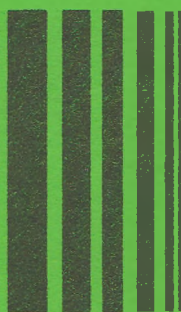


МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Тернопільський державний технічний університет
імені Івана Пулюя



ГЕОМЕТРИЧНЕ КРЕСЛЕННЯ



МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ
ТА ЗАВДАННЯ
ДО ВИКОНАННЯ
ГРАФІЧНИХ РОБІТ
З КУРСУ
“ІНЖЕНЕРНА ГРАФІКА”

для студентів всіх спеціальностей
(заочна форма навчання)

Тернопіль

2001

**Тернопільський державний технічний університет
імені Івана Пулюя**

Кафедра графічного моделювання

Упорядник : к.т.н. доц. Балабан С. М., ст. викл. Данильченко С.М.,
інженер Зубченко О.І., к.х.н. доц. Ковбашин В.І., асистент
Маркович М.Й., к.т.н. доц. Милик М.П., к.т.н. доц. Пік А.І.,
ст. викл. Рассказов Ю.С.

Рецензент : д.т.н. проф. Нагорняк С.Г.

Відповідальний за випуск :
ст. викл. Рассказов Ю.С.

Методичні вказівки розглянуто і затверджено на засіданні кафедри
графічного моделювання.

Протокол № 4 від 21 листопада 2000 р.

Схвалено і рекомендовано до друку методичною Радою Тернопільського
державного технічного університету імені Івана Пулюя.

Протокол № 4 від 28 листопада 2000р.

Методичні вказівки розроблені у відповідності до навчальних планів усіх
спеціальностей з врахуванням матеріалів літературних джерел, приведених у
бібліографічному описі.

ЗАГАЛЬНІ ВКАЗІВКИ ДО ВИВЧЕННЯ КУРСУ

МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСУ

Створення нових машин та апаратів, ефективне та якісне використання часної техніки вимагає глибоких знань правильної побудови і читання креслень, схем та інших конструкторських документів.

Сучасне технічне креслення є основним виробничим та конструкторським документом, який використовується конструктором, інженером, технологом, контролером і робітником в своїй повсякденній діяльності.

Мета та завдання курсу полягає в тому, щоб навчити студентів правильно і технічно грамотно читати і виконувати креслення.

ПРОГРАМА КУРСУ

Загальні відомості з технічної графіки. Інженерні креслення та їх різновиди. Стандарти, які відносяться до оформлення креслення. Єдина система конструкторської документації (ЕСКД). Шрифти і написи на кресленнях. Масштаби. Лінії креслення. Умовні зображення матеріалів на кресленні. Основні вимоги які висуваються до машинобудівних креслень. Види інженерних креслень за стадіями проектування.

Весь курс "Креслення" ділиться на три розділи: геометричне, проєкційне і машинобудівне креслення. Перші два розділи є підготовчими. Третій розділ – основним.

Розділ "Геометричне креслення", як підготовчий, вивчає:

- а) основні правила, норми та умовності при виконанні та оформленні креслень згідно вимог Державних Стандартів (ГОСТ);
- б) різні геометричні побудови в обрисах технічних форм (нахил, конусність, спряження, побудова циркульних, лекальних кривих та інші побудови).

МЕТОДИКА ВИВЧЕННЯ КУРСУ

Вивчення курсу "Креслення" проводиться за темами в такому порядку:

1. Ознайомлення з темою за даним методичним посібником, в якому приведені: цільове призначення теми, зміст, порядок виконання, рекомендована література, вказівки, таблиці і креслення індивідуальних завдань та приклади графічного виконання контрольної роботи.

П р и м і т к а : Креслення, які розміщені в методичному посібнику, не є еталоном виконання, а служать лише прикладом розташування матеріалу на аркуші, показує об'єм і зміст теми.

2. Вивчення стандартів, необхідних для виконання графічних робіт за даною темою. Креслення необхідно виконувати у відповідності із стандартами Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД).

3. Вивчення матеріалу параграфів літератури, яка рекомендована за даною темою та конспекту лекційного матеріалу.

4. Виконувати графічні роботи з теми, притримуючись послідовності, як вказані в даному методичному посібнику.

ОСНОВНІ РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ КРЕСЛЕННЯ

1. Всі креслення повинні бути виконані чітко і охайно згідно вимог ГОСТу "Єдиної системи конструкторської документації" (ЕСКД).

2. Дотримуватись всіх правил користування креслярськими інструментами.

3. Креслення виконують на аркушах креслярського паперу, формат якого вказаний в темі завдання.

ФОРМАТИ – (ГОСТ – 2.301-68)

Даним стандартом встановлені такі основні формати креслень незалежно від того, чи виконуються креслення на окремих аркушах, чи на одному загальному з виділенням в ньому формату для кожного креслення (табл. 1).

Основні формати аркушів креслень

Таблиця

Позначення формату	A0	A1	A2	A3	A4
Розмір сторін формату, мм	841×1189	594×841	420×594	297×420	210×297

Формати аркушів креслень визначають розміри зовнішньої рамки, як креслиться тонкою лінією (рис. 1).

При необхідності допускається використання формату A5 з розмірами сторін 148×210 мм.

Площа формату A0 рівна 1 м^2 , а сторони відносяться як $1:\sqrt{2}$. Розв'язання цих двох рівнянь визначило розміри сторін формату. Кожен наступний менший формат одержується діленням пополам попереднього формату паралельно його меншій стороні.

Допускається використання додаткових форматів, які утворюються збільшенням коротких сторін основних форматів в ціле число разів, наприклад, формат А0×2 має розміри 1189×1682, формат А3×3 - 420×891 і т.д.



Рис.1.

На рисунку 1 вказані габарити основного напису (55×185), який завжди розміщується в правому нижньому куті формату, впритул до рамки, форма і зміст якого (рис.2) встановлені ГОСТ 2.104-68. При цьому слід пам'ятати, що на форматі А4 основний напис ставиться тільки по короткій стороні. На інших форматах її можна розміщувати вздовж будь-якої сторони. Основний напис креслення на виконуваних роботах з усіх тем геометричного, проєкційного і машинобудівного креслення повинен виконуватися за зразком, що зображений на рис.2.

В графах основного напису (рис.2) потрібно вказати:

- в графі 1 – назву деталі або виробу;
- в графі 2 – позначення документу;
- в графі 3 – позначення матеріалу деталі.

Приклад заповнення графи 2 основного напису:

ТДТУ 01.02.11.05 – Структура позначення робочих креслень;

ТДТУ – Тернопільський державний технічний університет;

01 – номер завдання;

02 – номер теми;

11 – номер варіанта;

05 – номер малюнка.

