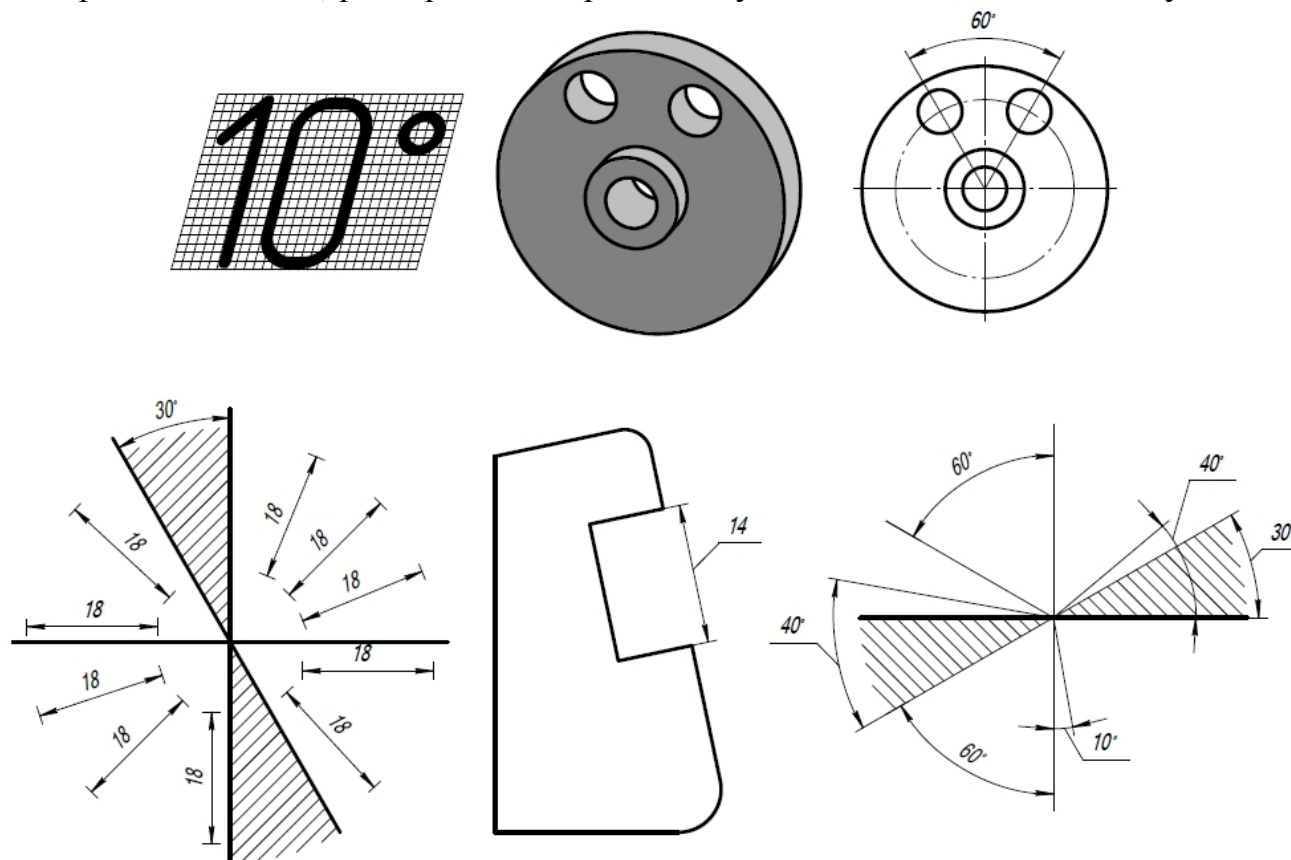


Рис. 1.28.

Для багатьох тіл обертання характерною величиною є конусність. Нахил лінії відносно горизонтальної чи вертикальної прямої характеризується похилом. Конусність і похил позначають на рисунках умовно. Розмірне число конусності подають у вигляді відношення, наприклад 1:2, або у відсотках, наприклад, 50%. Перед розмірним числом наносять умовний знак $\triangleleft$, вершина якого напрямлена в бік вершини конуса (рис. 1.29 а, б). Значення конусності пишуть над віссю конуса, або на поличці, розміщеній паралельно вісі. Величина конусності визначається відношенням різних діаметрів двох поперечних перерізів конуса до відстані між ними (рис. 1.29 б). Перед розмірним числом похилу, поданому у вигляді відношення або у відсотках, наносять знак $\angle$, вершина якого напрямлена в бік зниження похилу. Напис розміщують на поличці, яку сполучають з лінією похилу тонкою виносною лінією, що закінчується стрілкою (рис. 1.29 в). Поличку розміщують паралельно лінії, відносно якої будують похил.

Поширеним елементом машинобудівних деталей є фаска - скошена частина гострого ребра або кромки. Фаска на циліндричних та конічних стрижнях являє собою зрізаний конус. Розміри фасок під кутом 45° наносять

так, як показано на рис. 1.30, де перша цифра означає розмір катета у трикутнику, утвореному фаскою.

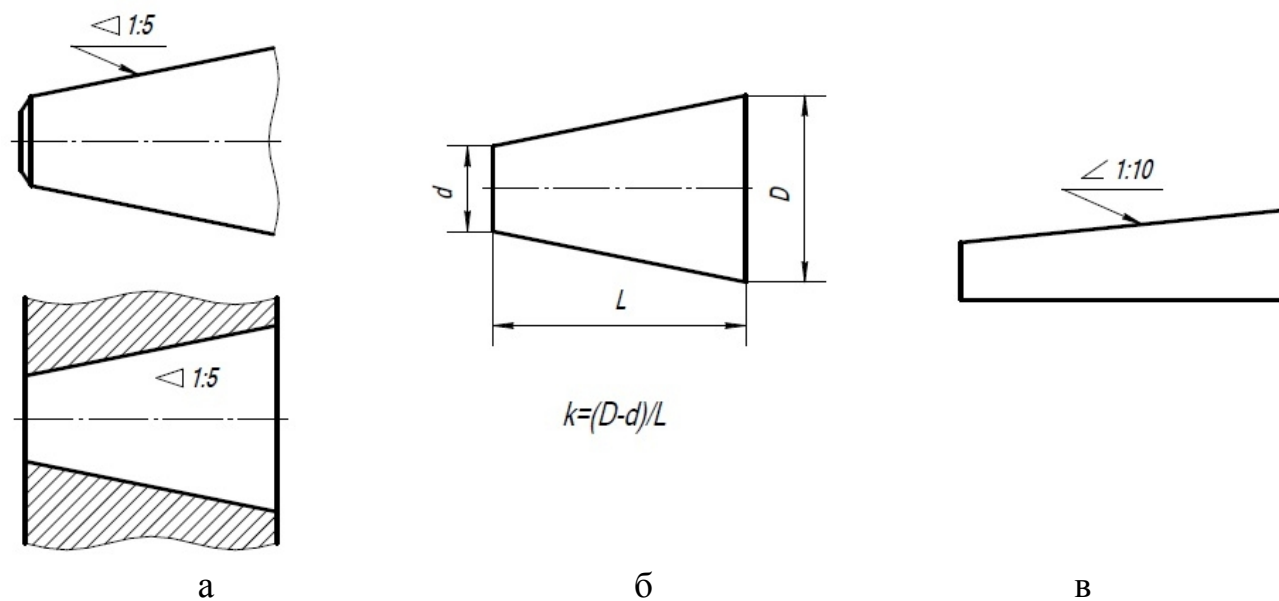


Рис. 1.29.

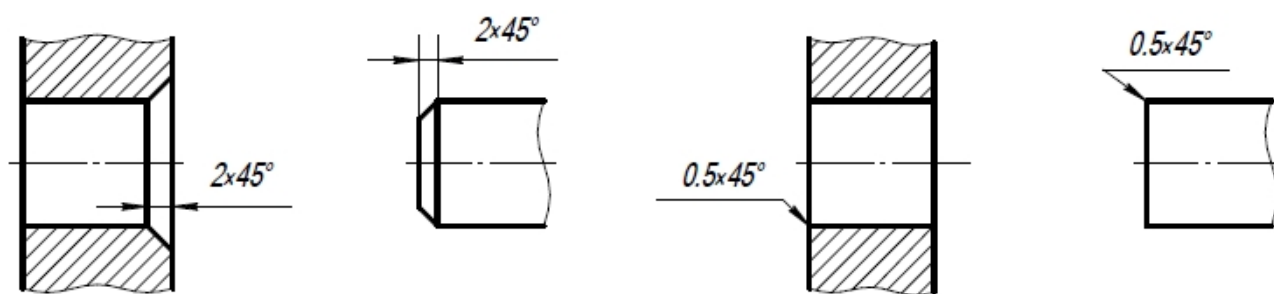


Рис. 1.30.

Розмір фасок під іншими кутами позначають за загальними правилами - кутовим і лінійним розмірами (рис. 1.31 а). Якщо на рисунку деталі зображено кілька фасок однакового розміру, то їхній розмір наносять один раз і додають напис: "2 фаски", "4 фаски" і т.п. (рис. 1.31 б).

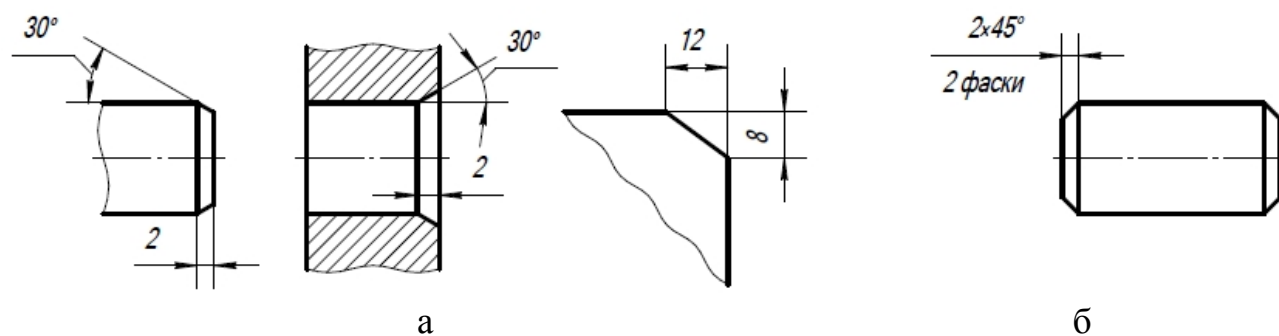


Рис. 1.31.

У тому разі, коли лінійні розміри, що визначають відстань між рівномірно розміщеними однаковими елементами предмета (наприклад, отворами), наносять ланцюжком, рекомендується показати розміри між сусідніми та між крайніми елементами, а останній подати у вигляді добутку кількості проміжків між елементами та розміру проміжку (рис. 1.32 а). Замість повторення розмірів однакових елементів (отворів, пазів) рекомендується наносити розмір одного елемента, зазначаючи їхню кількість (наприклад, "8 отв. $\varnothing 10$ " або "11 отв. $\varnothing 5$ " - рис. 1.32 б) та кутові розміри між центрами кіл (рис. 1.32 в). Якщо отвори розташовані по колу рівномірно, то кутові розміри між центрами не показують, а зазначають кількість отворів (рис. 1.32 г). При цьому допускається зображувати лише один, а решту – фіксувати їхніми центрами.