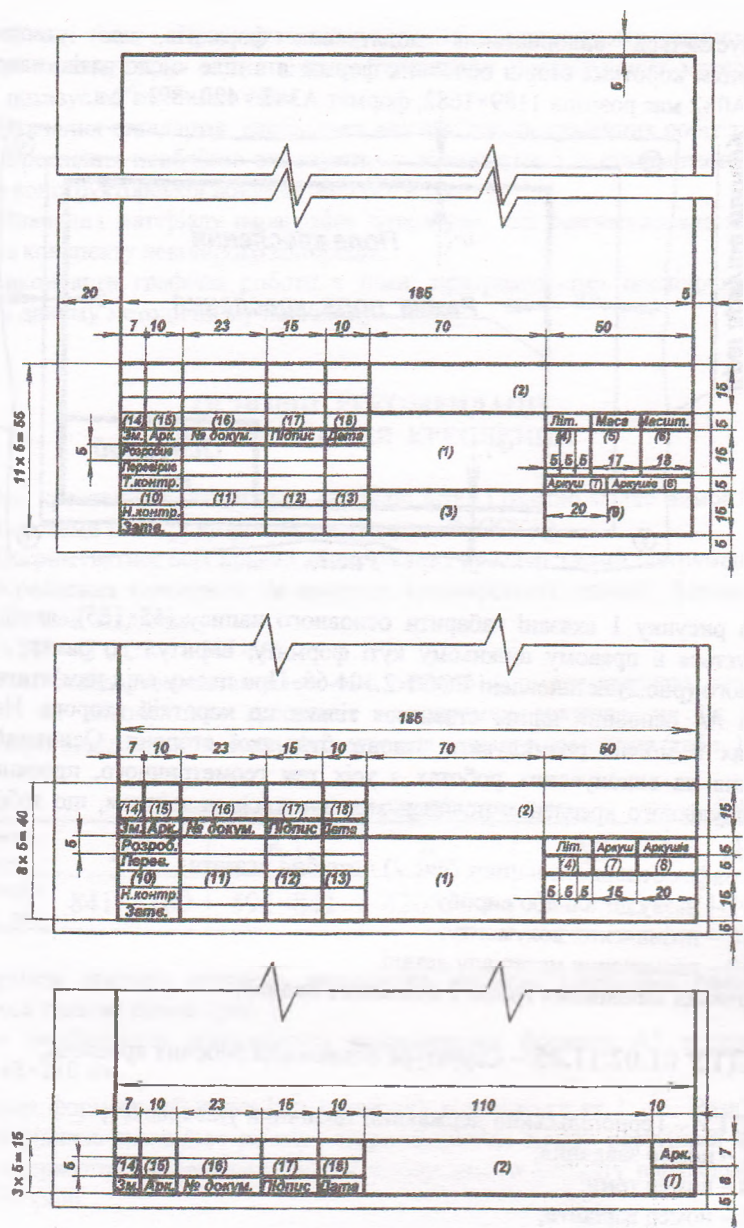


Рис. 2

МАСШТАБИ (ГОСТ 2.302-68).

Масштаб – відношення лінійних розмірів зображення на кресленні до його дійсних розмірів. ГОСТ встановлює такі масштаби:

дійсна 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;
1:2000; 1:5000; 1:10000; 1:20000; 1:25000; 1:50000..

масштаби збільшення – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 20:1; 40:1; 50:1; 100:1; ...
...(100n):1, де n – ціле число.

При виборі масштабу слід керуватись насамперед зручністю користування кресленням.

ЛІНІЇ КРЕСЛЕННЯ (ГОСТ 2.303-68).

У відповідності з стандартом в кресленні використовують три типи ліній: суцільні, штрихові та штрих-пунктирні (табл.2).

Товщина ліній на кресленні має бути кратною вибраній товщині суцільних основних ліній, яка змінюється в межах (0,5...1,4) мм. Товщина ліній повинна бути однакою для всіх зображень на даному кресленні, які викреслюються в одному і тому ж масштабі.

Довжину штрихів в штрихових і в штрих-пунктирних лініях вибирають в залежності від величини зображення. Штрихи в лінії і проміжки між ними повинні бути однаковими.

Штрих-пунктирні лінії повинні починатися, перетинатися і закінчуватись штрихами.

Штрих-пунктирні лінії, які використовуються в якості центрових, замінюють суцільними тонкими лініями, якщо діаметр кола або розміри інших геометричних фігур в зображенні менше 12 мм.

Основні лінії (лінії видимого контуру) потрібно креслити оптимальною товщиною (0,8...1,0) мм., штрихові лінії (лінії невидимого контуру) – (0,4...0,5) мм., а інші (0,25 ... 0,3) мм.




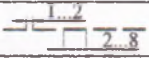
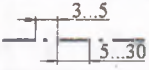
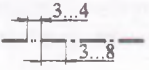
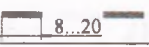

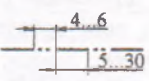
Віддаль між двома будь-якими паралельними лініями повинна бути (0,8...1,0) мм.

ШРИФТИ КРЕСЛЯРСЬКІ (ГОСТ 2.304-81).

Згідно даного стандарту, написи букв і цифр, які наносять від руки на креслення та інші технічні документи всіх галузей промисловості та будівництва, виконуються шрифтом з нахилом до основи рядка $\approx 75^\circ$. Назви, заголовки, позначення в основному написі і на полі креслення допускається писати без нахилу 90° (крім букв грецького алфавіту).

Шрифти поділяють на два типи – А ($d=1/14$) і В ($d=1/10$), які дорівнюють розміру висоти (номера) шрифту, де d – товщина лінії шрифту обводки.

Типи ліній, основні параметри та їх призначення Табли

Назва	Зображення	Товщина лінії по відношенню до товщини основної лінії	Основне призначення
Суцільна товста – основна (контурна)		S	- Лінії видимого контуру. - Лінії переходу видимі. - Лінії контуру перерізу (виносні і який входить в склад розрізу)
Суцільна тонка		S/2...S/3	- Лінії контуру накладного перерізу. - Лінії розмірні і виносні. - Лінії штрихування. - Лінії виноски. - Полички ліній-виносок і підкреслення написів. - Лінії переходу уявні. - Лінії побудови. - Лінії для зображення стикових пограничних деталей.
Суцільна хвиляста		S/2...S/3	- Лінії обриву. - Лінії розмежування вигляду і розрізу.
Штрихова		S/2...S/3	- Лінії невидимого контуру. - Лінії переходу невидимі.
Штрих-пунктирна тонка		S/2...S/3	- Лінії осьові і центрові. - Лінії перерізів, які є осями симетрії для накладених і виносних перерізів.
Штрих-пунктирна потовщена		S/2...2/3S	- Лінії, які позначають поверхні, що підлягають термообробці або покриттю. - Лінії для зображення елементів, розміщених перед січною площиною ("накладена проекція").
Розімкнута		S...1,5S	- Лінії розрізів. - Лінії перерізів.
Суцільна тонка зі зламами		S/2...S/3	- Довгі лінії обриву.
Штрих-пунктирна тонка з двома крапками		S/2...S/3	- Лінії згину на розгортках. - Лінії для зображення частин виробів в крайніх або проміжних положеннях. - Лінії для зображення розгортки, суміщеної з виглядом.

Основні параметри та розміри деяких креслярських шрифтів Таблиця 3

Назва букв, цифр, їх параметри	Позначення	Відносний розмір	Розмір шрифту					
			2,5	3,5	5	7	10	14
			мм					
1. Великі букви і цифри:								
висота букв і цифр	h	-	2,5	3,5	5	7	10	14
ширина букв і цифр, крім букв А, Ж, М, Ф, Ц, Щ, Ю і цифри 1	b	4/7 h	1,4	2	2,8	4	5,7	8
ширина букв Ж, Ф, Ц, Щ, Ю	b ₁	6/7 h	2,1	3	4,3	6	8,6	12
ширина букв А, М	b ₂	5/7 h	1,8	2,5	3,6	5	7	10
2. Рядкові букви:								
висота букв крім букв б, в, д, р, у, ф	h ₁	5/7 h	-	2,5	3,5	5	7	10
висота букв б, в, д, р, у, ф	h	-	-	3,5	5	7	10	14
ширина букв крім букв ж, м, т, ф, ш, щ, ю	b ₄	3/7h	-	1,5	2,1	3	4,3	6
ширина букв ж, м, т, ф, ш, щ, ю	b ₅	5/7h	-	2,5	3,6	5	7	10
ширина букви м	b ₆	4/7h	-	2	2,8	4	5,7	8
3. Товщина ліній букв і цифр								
	S	$1/7 \div 1/10h$	0,4 ÷ 0,25	0,5 ÷ 0,35	0,7 ÷ 0,5	1,0 ÷ 0,7	1,4 ÷ 1,0	2,0 ÷ 1,4
4. Висота індексів, показників степені, граничних відхилень								
	h ₂	$0,5 \div 0,7h$ але не менше 2,5 мм	2,5	2,5	2,5 ÷ 3,5	3,5 ÷ 5,0	5 ÷ 7	7 ÷ 10

Примітка: 1. Для усього тексту товщина ліній повинна бути однаковою.

2. Нижні, верхні і бокові відростки букв Г, Д, Ц, Щ, цифри 4 повинні виконуватись за рахунок проміжків між рядками і буквами.

Даний стандарт встановлює такі розміри шрифтів: **(1,8); 2,5; 3,5; 5; 7; 10; 14; 20; 28; 40**. Розмір (номер) шрифтів визначається висотою (прописних) букв в міліметрах. Висота малих (рядкових) букв на порядку даного параметричного ряду шрифтів, за винятком шрифтів 1,8 і 2,5 виконуються тільки по висоті великих букв. Розміри букв і цифр, товщина ліній, віддаль між буквами, словами і рядками слід вибирати в залежності від розміру шрифту або товщини ліній шрифту (див. табл.3).

В практиці оформлень креслень найбільш часто використовують шрифти 2,5; 3,5 для нанесення розмірів, текстових написів на кресленнях та в спеціфікаціях. Розміри 5 і 7 використовують в основному для назви деталі та позначення документа в основному напису креслення, а розмір 10 використовують для загальних заголовків.

Для написів на всіх кресленнях та інших конструкторських документах рекомендується використовувати шрифт типу Б, як більш зручний в написанні. При написанні шрифту необхідно побудувати олівцем сітку (палетку) у вигляді тонких ліній, в залежності від висоти букв і цифр. Перш ніж приступити до написання букв і цифр, потрібно вивчити їх конструкцію та відносні розміри. Великі і малі букви діляться умовно за спільними однаковими елементами на ширини на декілька груп (табл. 3).

ПОЗНАЧЕННЯ ГРАФІЧНІ МАТЕРІАЛІВ І ПРАВИЛА НАНЕСЕННЯ НА КРЕСЛЕННЯХ (ГОСТ 2.306-68).

Стандарт встановлює правила нанесення на кресленнях матеріалів, розрізів, перерізів і на фасадах (табл.4).

1. Похилі паралельні лінії штрихування проводять під кутом 45° до горизонтальної лінії контуру зображення, тонкими лініями товщиною $S/2 \dots S/3$ з кроком в межах від 1 до 10 мм. (рис.3). в залежності від площі штрихування і необхідності різноманітності штрихування.

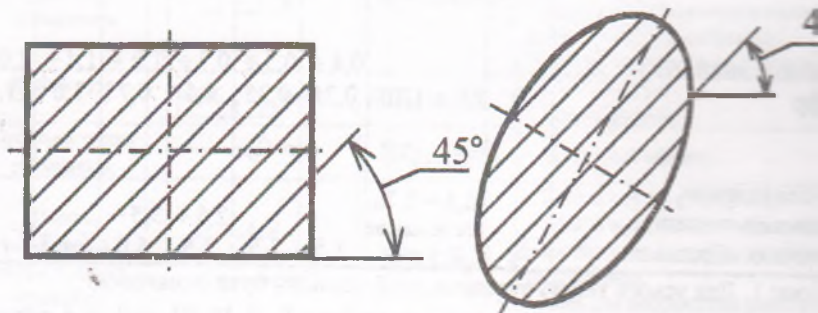



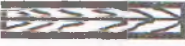




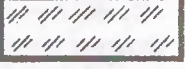

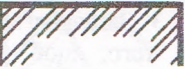



Рис. 3.

Матеріали	Позначення
1. Метали та тверді сплави	
2. Неметалеві матеріали, в тому числі волоконні монолітні і плиткові (пресовані), за винятком нижче вказаних.	
3. Деревина.	
4. Фанера.	
5. Ксилотит, плити деревостругальні, деревоволоконні, столярні і т.п.	
6. Волоконні не монолітні матеріали, вата, скловата, войлок, міпора і т.п.	
7. Бетон.	
8. Кладка з цегли будівельної і спеціальної, клінкеру, кераміки, терракоти, штучного і натурального каменю будь-якої форми.	
9. Скло та інші світлопрозирні матеріали.	
10. Рідини.	
11. Грунт природний	
12. Пісок, асбестоцемент, гіпсові вироби, ліпнина, замазка, штукатурка, розчин, абразив і т.п.	

2. Якщо лінії штрихування, які проведенні до лінії рамки креслення під кутом 45° , співпадають за напрямком з лініями контуру або осьовими лініями, замість кута 45° слід брати кут 30° або 60° (рис. 4).

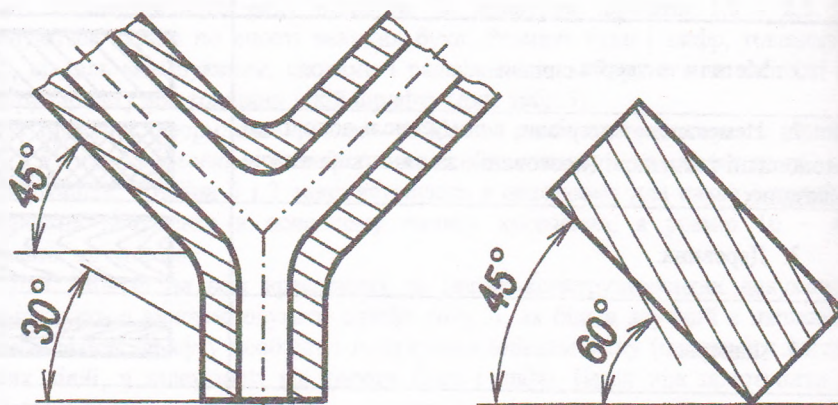


Рис. 4

3. Лінії штрихування повинні наноситись з нахилом вліво або вправо, але за правилом, в одну і ту ж сторону на всіх перерізах, які відносяться до однієї і тієї ж деталі, незалежно від кількості листів, на яких ці перерізи розташовані.