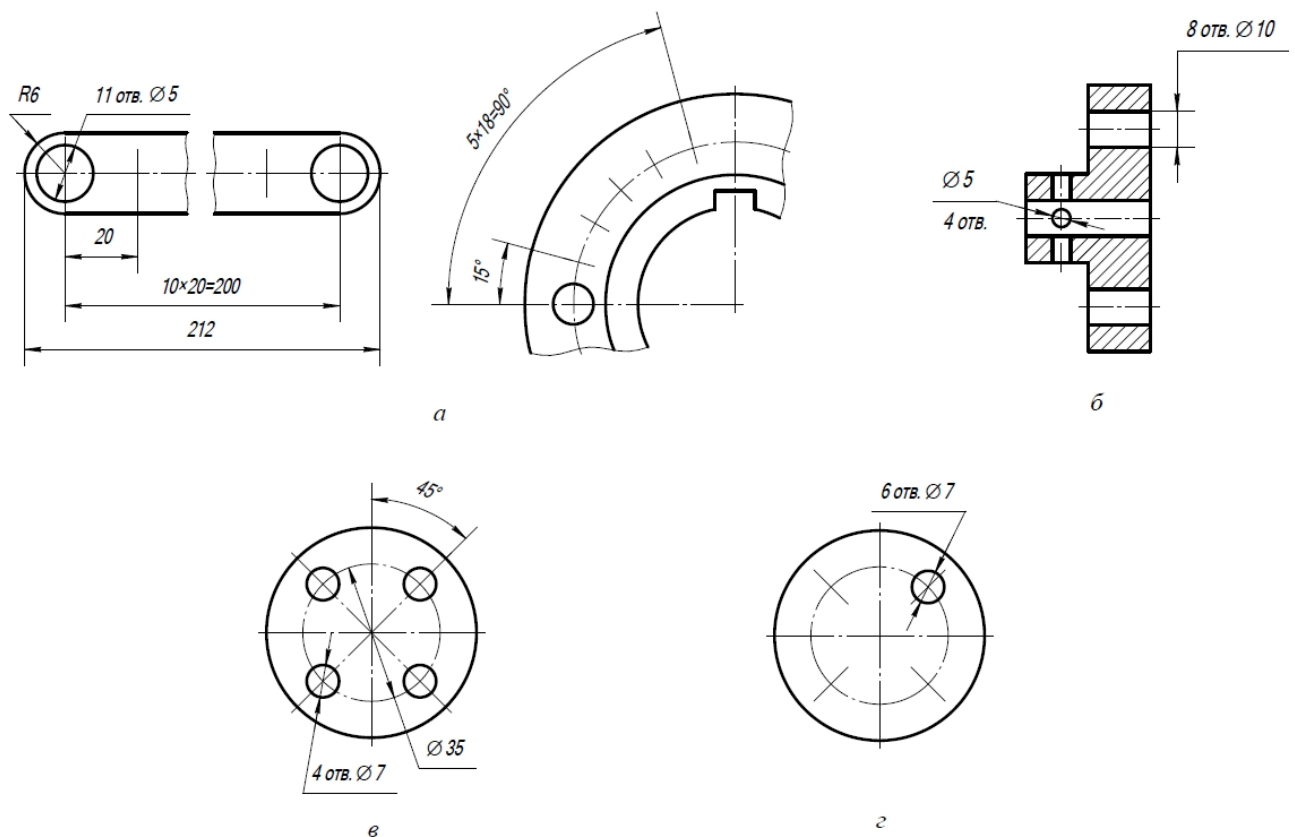


Рис. 1.32.

При нанесенні розмірів ряд суміжних лінійних або кутових розмірів наносять від поверхні, чи вісі, від якої ведеться відлік розмірів деталі, тобто від бази. Це можуть бути поверхні, лінії, точки(або їхнє поєднання), які визначають положення деталі у механізмі, або від яких залежить положення інших деталей. Розрізняють конструкторські та технологічні бази. На рис. 1.33 наведено приклад нанесення розмірів від конструкторських баз. Одну базу беруть за основну, решту - за допоміжні. На рис. 1.34 показано нанесення розмірів від основної та допоміжної баз.

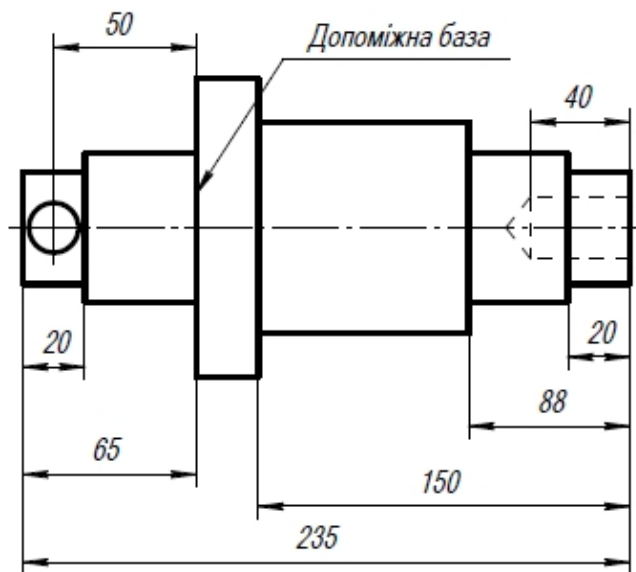


Рис. 1.33.

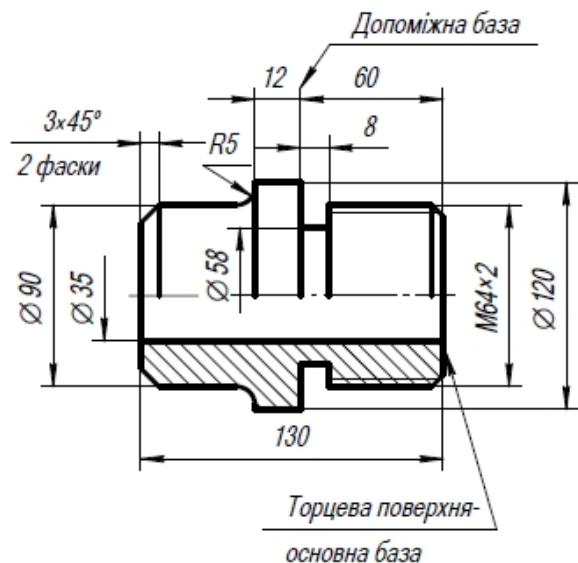


Рис. 1.34.

2. ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ В КРЕСЛЕННІ

2.1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Під геометричними побудовами розуміють елементарні побудови на площині, засновані на основних положеннях геометрії. До них відносяться: проведення взаємно перпендикулярних і паралельних прямих, поділ відрізків, кутів та ін. Геометричні побудови виконують циркулем і лінійкою (рейсшиною) або лінійкою і косинцем. Знання геометричних побудов дозволяє правильно накреслити контур будь-якого виробу. Виконання геометричних побудов дає можливість учням оволодіти правильними прийомами роботи креслярськими інструментами. Таким чином, геометричні побудови є основою для виконання креслення. Знання їх значно прискорює виконання креслення, так як дозволяє в кожному випадку вибрати найбільш раціональні прийоми побудов.

Графічні побудови завжди неточні, але ступінь неточності може бути різною, побудова буде більш точно, якщо вона містить мало операцій (під операцією розуміють проведення прямої лінії, креслення дуги, відкладання відрізка і т. п.). Тому при вирішенні задачі на побудову дуже важливо вибрати найбільш короткий шлях.

Точність геометричних побудов багато в чому залежить від акуратності й уваги працюючого. При цьому необхідно мати на увазі наступне:

1. Проведені лінії повинні бути тонкими і креслити їх потрібно твердим олівцем.
2. Точку на кресленні слід задавати як точку перетину двох ліній: двох прямих, двох дуг або прямої і дуги. У всіх випадках потрібно прагнути до того, щоб кут між цими лініями був прямим або наближався до нього.

3. Проводячи пряму через дві точки, бажано брати їх подалі одна від одної, так як при зближенні точок збільшується можливість відхилення прямої від її істинного напрямку.

2.2. ПОБУДОВА ПОХИЛУ ТА КОНУСНОСТІ

Похил. Величина, яка характеризує нахил однієї лінії відносно іншої, називається похилом. Для визначення похилу прямої OB , нахиленої до горизонтальної прямої OA під кутом α (рис. 2.1), на цій прямій виберемо довільну точку B і з неї опустимо перпендикуляр на OA .

Відношення $\frac{AB}{AO} = \frac{b}{a} = S = \operatorname{tg} \alpha$ показує похил прямої OB до OA . Для побудови заданого похилу, наприклад 1:3, на горизонтальній прямій відкладемо три однакові відрізки довільної довжини (рис. 2.2). Потім з кінця A горизонтального відрізка встановимо перпендикуляр AB завдовжки в один відрізок. З'єднавши точки O і B , одержимо лінію, побудовану з похилом 1:3.

Значення похилу записують на поличці лінії-виноска, розміщеної паралельно напрямку, за яким визначають похил. Перед розмірним числом, яким позначено похил наносять знак $\searrow$, або $\swarrow$ (гострий кут, спрямований у бік похилу).

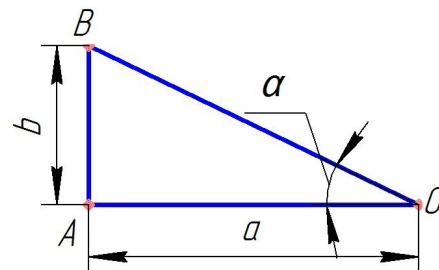


Рис. 2.1.

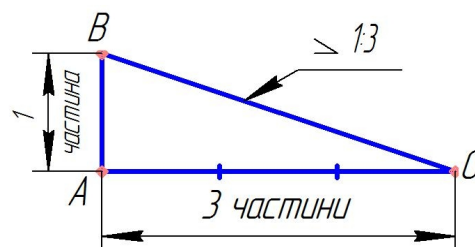


Рис. 2.2.

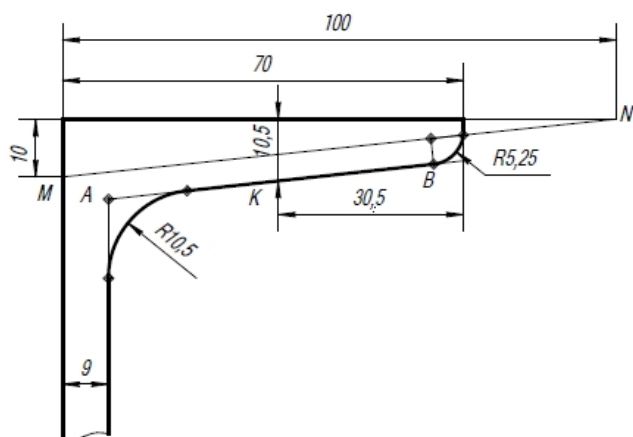


Рис. 2.3.

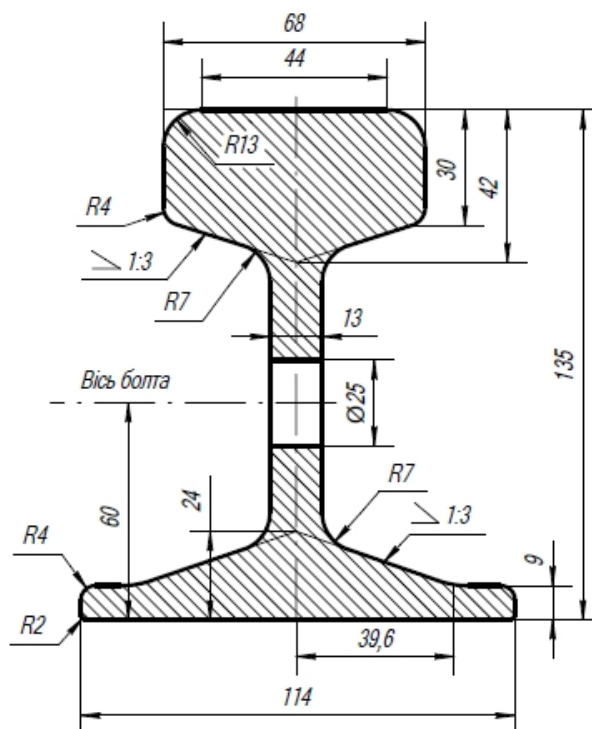


Рис. 2.4.

Побудову похилів застосовують при кресленні багатьох деталей, зокрема, при виконанні креслень профілів сталевих балок. На рис. 2.3 показано побудову верхньої частини (полічки) швелера за заданими розмірами, де ширина полічки – 70 мм, її похил – 1:10, товщина стінки швелера – 9 мм. На рис. 2.4 наведено креслення профілю залізничної рейки, нижня частина контуру рейкової головки та опорна полічка мають похил 1:3.

Конусність. Цей параметр являє собою відношення діаметра кола основи прямого конуса до його висоти (рис. 2.5), тобто $C = D / H$, а для зрізаного конуса – відношення різниці між діаметрами кіл основ до висоти (відстані між центрами цих основ): $C = (D - d) / h$. Конусність, як і похил, виражається простим та десятковим дробом, або в процентах. Числове значення конусності записують на полічці лінії-виноски, розміщеної паралельно осі конуса, або на осі (див. рис. 2.5). Перед розмірним числом ставиться знак конусності ∇ – рівнобедрений трикутник, вершина якого спрямована в бік вершини конуса. На рис. 2.6 показано один з можливих варіантів нанесення розмірів форми та положення зовнішнього конуса деталі.

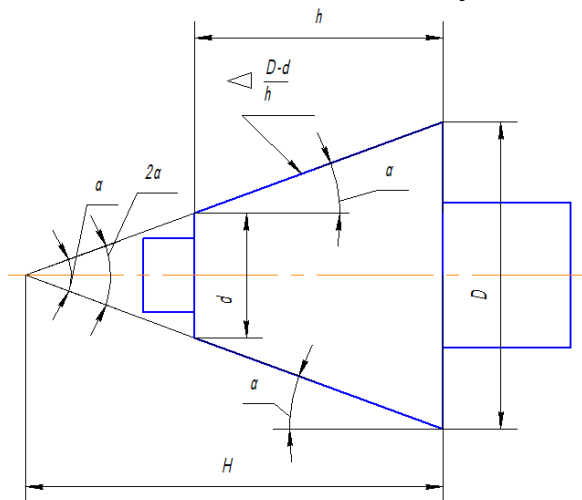


Рис. 2.5.

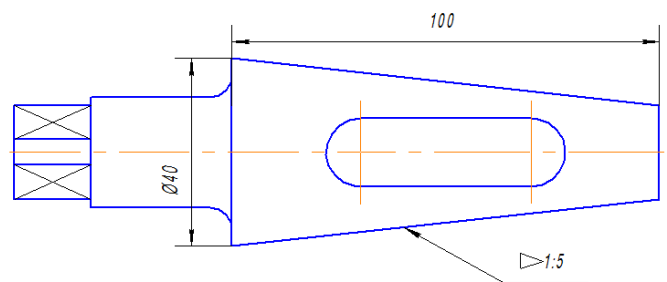


Рис. 2.6.

Побудова похилу. Якщо потрібно через точку А, що належить прямій АВ (рис. 2.7), провести пряму з похилом $i = 1 : n$ відносно АВ, треба відкласти від точки А за напрямком даної прямої n довільних одиниць; в кінці отриманого відрізка АЕ – побудувати перпендикуляр ЕС довжиною в одну одиницю. Гіпотенуза АС побудованого прямокутного трикутника визначає шукану пряму.

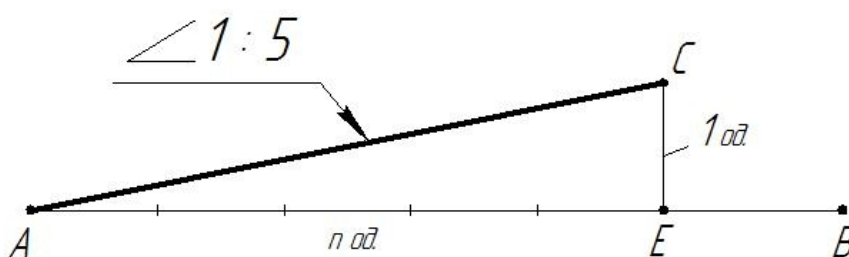


Рис. 2.7. Побудова похилу через точку, що належить прямій

2.3. ПОДІЛ КОЛА НА РІВНІ ЧАСТИНИ, ПОБУДОВА ПРАВИЛЬНИХ ВПИСАНИХ БАГАТОКУТНИКІВ

У загальному випадку, щоб поділити коло на однакові частини, визначають кут сектора за формулою $\alpha = 360^\circ/n$, де n – кількість частин, на які ділять коло.

Поділ кола на чотири і вісім частин. Щоб побудувати квадрат, який вписаний в коло, тобто правильний чотирикутник, коло ділять взаємноперпендикулярними діаметрами на чотири рівних частини (рис. 2.8 а).

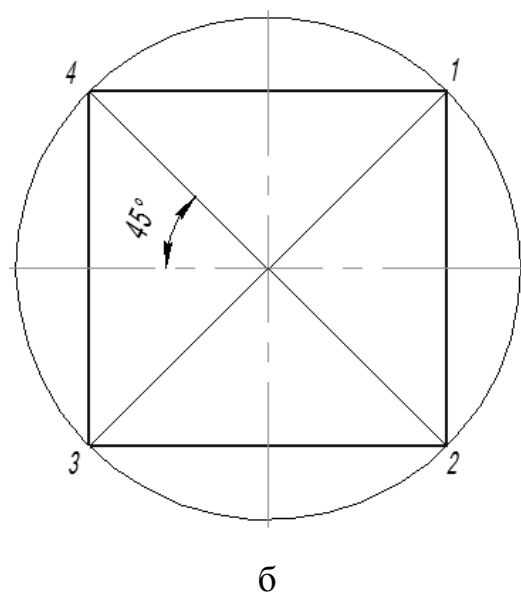
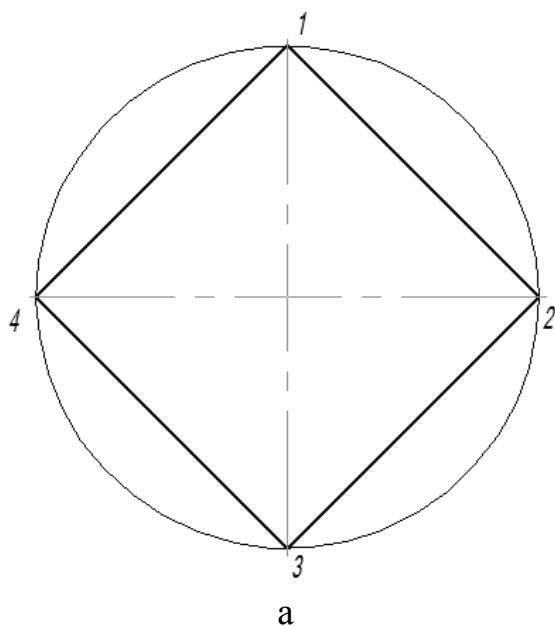


Рис. 2.8.

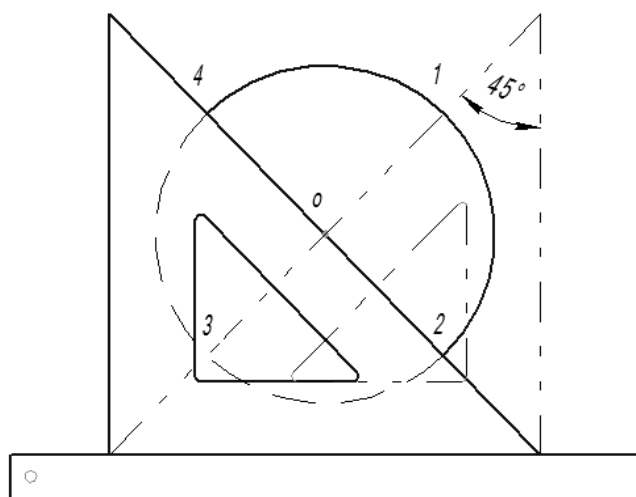


Рис. 2.9.

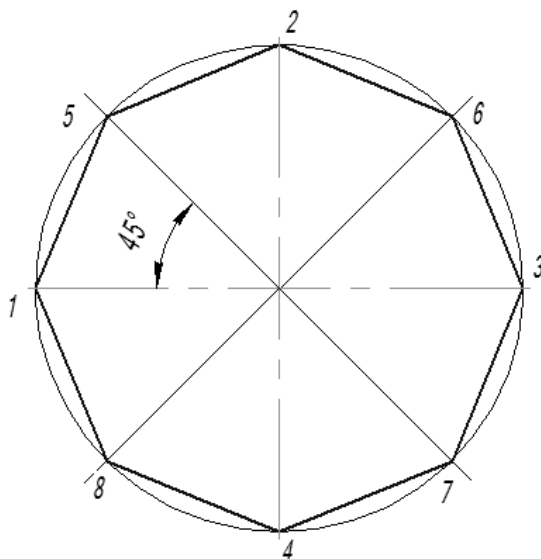


Рис. 2.10.

На рис. 2.9. показано, як ділиться коло на чотири рівні частини двома косинцями з кутами 45° . У даному разі вписаний квадрат матиме вигляд, зображений на рис. 2.8 б.

На основі цих способів поділу на чотири рівні частини коло можна поділити на вісім рівних частин і вписати в нього правильний восьмикутник (рис. 2.10).

Поділ кола на три і сім однакових частин. Щоб поділити коло на три однакові частини і вписати в нього правильний трикутник, з точки перетину центральної лінії з колом, наприклад з точки A (рис. 2.11), як із центра, проводимо додаткову дугу радіусом, який дорівнює радіусу R даного кола. Одержуємо точки B і C . Точками B , C , D коло поділено на три однакові частини.