НАНЕСЕННЯ РОЗМІРІВ (ГОСТ 2.307-68).

Даний стандарт встановлює правила нанесення розмірів і межових відхилень на кресленнях та інших технічних документах на вироби всіх галузей промисловості і будівництва.

Згідно його класифікації розміри поділяють на два типи розмірів:

- Лінійні (довжина, діаметр, дуга, хорда і т.д.), які вимірюються в мм.;
- Куткові (кут, дуга і т.д.), які вимірюються в градусах.

Основні вимоги.

1. Нанесення розмірів на кресленні – одна із найбільш важливих і відповідальних стадій його виконання.

2. Кожен розмір наносять на кресленні тільки один раз. Повторювати розміри на зображеннях або в написах не дозволяється.

3. Загальна кількість розмірів повинна бути мінімальною, але достатньою для того, щоб за цим кресленням можна було б виготовити виріб і проконтролювати якість його виготовлення.

4. Незалежно від масштабу лінійні розміри на кресленні завжди проставляють дійсні в міліметрах (мм) без позначення одиниці вимірювання.

5. Розмірні лінії з обох кінців обмежують стрілками, які своїми кінцями впираються у відповідні лінії – межі вимірювання (виносні, осьові або контурні) (рис. 5). Їх переважно наносять поза контуром зображення, Величина стрілок розмірних ліній залежить від товщини лінії видимого контуру (рис. 6). На учбових кресленнях рекомендується розмірні стрілки наносити довжиною 5...7 мм.

6. Мінімальна відстань між паралельними розмірними лініями 6...10 мм, а між розмірною і лінією контуру – мінімум 10 мм (рис.5).

7. Виносні лінії є допоміжними. Їх проводять від межі вимірювання перпендикулярно до прямолінійного відрізка елемента деталі, розмір якого наносять над розмірною лінією. Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок або засічок на 1...5 мм (рис.5).

8. Лінії контуру, осьової, центрної і виносної лінії не слід використовувати в якості розмірних ліній. Осьові і центрові лінії можуть бути використані в якості виносних.

Для цього їх необхідно видовжити (рис. 5). В той же час необхідно уникати перетину розмірних і виносних ліній.

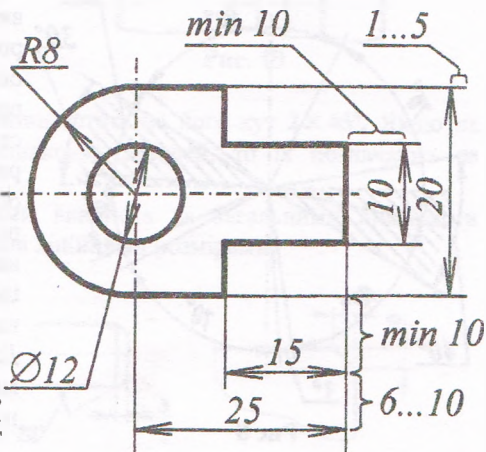


Рис. 5

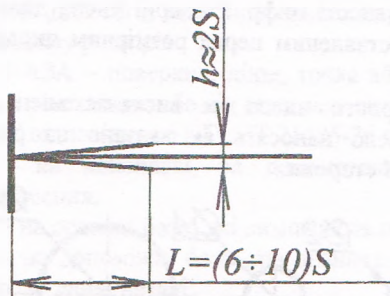


Рис. 6

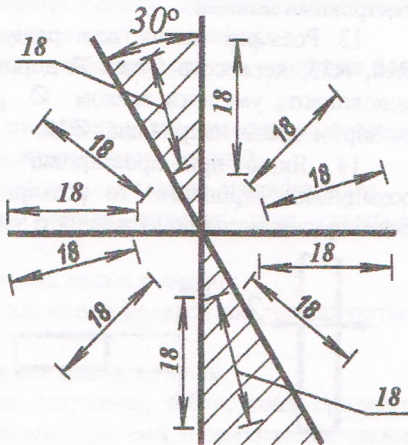


Рис. 7

9. Розмірні числа наносять над розмірною лінією як можна ближче до її середини.

10. Розмірні числа лінійних розмірів при різних нахилах розмірних ліній розташовують як на рис. 7. Якщо необхідно нанести розмір в заштрихованій зоні, якому відповідає розмірне число, наносять на поличці ліній-виноска.

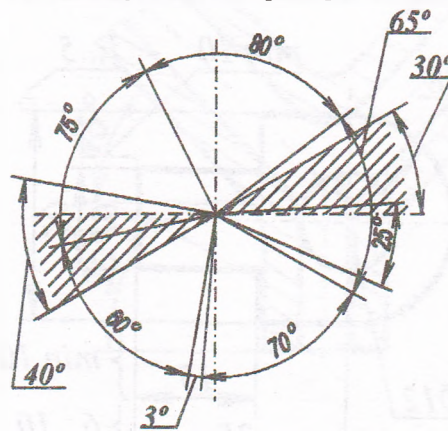


Рис 8

11. Кутові розміри наносять як вказано на рис 8. В зоні, яка розташована вище горизонтальної осьової лінії, розмірні числа розташовують над розмірними лініями з сторони їх опуклості, в зоні, яка розташована нижче горизонтальної осьової лінії – з сторони ввігнутості розмірних ліній. В заштрихованій зоні наносити розмірні числа не бажано. В цьому випадку розмірні числа вказують на горизонтальних нанесених поличках. Для кутів малих розмірів за браком місця розмірні числа розміщують на поличках ліній виноска в будь-якій зоні.

12. Стрілки на діаметрі кола або радіусі дуги повинні бути повернуті до лінії кола чи дуги. Розмірні лінії радіусів і діаметрів, які нанесені в колах, не повинні займати горизонтального і вертикального положення чи співпадати з центровими лініями.

13. Розмірні числа для радіусів слід доповнювати позначенням типу R10, R25, де висота букви R дорівнює висоті цифр. Розмірні числа діаметрів доповнюють умовним знаком \varnothing , проставленим перед розмірним числом за розміром числа, наприклад, $\varnothing 25$.

14. Якщо при простановці розмірного числа не вистачає місця між розмірними стрілками, то розмірне число наносять як вказано на рис. 9, розміщуючи число по можливості з правої сторони.

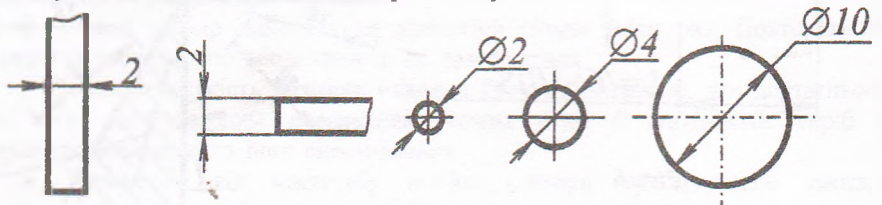


Рис. 9

15. Якщо при нанесенні розмірного числа немає місця для стрілок, то їх можна проставляти з зовнішньої сторони або замінити засічками, нанесеними під кутом 45° до розмірної лінії за ходом напису або чітко нанесеними точками (рис. 10).