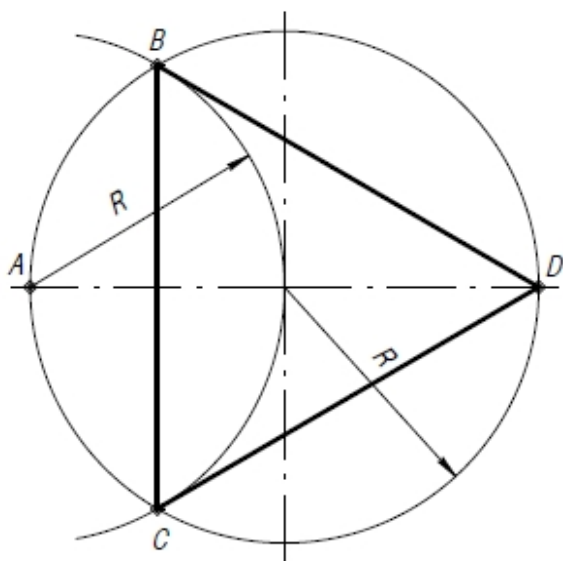


Рис. 2.11.

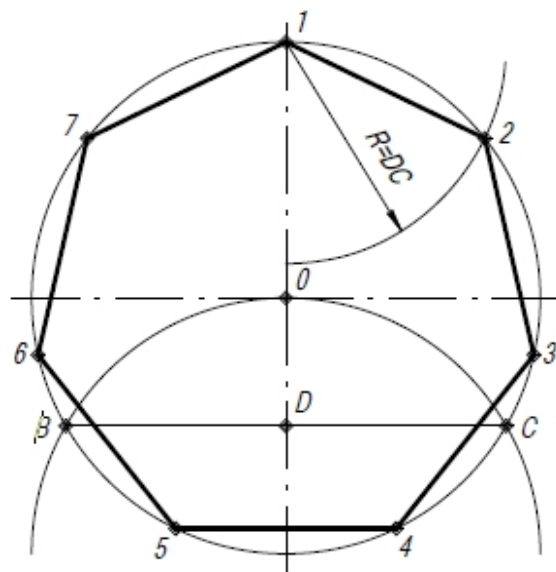


Рис. 2.12.

Щоб побудувати правильний вписаний семикутник, можна вважати, що сторона правильного семикутника дорівнює половині сторони правильного трикутника.

Для побудови спочатку графічно визначаємо довжину сторони правильного трикутника (рис. 2.12), застосувавши описаний вище спосіб. Тоді $BC = DC$ дорівнює стороні правильного вписаного семикутника. З будь-якої довільної точки на колі (наприклад 1) послідовно засічками ($R = DC$) відкладаємо розмір сторони семикутника. З'єднавши одержані точки 1, 2 ..., 7, будемо правильний вписаний семикутник.

Поділ кола на шість і дванадцять однакових частин. Щоб розділити коло на шість рівних частин з двох протилежних точок перетину центральної лінії з колом A і B (рис. 2.13) опишемо дві дуги радіусом, що дорівнює радіусу заданого кола.

Одержимо точки 2, 6, 3, 5. Разом з точками A і B вони ділять коло на шість рівних частин. З'єднавши прямими лініями точки 1 ... 6, матимемо правильний вписаний шестикутник.

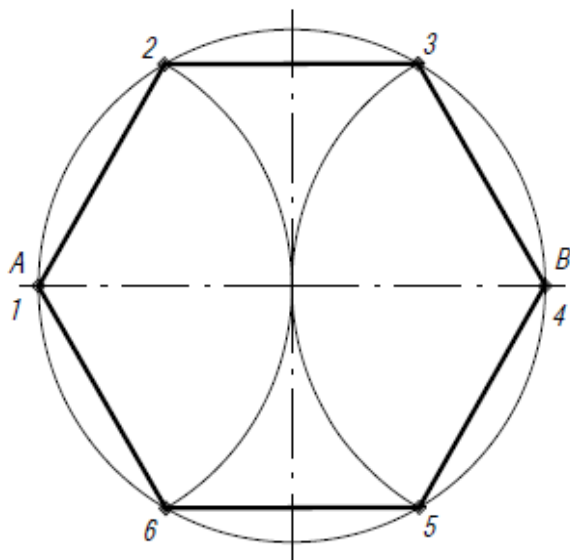


Рис. 2.13.

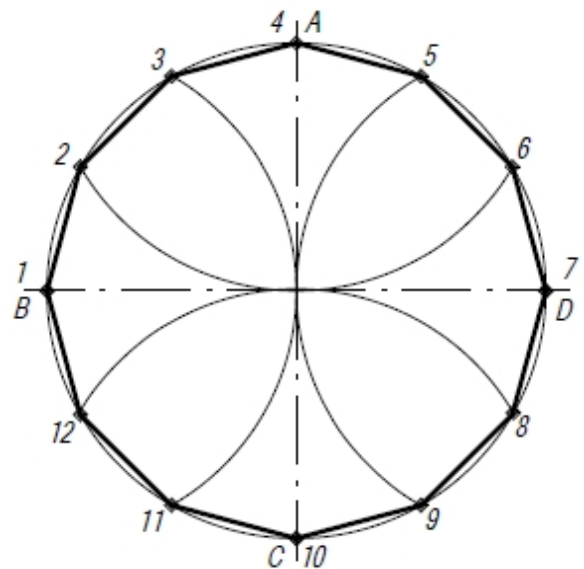


Рис. 4.14.

Побудову дванадцятикутника здійснюємо за допомогою циркуля аналогічно побудові шестикутника. Для цього з точок А, В, С, D, – кінців взаємно перпендикулярних діаметрів кола (рис. 2.14) як із центрів проведемо дуги тим же радіусом, що й у кола. Одержані точки перетину дуг з колом і будуть вершинами правильного дванадцятикутника.

Поділ кола на п'ять однакових частин (рис. 2.15). Горизонтальний радіус кола поділимо точкою Е на дві рівні частини, після чого з точки Е, як із центра опишемо дугу радіусом ЕА до перетину з діаметром BD в точці F. Відрізок AF дорівнює стороні правильного п'ятикутника. Відклавши AF, як хорду, вздовж кола, отримаємо точки 1 ... 5, які є вершинами правильного п'ятикутника. Відрізок OF дорівнює стороні десятикутника та ділить коло на десять рівних частин (рис. 2.16).

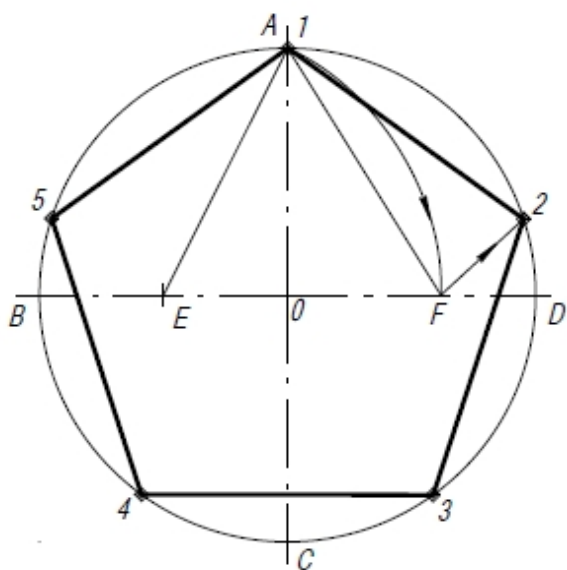


Рис. 2.15.

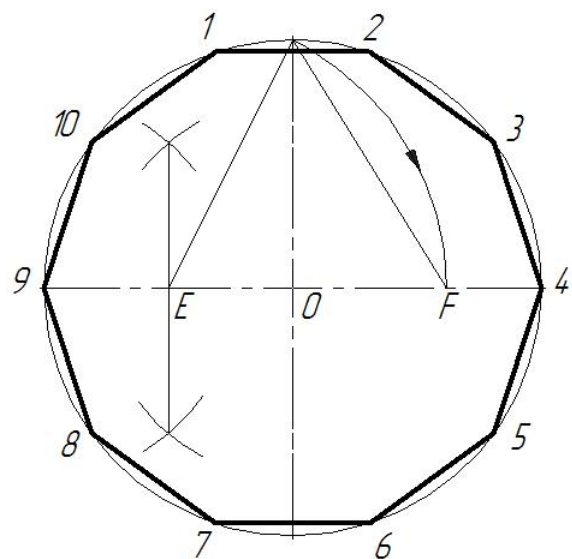


Рис. 2.16.

2.4. СПРЯЖЕННЯ

Спряженням прийнято називати плавний перехід між двома лініями (між прямою лінією і дугою або між двома дугами). Точка, в якій відбувається плавний перехід, називається точкою спряження.

В графічних побудовах, особливо при зображенні креслень литих деталей, виникає потреба у виконанні плавних переходів:

а) від однієї прямої лінії до іншої.

Спряження двох прямих, які є сторонами прямого, гострого або тупого кутів, дугою радіуса R . Побудова зводиться до проведення дуги кола дотичної до обох даних прямих (рис. 2.17 а, б, в). Щоб визначити центр цієї дуги проводять допоміжні прямі, паралельні даним, на відстані радіуса R . Точка перетину цих прямих і буде центром O дуги спряження. Перпендикуляри, опущені з центра O на дані прямі, визначають точки спряження A і B , що обмежують дугу спряження.

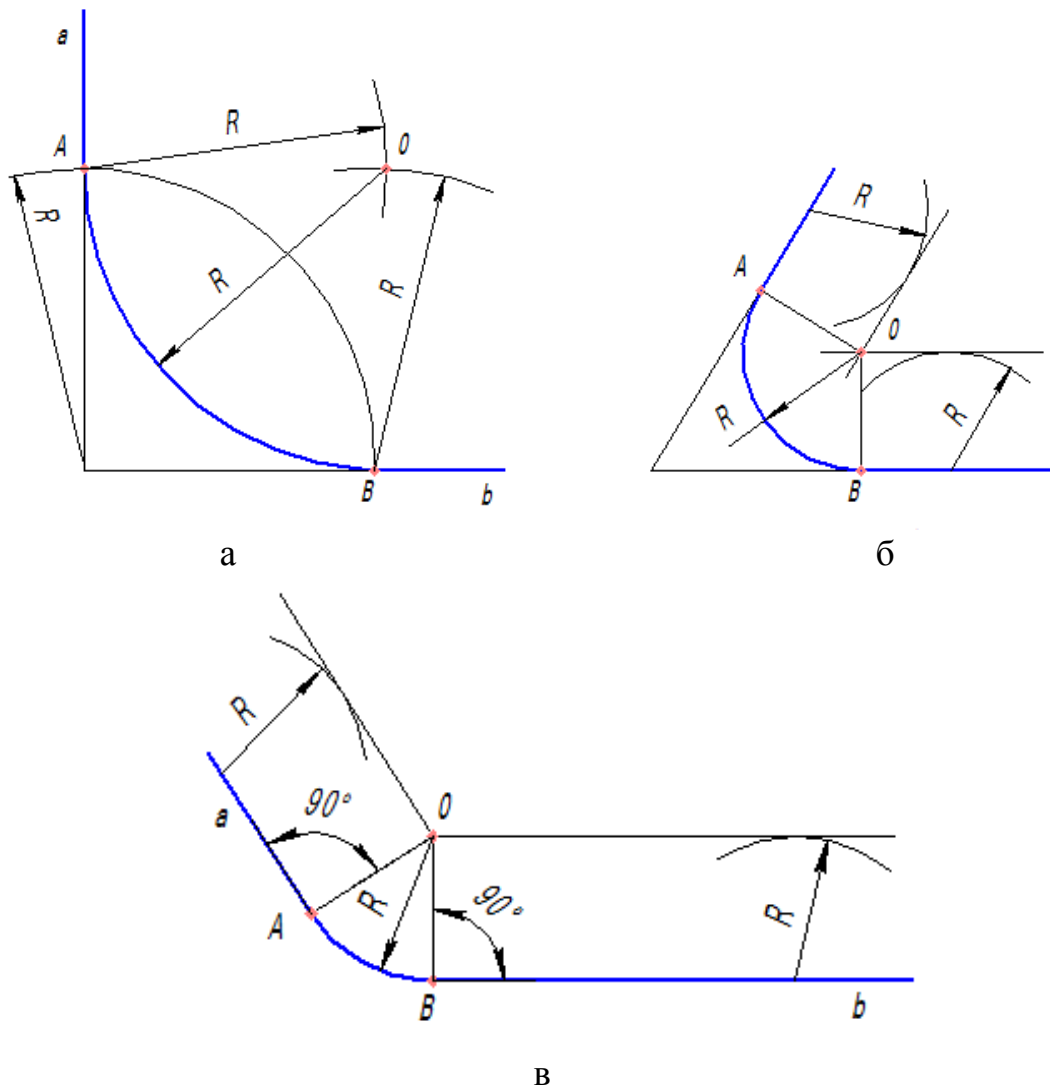
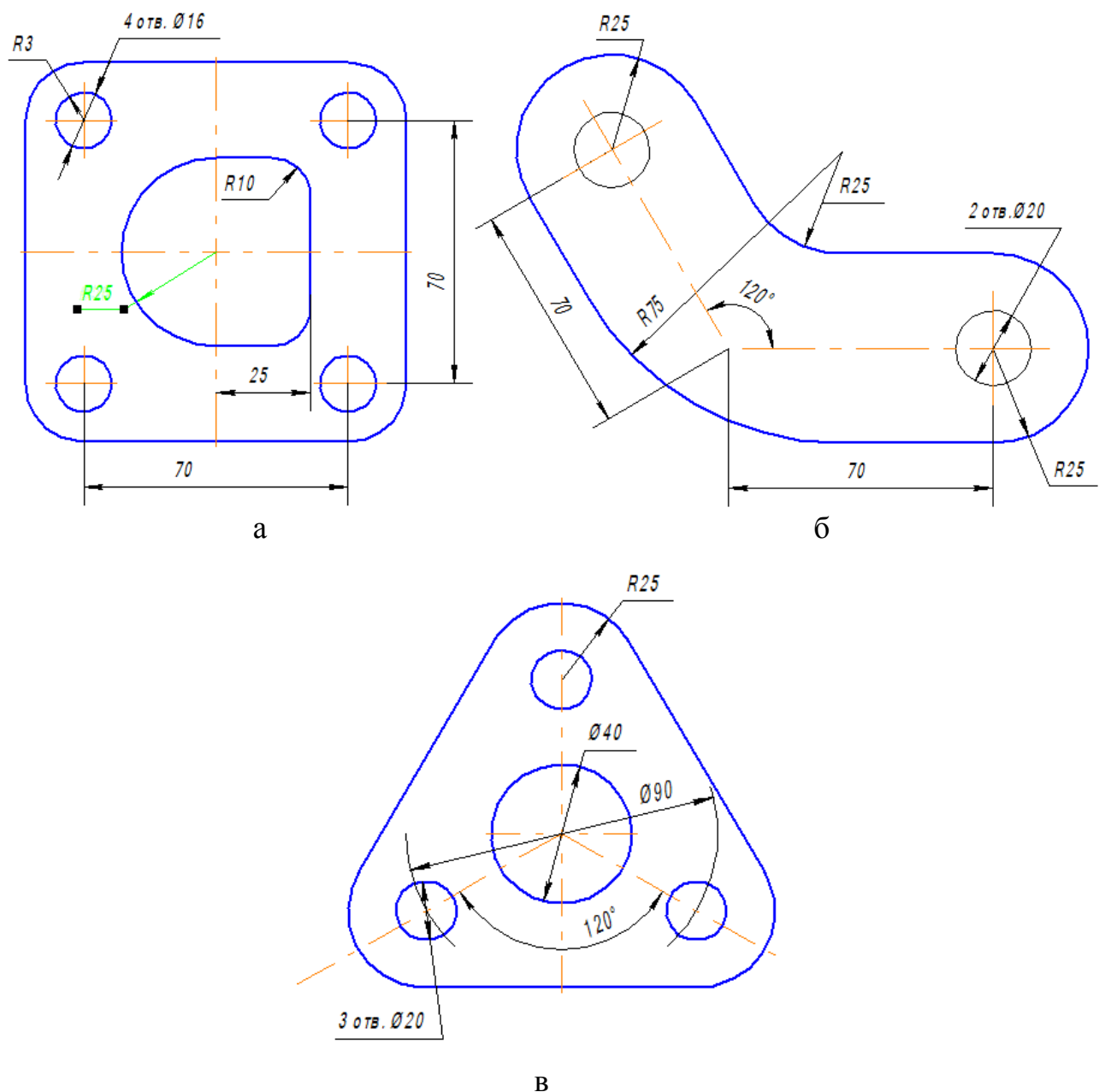


Рис. 2.17.

На рис. 2.18 наведено технічні деталі, де мають місце розглянуті типи спряжень.



в
Рис. 2.18.

б) між прямою і колом.

Будують два типи спряження прямої з колом – внутрішнє і зовнішнє (рис. 2.19).

При зовнішньому спряженні (рис. 2.19 а) на відстані, що дорівнює радіусу R дуги спряження, з центра O_1 проведемо допоміжну дугу радіусом $R_1 + R$, до перетину з прямою, проведеною паралельно прямій на відстані R . Одержимо точку O_2 – центр спряження. З'єднавши центри O_1 та O_2 в перетині з заданим колом матимемо одну з точок спряження A . Опустимо перпендикуляр з центра спряження O_2 на пряму й одержимо другу точку спряження B . З центра O_2 проведемо дугу спряження радіусом R . При внутрішньому спряженні (рис. 2.19 б) виконують ті самі побудови з тією лише відмінністю, що допоміжну дугу проводять радіусом $R_1 - R_2$.

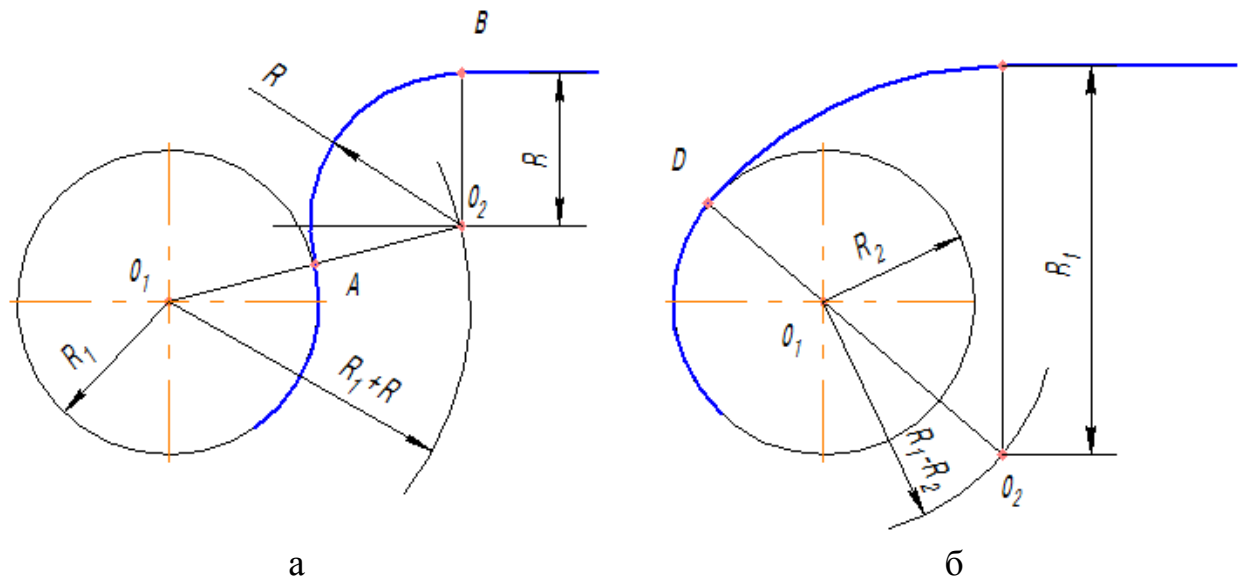


Рис. 2.19.

На рис. 2.20 зображено сергу, контур якої має зовнішнє спряження кола ($R = 9$ мм) з прямою за допомогою дуги ($R = 11$ мм) та внутрішнє спряження горизонтальної лінії з колом діаметра 18 мм дугою радіуса $R = 20$ мм.

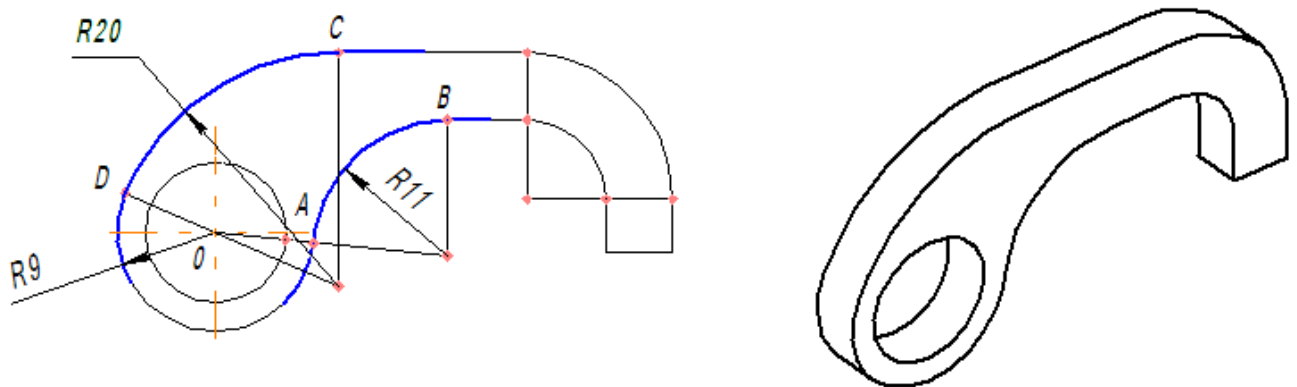


Рис. 2.20.