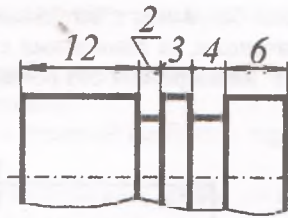


Рис. 10

16. Конічні фаски, виконані на кінцях циліндричних деталей під кутом 45° , позначають як добуток величини катета на його кут $2 \times 45^\circ$. Якщо на кресленні даної деталі є декілька однакових деталей, то їх позначають за зразком: $2 \times 45^\circ$ (рис. 11).

Розміри фасок під іншими кутами вказують за загальними правилами – лінійним і кутовим розміром або двома лінійними розмірами.

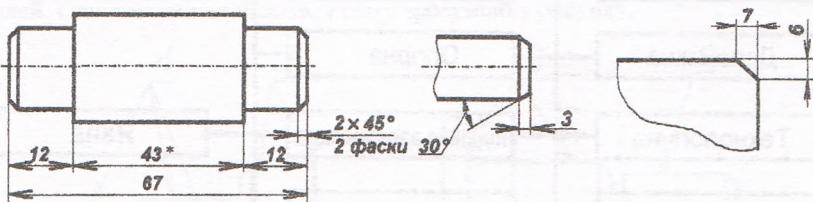


Рис.11

17. Розміри декількох однакових елементів виробу, як правило, наносять один раз з вказанням на поличці лінії-виноски кількості цих елементів.

18. Для того, щоб вірно нанести розміри, необхідно спочатку вибрати бази для відліку розмірів

БАЗА – поверхня, лінія, точка або їх сполучення, яка визначає положення деталі в механізмі або від яких залежить положення інших деталей.

У відповідності з ГОСТ 21495-76 поверхні деталей можна класифікувати:

- на виконавчі, за допомогою яких деталь виконує своє службове призначення;

- на основні бази, які визначають положення деталі у виробі;

- на допоміжні бази, які визначають положення деталей які приєднуються відносно даної деталі;

- на вільні, які не дотикаються з поверхнями інших деталей.

Всі ці елементи використовуються для базування, тобто, вони надають виробу необхідного положення відносно вибраної системи координат. Базування необхідне на всіх етапах створення виробу: – конструювання, виміру, виготовлення, зборки.

Закони базування є загальними для всіх виробів, а самі бази відрізняються за призначенням, за лишковими степенями свободи і за характером проявлення самих баз. Класифікація баз показана рис. 12, а відповідні визначення приведені нижче.



Рис. 12

Конструкторська база (КБ) – це база, яка використовується для визначення положення деталі або складальної одиниці у виробі.

Основною називають КБ, яка належить даній деталі або складальній одиниці і яка використовується для визначення її положення у виробі.

Допоміжною є КБ деталі (складальні одиниці), які використовуються для визначення положення виробу, що приєднується до неї.

Технологічна база - база, яка використовується для визначення положення заготовки або виробу в процесі виготовлення або ремонту.

Вимірювальна база – база, яка використовується для визначення відносного положення заготовки або виробу і засобів вимірювання.

Установча база позбавляє виріб трьох степеней свободи – переміщення вздовж осі і поворотів навколо двох інших.

Направляюча база позбавляє виріб двох степеней свободи – переміщення вздовж осі повороту навколо іншої.

Опорна база позбавляє виріб однієї степені свободи – переміщення вздовж осі або повороту навколо осі.

Подвійна направляюча база позбавляє виріб чотирьох степеней свободи – переміщень вздовж двох осей і поворотів навколо них.

Подвійна опорна база позбавляє виріб двох степеней свободи – переміщень вздовж двох осей.

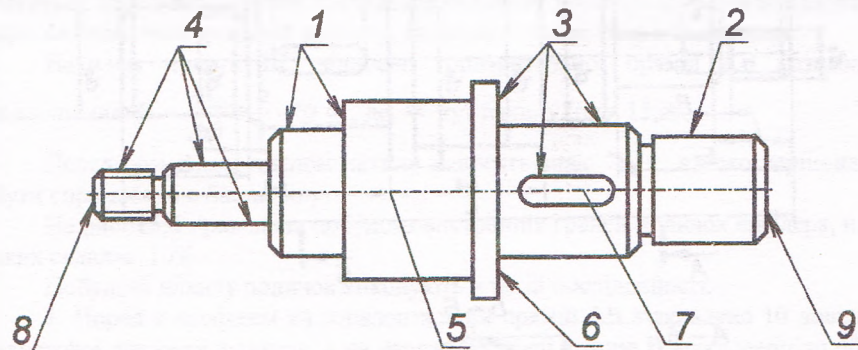
Скрита база – це база виробу у вигляді уявної площини, осі або точки.

Явна база виробу пред'являється у вигляді реальної поверхні, розмітної риски або точки перетину рисок.

Конструкторські і технологічні бази завжди зв'язані точними розмірами.

При цьому часто одна і та ж поверхня служить у якості різних баз.

На рис. 13 показані конструкторські і технологічні бази вала, які враховують характер з'єднань вала з іншими деталями і умови його обробки на токарному верстаті. В якості основних баз прийняті поверхні вала, які назначені для посадки підшипників. Поверхні, які використовують для розміщення інших деталей, є допоміжними базами. Решту зрозуміло з рисунку.



- 1,2 – основні явні бази,
- 3,4 – допоміжні явні бази,
- 5 – основна скрита база,
- 6 – опорна явна база,
- 7 – подвійна направляюча скрита база,
- 8,9 – технологічна явна база.

Рис. 13

Розмірна сітка деталі являє собою сукупність розмірних ліній, нанесених на кресленні деталі.

Сітка складається з розмірних ліній, які призначені для установки розмірів діаметрів (різьб) спряжених і вільних поверхонь, довжин, які

утворюють подетальні розміри ланцюги, а також довжин і радіусів вільних елементів деталі (проточок, виступів, галтелей, фасок і т.п.).

Розміщення розмірних ліній діаметрів не залежить від функціонального призначення окремих елементів, а визначається загальними положеннями стандартів ЕСКД (ГОСТ 2.307-68).

В залежності від функціонального призначення окремих елементів деталі можливі три способи утворення подетального лінійного розмірного ланцюга: ланцюговий, координатний (сходниковий), комбінований (рис. 14).

При визначенні числових значень розмірів, заміри роблять у відповідності з розмірними лініями, які утворюють сітку деталі. При визначенні їх числових значень враховується масштаб креслення.

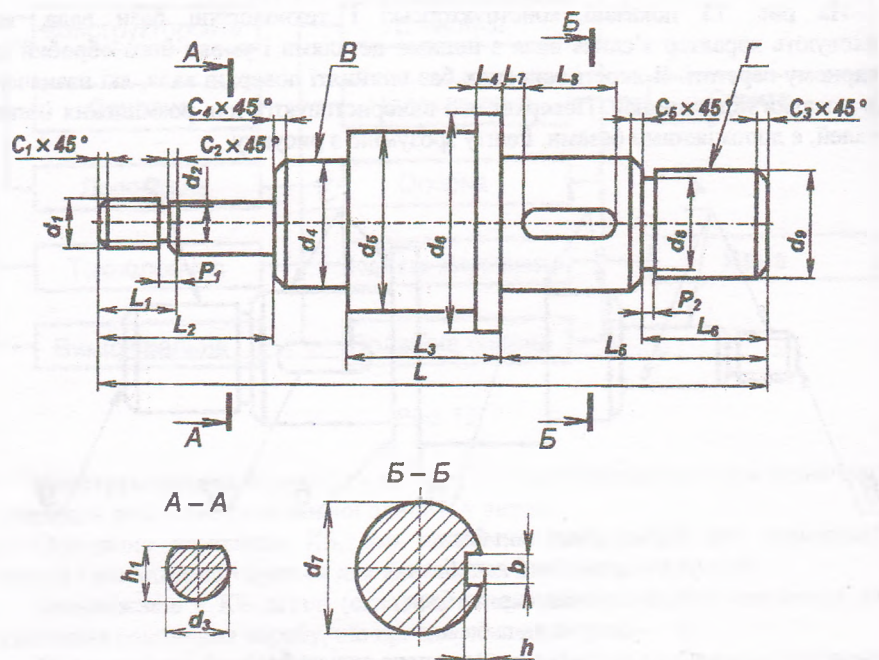


Рис. 14

Крім того, необхідно користуватись довідковими таблицями для узгодження заокруглення розмірів стандартних деталей, виміряних за складальним кресленням, до найближчих значень за стандартами і нормами.

Розміри заміряних довжин і діаметрів слід заокруглювати до найближчих нормальних значень у відповідності з ГОСТ 6636-69, а кутів з ГОСТ 8908-81.

Для фіксації числових значень розмірів бажано використовувати ескіз з розмірною сіткою.

Примітка: На учбових кресленнях допускаються розміри без вказування їх граничних відхилень.

ГЕОМЕТРИЧНІ ПОБУДОВИ

Побудовою називається графічний метод розв'язування геометричних задач на площині з допомогою креслярських інструментів.

При вивченні розділу "Геометричне креслення" передбачається, що студент володіє навичками користування креслярським інструментом і елементами побудови за допомогою кутника, лінійки, циркуля і вміє виконати задачі: поділ відрізка в заданому співвідношенні, побудова вписаних багатокутників, проведення дотичної лінії до кола та інше.

Нахил – відношення висоти до його базової довжини. При викреслюванні деталей доводиться будувати геометричні нахили, наприклад, при виготовленні профілей прокату, таких як швелер, тавр або двотавр.

Нахилом прямої BC відносно горизонтальної прямої AB називається відношення $H = \frac{AC}{AB} = \frac{h}{l} = \operatorname{tg} \alpha$, де α кут нахилу (рис. 15,а).

Перед розмірним числом нахилу наносять знак \triangleright , а його вершина має бути спрямована в бік нахилу.

На рис. 15,б приведена побудова внутрішніх граней полицок швелера, нахил складає 10%.

Побудова нахилу полицок виконують в такій послідовності:

1. Поряд з профілем на горизонтальній прямій AB відкладено 10 довільних однакової довжини відрізків, а на перпендикулярі в точці B відкладено по обидві сторони по одному такому ж відрізку. Гіпотенузи AC і AD мають нахил

10%. Через точки M і N , які знаходяться на відстані $\frac{b-d}{2}$ від торця полицок і на відстані t від зовнішніх горизонтальних, нижньої і верхньої граней полицок проводять похилі лінії, відносно паралельні AC і AD . Після цього виконують закруглення тупих кутів радіусами R і R_1 (рис. 15,в). Аналогічно будується профіль полицок для двотаврових балок.

Кут нахилу – відношення різниці діаметрів основ прямого кругового конуса до базової довжини (висоти) $K = \frac{D-d}{l}$. При одному і тому ж куті нахилу K висота в 2 рази більше нахилу (рис. 16).

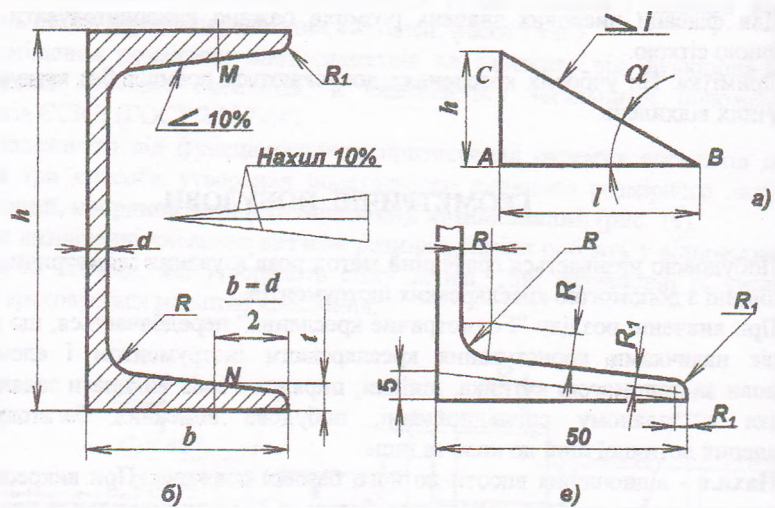


Рис. 15

Перед розмірним числом конусності наносять умовний знак ∇ , вершини якого спрямовують у бік вершини конуса (рис. 16,б).

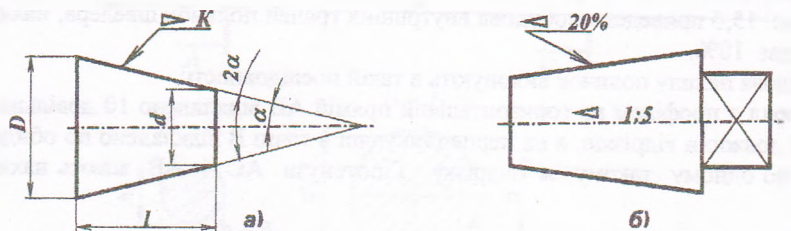


Рис. 16

Спряження – плавний перехід від прямої до дуги кола або від дуги одного кола до дуги іншого. Побудова спряження ґрунтується на двох геометричних положеннях:

1) при спряженні прямої лінії і дуги, центр O дуги спряження повинен знаходитись на перпендикулярі до прямої t , поставлений з точки спряження (рис. 17,а), тобто радіус R кола проведений в точку дотику K , перпендикулярно до дотичної t ;

2) при спряженні двох дуг, центри повинні лежати на прямій, яка проходить через точку спряження перпендикулярно загальній дотичній цих дуг (рис. 17,б).