в) між двома колами.

У графічних побудовах розрізняють три типи спряження двох кіл: зовнішнє, внутрішнє і змішане (рис. 2.21).

При зовнішньому спряженні двох кіл (рис. 2.21 а) центр O лежить у точці перетину допоміжних дуг радіусів $R_1 + R$ і $R_2 + R$, які проведені з центрів O_1 і O_2 . Точки спряження A і B визначаємо, як точки перетину заданих дуг з прямими OO_1 і OO_2 .

На рис. 2.21 б зображено внутрішнє спряження дуг радіусів R_1 і R_2 за допомогою дуги радіуса R . З центрів O_1 і O_2 проведемо дві допоміжні дуги радіусами $R - R_1$ і $R - R_2$, які в перетині дають центр спряження O . Прямі OO_1 і OO_2 , перетинаючи задані дуги, дають точки спряження A і B .

При змішаному спряженні (рис. 2.21 в) центр спряження знаходимо, як точку перетину двох допоміжних дуг радіусів $R + R_1$ і $R - R_2$, проведених

відповідно з центрів заданих дуг O_1 і O_2 . Точки спряження A і B визначаємо так, як і в попередніх випадках.

На рис 2.21 г, д, е зображено побудову конкретних деталей (важіль, прокладка, гак), що мають спряження.

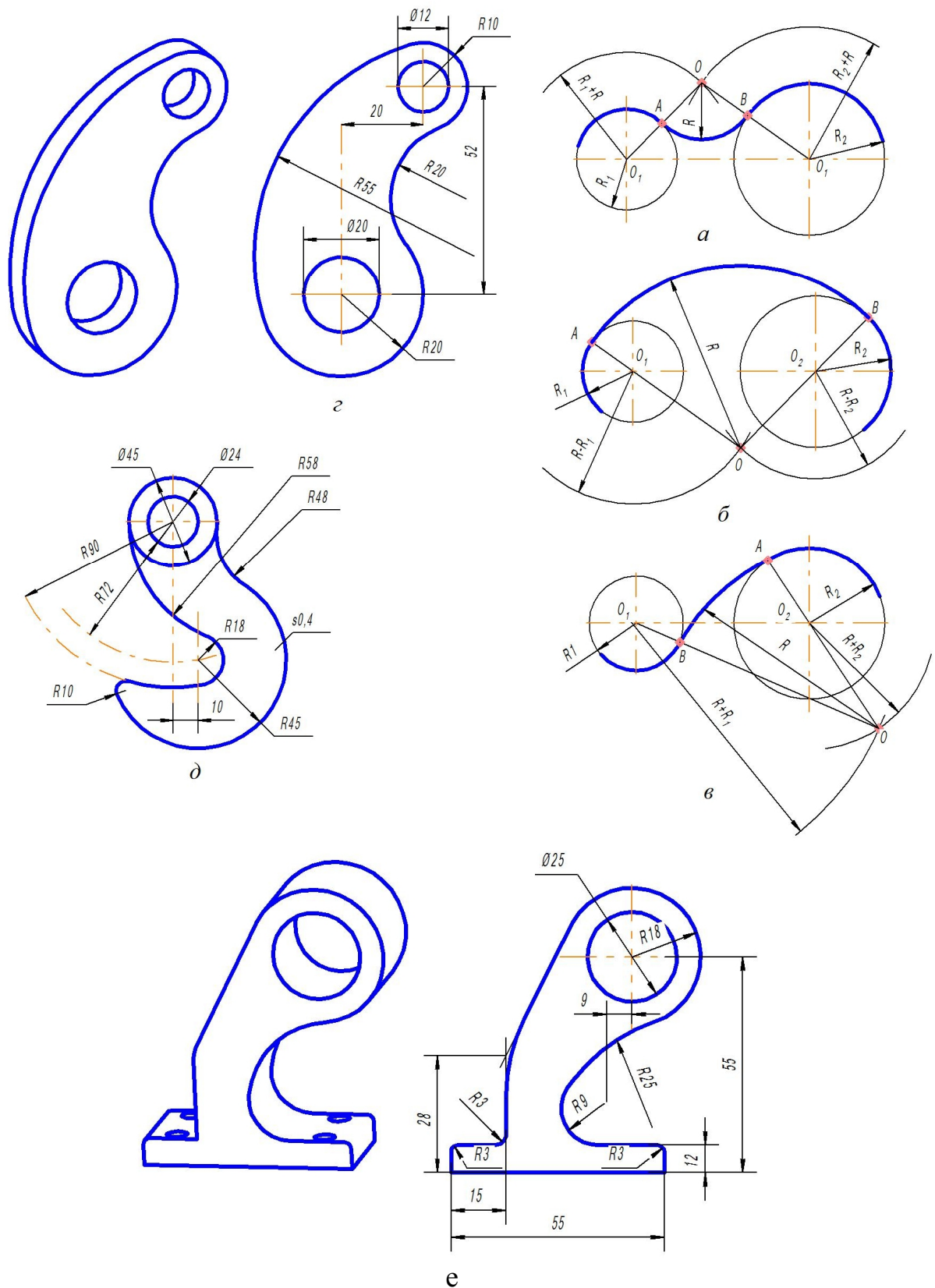


Рис. 2.21.

г) побудова прямої, що є дотичною до кола. Пряма, дотична до кола, складає кут 90° з радіусом, проведеним в точку дотику. Таким чином, для побудови прямої, що дотична до кола в заданій точці К, треба провести шукану пряму перпендикулярно до радіуса ОК (рис. 2.22).

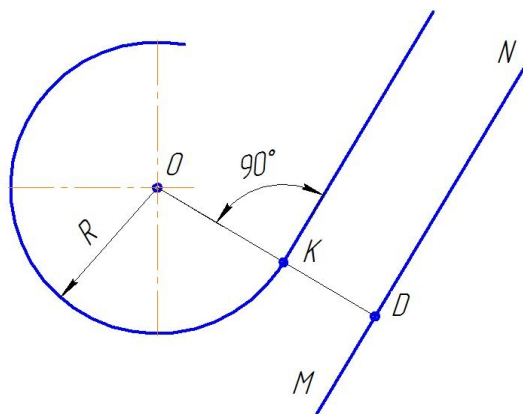


Рис. 2.22. Побудова прямої, дотичної до кола

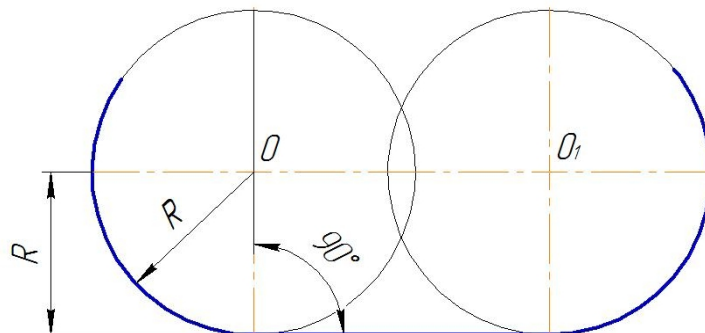


Рис. 2.23. Побудова кола, дотичного до прямої

Для проведення дотичної до кола, паралельної даній прямій MN треба з центру О опустити перпендикуляр OD на пряму MN; перетин його з колом визначить точку дотику К.

д) проведення кола, дотичного до даної прямої. Геометричним місцем центрів кіл, дотичних до даної прямої, є пряма, паралельна даній прямій, що відстоїть від неї на величину радіуса кола. Будь-яка точка цієї прямої може розглядатися як шуканий центр дотичного кола. Для знаходження точки дотику досить з наміченого центру опустити перпендикуляр на пряму (рис. 2.23).

е) дотик двох кіл. При зовнішньому торканні кіл відстань між їх центрами дорівнює сумі радіусів кіл і точка дотику лежить на прямій, що сполучає їх центри. Якщо радіуси кіл R і R_1 і центри O і O_1 , то $OO_1 = R + R_1$, (рис. 2.24).

Якщо дане коло радіуса R з центром O і до нього потрібно провести дотичне коло радіусом R_1 , то з центру O даного кола проводять дугу допоміжного кола радіуса $R + R_1$. Будь-яка точка цієї дуги може бути прийнята за центр шуканого кола радіуса R_1 . Якщо точка дотику К задана, то, провівши пряму ОК до перетину з дугою допоміжного кола, знаходять центр шуканої окружності O_1 .

При внутрішньому дотику кіл відстань між їх центрами OO_1 дорівнює різниці їх радіусів, тобто $OO_1 = R - R_1$ (рис. 2.25). В цьому випадку допоміжне коло проводиться радіусом $R - R_1$; точка дотику кіл К лежатиме на продовженні прямої OO_1 .

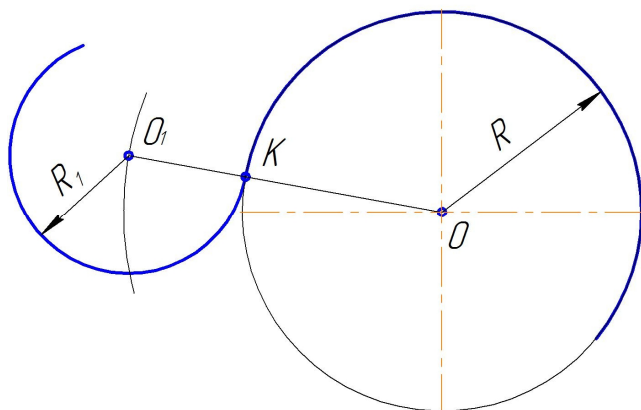


Рис. 2.24. Зовнішній дотик двох кіл

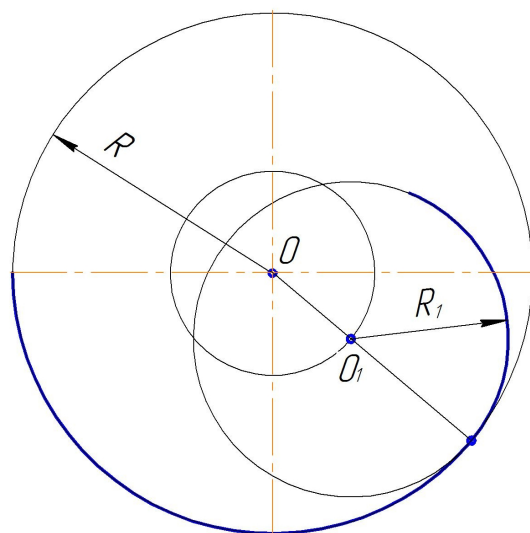


Рис. 2.25. Внутрішній дотик двох кіл

Спряження кола і прямої за умови, що дуга спряження повинна проходити через точку A на прямій (рис. 2.26). З цієї точки A на прямій LM проводимо перпендикуляр до прямої LM; на його продовженні відкладається відрізок AB, що дорівнює радіусу R кола ($AB = R$).