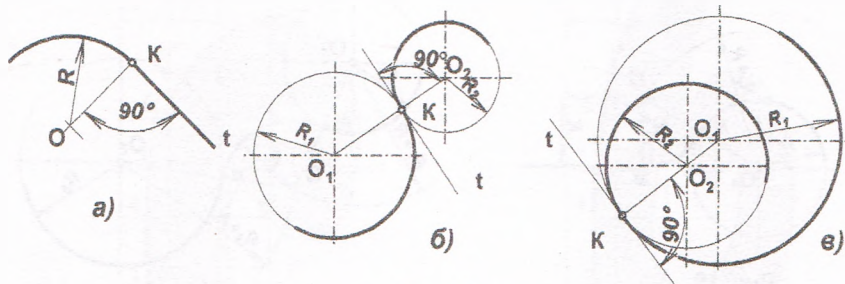


Рис. 17

Дотик називається зовнішнім, якщо центри O_1 і O_2 лежать по різні сторони від дотичної t (Рис.17,б), віддаль між центрами дорівнює різниці радіусів R_1+R_2 і внутрішнім, якщо центри по одній стороні від t (Рис.17,в). Віддаль $-R_1-R_2$.

При виконанні спряжень потрібно розрізнати три елементи: а) точку спряження; б) центр спряження; в) радіус дуги спряження. При побудові даного спряження повинен бути відомий один із елементів – радіус або точка спряження. Два інших елементи визначаються графічною побудовою.

Для побудови спряження двох прямих l_1 і l_2 , що перетинаються на віддалі даного радіуса, проводимо дві допоміжні прямі, паралельні відповідно прямим l_1 і l_2 (рис. 18). Точка перетину цих прямих є центром спряження O . З одержаного центру проводимо перпендикуляри до прямих l_1 і l_2 і одержуємо точки спряження M і N . Із центру O величиною заданого радіуса R проводимо дугу в межах між знайденими точками M і N .

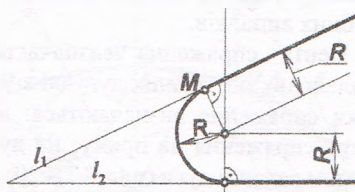


Рис. 18

Для побудови спряження прямої лінії l з дугою радіуса R_1 , яка проведена із центра O_1 (рис. 19), проводимо допоміжну пряму паралельну l , на віддалі заданого радіуса R , а з центра O_1 проводимо допоміжну дугу радіусом R_1+R . В точці перетину цих допоміжних ліній одержуємо центр спряження O . З цього центру опускаємо перпендикуляр на пряму l і одержуємо точку спряження M на прямій. Далі з'єднуємо центр O з центром дуги O_1 і в перетині OO_1 з даною дугою одержуємо точку спряження на дузі – точку N . Між знайденими точками M і N радіусом R проводимо дугу спряження.

Побудувати спряження двох дуг: дуги радіусом R_1 з центром O_1 і дуги радіусом R_2 з центра O_2 (рис. 20).

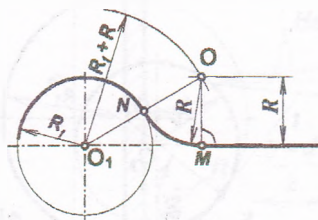


Рис. 19

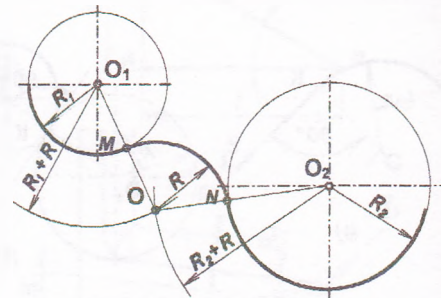


Рис. 20

Для знаходження центру спряження – точки O з центру O_1 і O_2 проводимо допоміжні дуги відповідно радіусами $R+R_1$ і $R+R_2$, взаємний перетин яких дасть нам центр спряження, точку O .

Для визначення точок спряження M і N з'єднуємо центр спряження O з центрами дуг O_1 і O_2 . Радіусом R проводимо дугу спряження в межах точок M і N . Спряження двох дуг при заданому радіусі можливе при умові $O_1O_2 \leq R_1 + 2R + R_2$. Розглядаючи найбільш характерні випадки спряжень при заданому радіусі, можна виявити загальне правило побудови спряжень для подібних випадків.

Центр спряження визначається на перетині двох допоміжних ліній паралельних до заданих дуг, які знаходяться на віддалі радіуса від заданих ліній. Точки спряження визначаються: на прямих – перпендикуляром, опущеним із центра спряження на пряму; на дугах – прямою, які з'єднує центр спряження з центром заданої дуги (рис. 17 – 20).

Лекальні криві – частина плоских кривих, які неможливо побудувати за допомогою циркуля, які відносяться до групи лекальних кривих, і будуються за точками, а обводять по лекалу (рис. 21).

Нижче розглянуті криві, які часто зустрічаються в техніці: еліпс, парабола гіпербола (які являють собою перетин поверхні конуса площинами), евольвенти спіралі Архімеда, синусоїди, косинусоїди, циклоїдальні криві – циклоїди епіциклоїди, гіпоциклоїди, трохоїди, а також строфоїди, цисоїди і конхоїди. Перераховані криві розташовуються в площині і тому називаються плоскими і відміну від просторових кривих.

Рис. 22 – 36 викреслювання кривих виконано графічним способом виходячи з геометричних властивостей кожної даної кривої, без вираховування координат їх окремих точок.

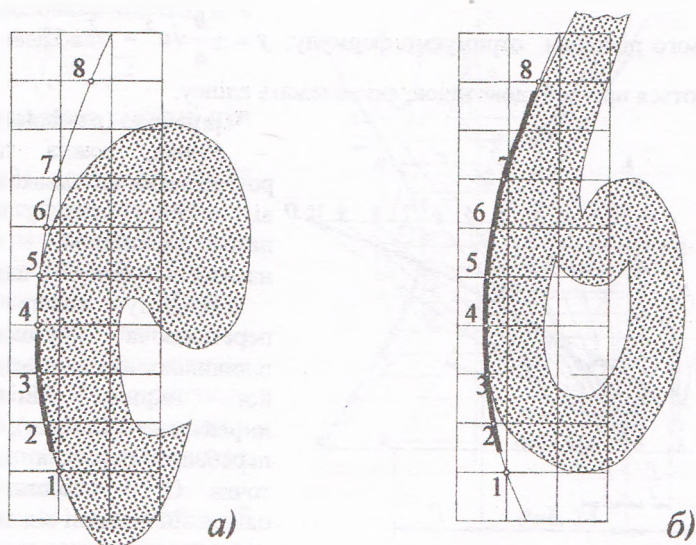


Рис. 21

Однак у випадку необхідності можна викреслити всі ці криві, користуючись їхніми рівняннями.

Еліпс (ellipse) (рис. 22).

– Замкнута крива, для якої сума відстаней від будь-якої її точки до двох точок – фокусів еліпса – є величина постійна, яка дорівнює великій осі еліпса.