Отримана таким чином точка B з'єднується з центром кола O_1 , з точки A проводиться пряма AK, паралельна лінії BO_1 ; перетин її з колом визначить точку дотику K шуканої дуги сполучення з колом. Залишається продовжити відрізки O_1K і AB до їх перетину, щоб знайти центр O_2 дуги спряження, а отже, і її радіус. Якщо перетин прямих O_1K і AB виходить під дуже гострим кутом, то центр O_2 можна знайти перетином будь-якої з них з перпендикуляром, проведеним через середину лінії O_1B (так як трикутник O_2BO_1 - рівнобедрений).

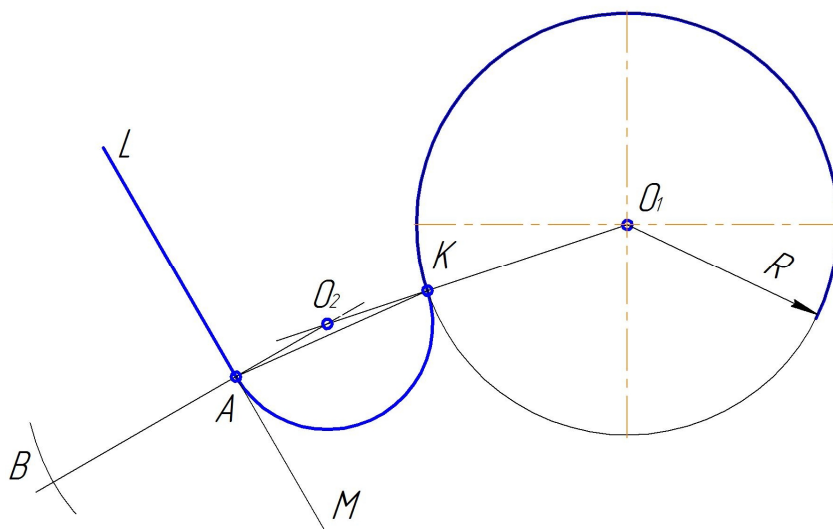


Рис. 2.26. Спряження кола і прямої в заданій точці A на прямій

Спряження кола і прямої за умови, що дуга спряження повинна проходити через задану точку A на колі (рис. 2.27 і 2.28). Через точку A на колі проводиться до останньої дотична пряма AB ; кут, утворений цією дотичною прямою і прямою LM , ділиться навпіл. Перетин бісектриси кута ABM з продовженням радіуса OA визначає центр O_1 і радіус O_1A шуканої дуги спряження. Точкою спряження є точка K .

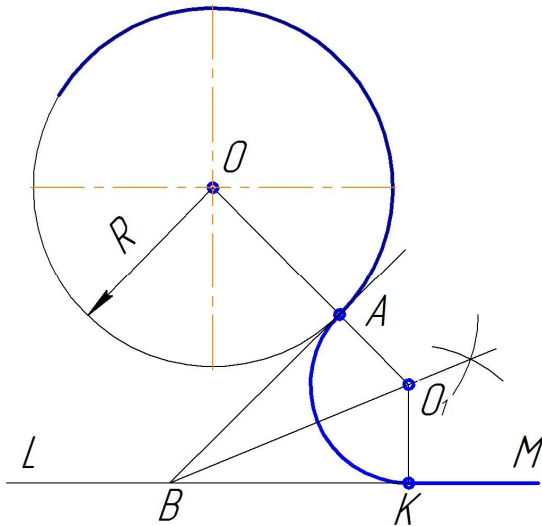


Рис. 2.27. Спряження кола і прямої в точці A на колі (зовнішнє торкання)

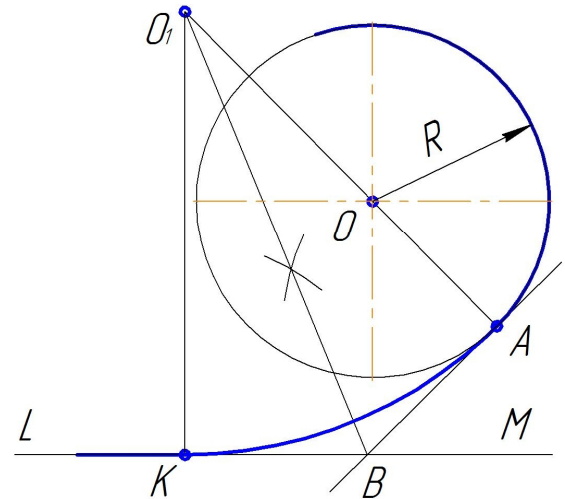


Рис. 2.28. Спряження кола і прямої в точці A на колі (внутрішнє торкання)

Спряження двох неконцентричних дуг кіл дугою заданого радіуса (рис. 2.29). Дано дві дуги, описані з центрів O_1 і O_2 радіусами R_1 і R_2 . Для спряження їх дугою заданого радіуса R_3 проводять з тих же центрів дві допоміжні дуги радіусами $R_1 - R_3$ і $R_2 + R_3$. Перетин цих дуг визначає шуканий центр O . Точки дотику K_1 і K_2 знаходяться на лініях центрів OO_2 і O_1O .

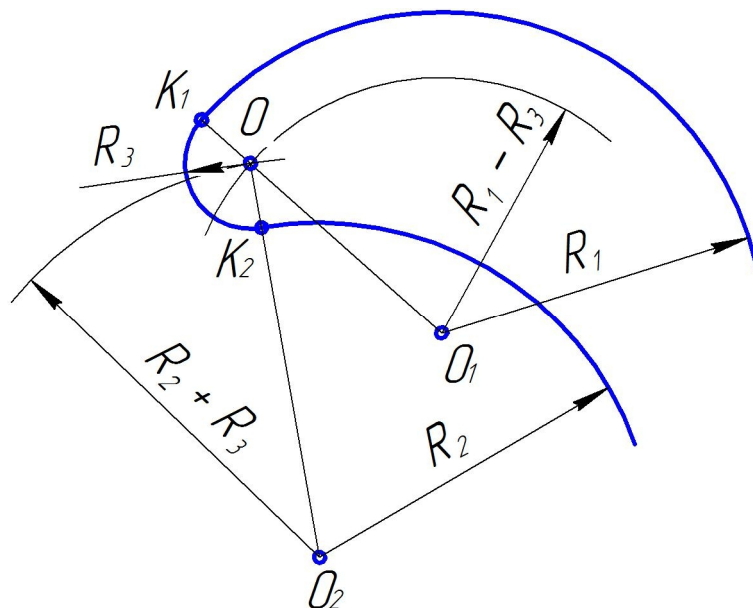


Рис. 2.29. Спряження двох неконцентричних дуг кіл дугою заданого радіуса

2.5. ПОБУДОВА ОВАЛУ

Обрис деяких деталей мають форму овалів. Овал – це опукла фігура, обмежена попарно спряженими між собою дугами кіл, центри яких розміщені всередині самої фігури. Фланці, кришки, кулачки, а в будівельній справі – арки, склепіння, дверні та віконні прорізи мають форму овалів. У овала може бути одна або дві осі симетрії.

На рис. 2.30 зображено підвіску, окремі частини контуру якої мають форму овала.

Побудова овала за двома заданими вісями АВ і CD. Проведемо лінію, яка з'єднає кінці вісей А і С (рис 2.31). З центра О радіусом ОА проведемо дугу до перетину з малою віссю й одержимо точку A_1 . З точки С, як із центра, радіусом A_1C (різниця між піввісями) проведемо дугу до перетину з прямою АС у точці A_2 . Поділимо відрізок AA_2 навпіл і через його середину встановимо перпендикуляр до перетину з великою і малою піввісями у точках O_1 і O_3 , які будуть відповідно центрами дуг EF і FH. Центри O_2 і O_4 лежать симетрично на лініях великої і малої вісей відносно центра овала.

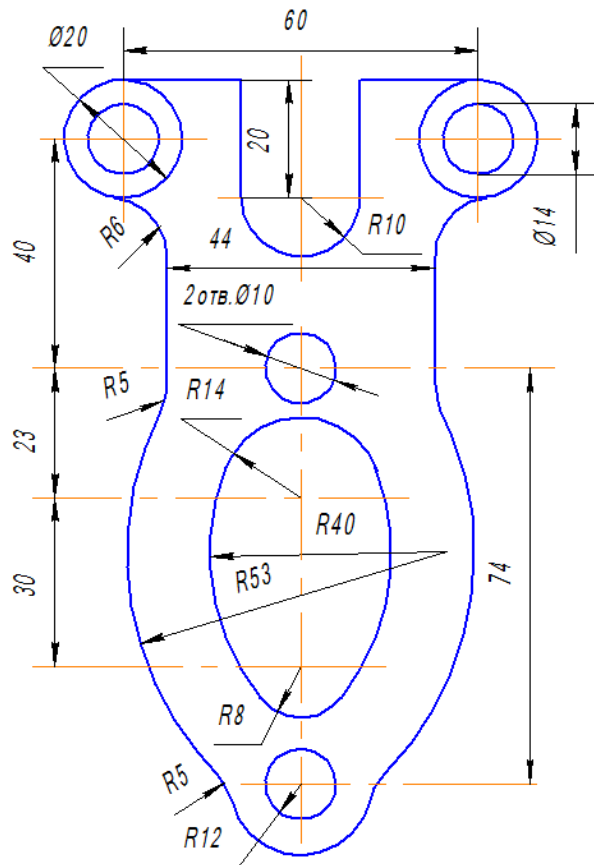


Рис. 2.30.

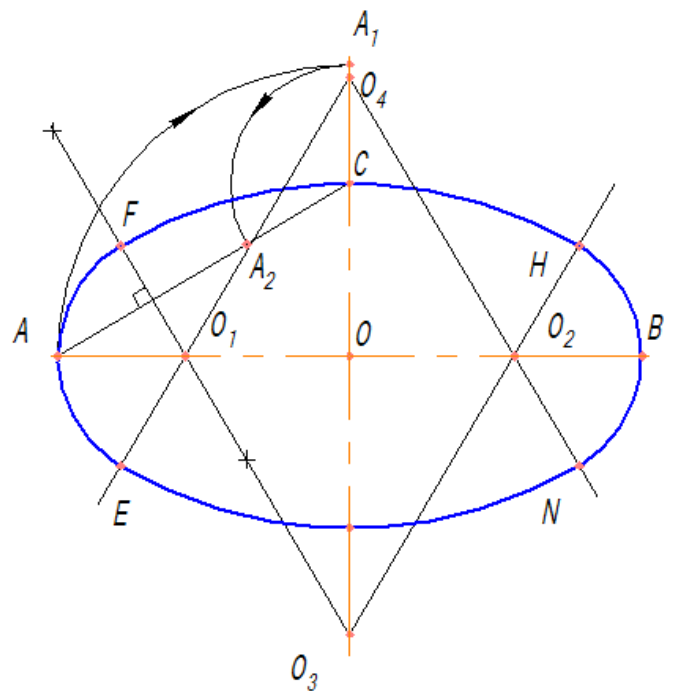


Рис. 2.31.

2.6. ЛЕКАЛЬНІ КРИВІ

Елементи лекальних кривих креслять по ряду точок, що їм належать, які з'єднують плавною лінією – спочатку від руки на око, а потім обводять за допомогою лекала. Лекальні криві широко застосовуються в обрисах різних технічних деталей, наприклад профілів зубчастих коліс, кулачків, кронштейнів,

піввісок та ін. До лекальних кривих належать еліпс, парабола, гіпербола, синусоїда, евольвента та ін.

Побудова еліпса. У найзагальнішому вигляді еліпс утворюється при перерізі площиною всіх твірних колового циліндра або конуса. Для побудови еліпса за двома вісями з центра його опишемо два концентричних кола, діаметри яких дорівнюють великій і малій вісям еліпса (рис. 2.32). З центра проведемо пучок променів до перетину з описаними колами в точках 1, 2, 3... та 1', 2', 3', ...з точок 1, 2, 3,... проведемо прямі, паралельні малій вісі еліпса, а з точок 1', 2', 3',... - паралельні великій вісі еліпса. Перетин відповідних пар цих прямих визначає ряд точок, з'єднавши які плавною кривою, одержимо шуканий еліпс.

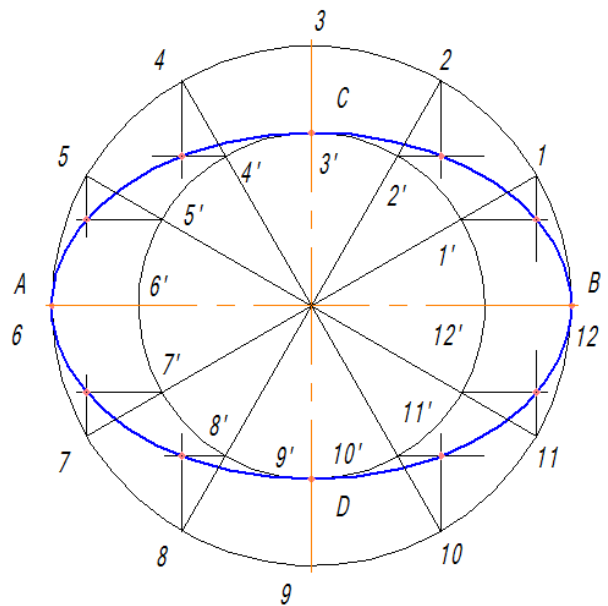


Рис. 2.32.

3. ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ

Це завдання передбачає закріплення знань та навичок з основних правил оформлення креслень, які передбачені державними стандартами, побудови овалу, еліпсу, спряжень та поділу кола на рівні частини і складається з трьох частин.

Завдання: Виконати на форматі А3 в масштабі 1 : 1 елементи геометричних побудов (зразок представлений на рис. 3.1), а саме:

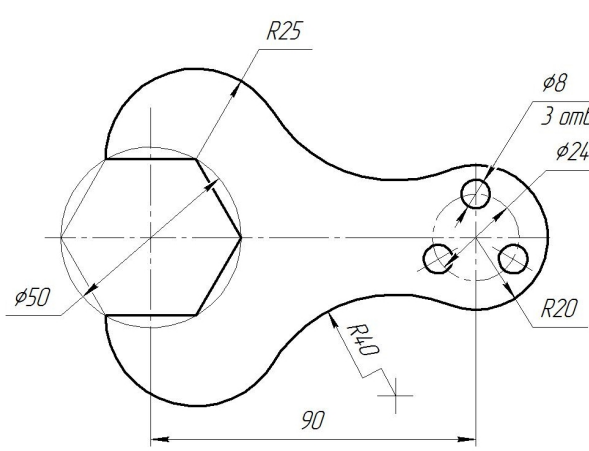
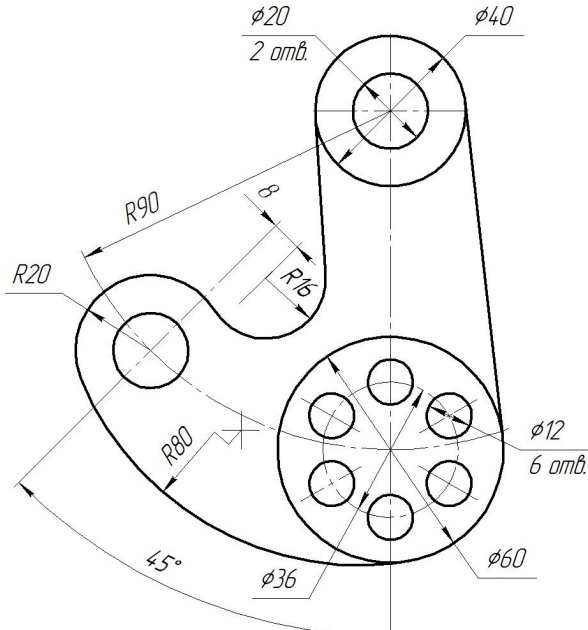
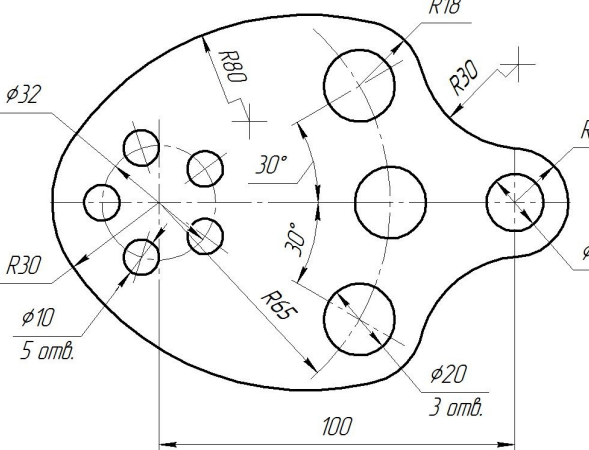
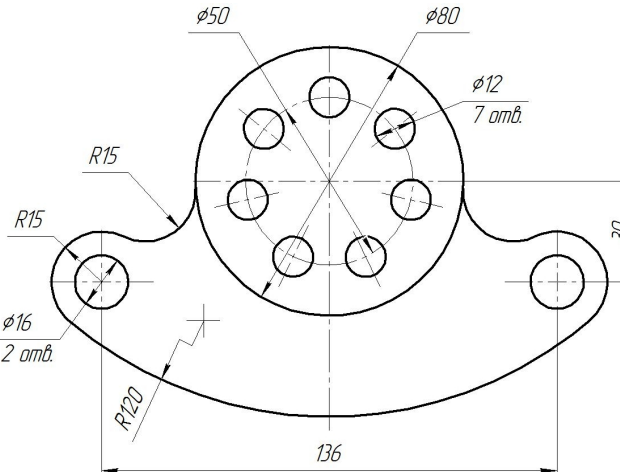
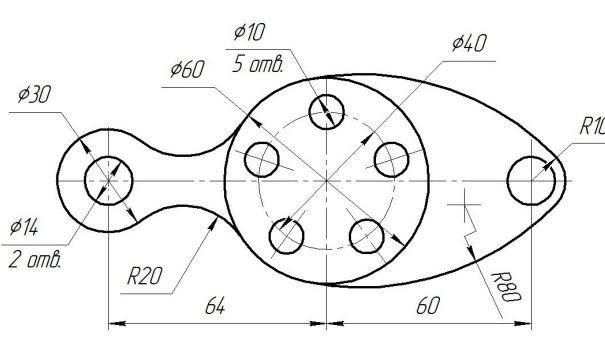
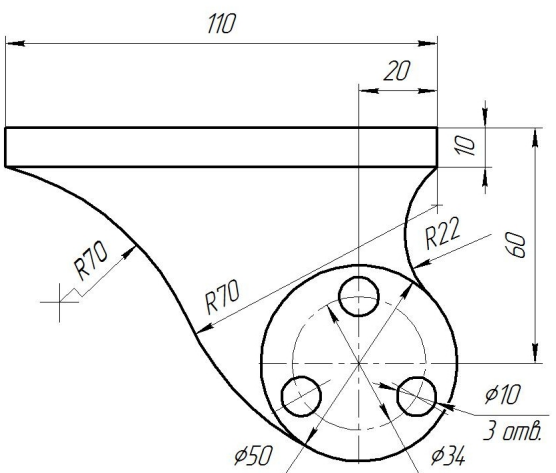
1. Рамку креслення і основний напис з необхідними написами. Розміри і порядок заповнення основного напису викладені в розд. 1.2 – 1.3 (згідно ГОСТ 2.104-2006).

2. Розподіл кіл на 3, 5 і 6 рівних частин (1/3 частина листа). (Рекомендований діаметр кіл - 60 мм.) Допоміжні лінії побудов залишити в тонких лініях. Методичні матеріали щодо розподілу кола на рівні три, п'ять і шість частин запропоновані в розд. 2.3.

3. Креслення запропонованої деталі з елементами спряжень в масштабі 1 : 1 (1/3 листа). Варіанти завдань на спряження представлені в табл. 3.1. (Номер варіанту відповідає порядковому номеру студента в академічному журналі групи). Мета даного завдання вивчити і відпрацювати накреслення різних типів спряжень.

4. Побудова овалу і еліпса по заданих вісях (1/3 частина листа). (Рекомендовані значення вісей овалу і еліпса: велика вісь - 80 мм, мала вісь – 50 мм.) Допоміжні лінії побудов залишити в тонких лініях. Методичні матеріали з побудови овалу і еліпса запропоновані в розд. 2.5, розд. 2.6.

Варіант 3	Варіант 4
Варіант 5	Варіант 6
Варіант 7	Варіант 8

Варіант 9 	Варіант 10 
Варіант 11 	Варіант 12 
Варіант 13 	Варіант 14 

Вариант 15	Вариант 16
Вариант 17	Вариант 18
Вариант 19	Вариант 20

ЗМІСТ

ВСТУП	3
1. ЗАГАЛЬНІ ПРАВИЛА ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНЬ	4
1.1. КОМПЛЕКС СТАНДАРТІВ СКД	4
1.2. ОФОРМЛЕННЯ КРЕСЛЕНЬ	4
1.3. ДЕЯКІ ЕЛЕМЕНТИ ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕНЬ	8
1.4. НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ	14
2. ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ В КРЕСЛЕННІ	21
2.1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	21
2.2. ПОБУДОВА ПОХИЛУ ТА КОНУСНОСТІ	22
2.3. ПОДІЛ КОЛА НА РІВНІ ЧАСТИНИ, ПОБУДОВА ПРАВИЛЬНИХ ВПИСАНИХ БАГАТОКУТНИКІВ	24
2.4. СПРЯЖЕННЯ	27
2.5. ПОБУДОВА ОВАЛУ	34
2.6. ЛЕКАЛЬНІ КРИВІ	34
3. ПРАКТИЧНЕ ЗАВДАННЯ	35

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних занять з інженерної графіки
по темі « Геометричні побудови »
(для студентів інженерно-технічних напрямів підготовки)

Укладач: доц. Сергієнко О.В.

Редактор
Техн. Редактор

Підписано до друку

Формат 60x84 $\frac{1}{16}$. Папір офсетний. Гарнітура Times.
Друк офсетний. Умов. друк. арк. _____. Обл. друк. арк. _____.
Наклад 100 прим. Вид. № _____ Замов. № _____ Ціна договірна.

Видавництво
Східноукраїнського національного університету
імені Володимира Даля