Якщо з точки D (або E) провести дугу радіусом $R = \frac{MN}{2}$, то на великій осі еліпса будуть одержані його фокуси точки F_1 і F_2 . Якщо позначити велику піввісь через a , а малу через b , то всі точки еліпса будуть підпорядковані рівнянню:

$$\frac{x^2}{a^2} + \frac{y^2}{b^2} = 1.$$

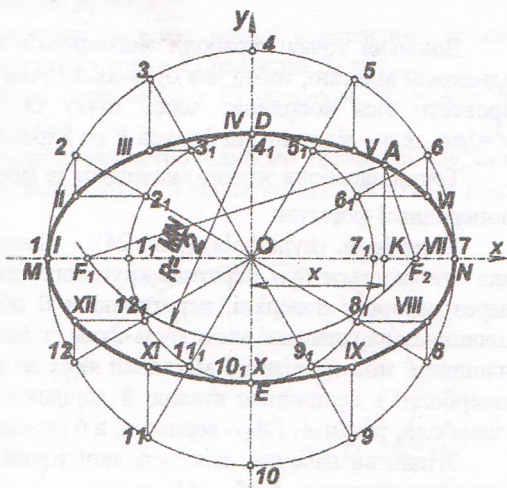


Рис. 22

З цього рівняння отримуємо формулу: $y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{a^2 - x^2}$. Цією формулою користуються при побудові точок, які належать еліпсу.

Парабола (parabola) (рис. 23).

— Крива, кожна точка якої розташована на однаковій відстані від заданої прямої, що носить назву директриси, і точки, яка називається фокусом параболі.

Параболу можна отримати, перетинаючи круговий конус площиною, яка паралельна одній з його твірних. Лінія KN — директриса (directrix), F — фокус параболі. Вершина параболі — точка O — повинна бути на однаковій відстані від директриси і від фокуса, тобто $KO=OF=\frac{p}{2}$; а

тому, точка O лежить на середині відрізка KF .

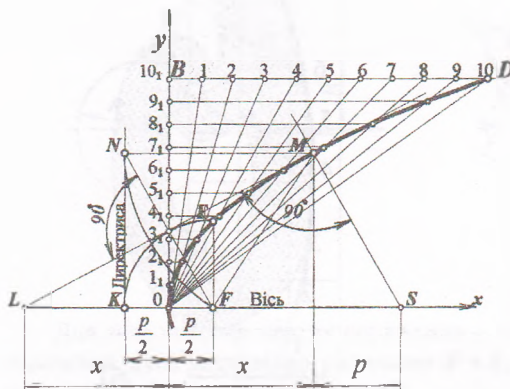


Рис. 23

Довільна точка параболі знаходиться від фокуса F і від директриси на однаковій відстані, тобто для будь-якої точки M можна написати $FM=MN$. Якщо провести вісь координат через точку O , то отримаємо рівняння параболі $y^2=2px$, де p — відстань від фокуса F до директриси, яке є параметром параболі.

Точки параболі зручно знаходити за формулою $y = \pm \sqrt{2px}$, яка отримана з попередньої формули.

Гіпербола. (hyperbola) (рис. 24). — Плоска алгебраїчна крива 2-го порядку, яка утворюється при перетині кругового конуса площиною, що не проходить через вершину поверхні, перетинаючи її обидві поли. Іншими словами, січна площина, паралельна двом будь-яким з його твірних, є множиною точок M площини, модуль різниці відстаней яких до двох даних точок F_1 та F_2 (фокусів гіперболи) є величиною сталою й дорівнює $2a=F_1F_2$. Точки F_1 і F_2 — фокуси гіперболи, точки A_1 і A_2 — вершини, а її середина — центр гіперболи.

Згідно визначення, для будь-якої точки M , яка належить гіперболі, можна записати рівняння: $F_2M - MF_1 = A_1A_2$.

Положення точок гіперболи може бути визначено з рівняння:

$$y = \pm \frac{b}{a} \sqrt{x^2 - a^2},$$

де a – половина відстані між пинами гіперболи;

$$b = \sqrt{c^2 - a^2};$$

де c – половина відстані між фокусами.

На рис.24 показаний спосіб будови гіперболи для випадку, коли задано положення її фокусів F_1, F_2 та вершин A_1 і A_2 .

Накресливши на відрізку F_2 , як на діаметрі, напівколо і авлячи перпендикуляри з точок 1 і A_2 до осі Ox , отримують точки K_1 і K_2 , через які пройдуть лінії, що мають назву асимптоти (asymptote) гіперболи.

Відкладають від точки F_1 право відрізки довільної величини помічають точки $1, 2, 3, \dots, n$. Після цього визначають точки гіперболи.

Щоб нанести точку I , з фокуса F_2 окреслюють дугу радіусом $r_1 = A_11$, а з точки F_1 засікають цю дугу дугою радіуса $R_1 = A_21$.

Точка II гіперболи лежить на перетині двох дуг: однієї, окресленої з точки F_2 радіусом $r_2 = A_12$, та другої, окресленою з точки F_1 радіусом $R_2 = A_22$.

Точка N лежить на перетині дуги, окресленої з F_2 радіусом $r_n = A_1n$, з дугою, окресленою з F_1 радіусом $R_n = A_2n$.

Обидві гілки гіперболи розташовані симетрично відносно уявної осі Oy , що може бути використано при викреслюванні другої її гілки, коли одна з гілок вже побудована по точках.

Евольвента (evolvent) (рис. 25) – Плоска крива, траєкторія, яка утворює обрис кожної точки прямої лінії, що перекочується по колу без ковзання.

В машинобудуванні по евольвенті окреслюють профіль головок зубів зубчастих коліс.

Евольвенту утворює обрис також кінець напруженої нитки, завитої на коло і яка змотується з

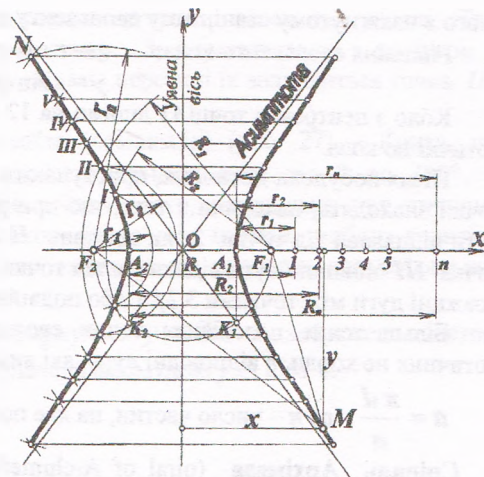


Рис. 24

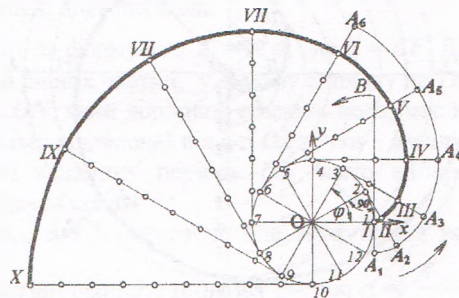


Рис. 25

нього в натягнутому стані, тому евольвенту часто називають розгорткою кола.

$$\begin{aligned} \text{Рівняння евольвенти кола: } \quad x &= r \cos \varphi + r \varphi \sin \varphi; \\ y &= r \sin \varphi - r \varphi \cos \varphi. \end{aligned}$$

Коло з центром в точці O ділимо на 12 частин. В точках 2,3,4,... проводять дотичні до кола.

Після побудови дотичних, приступають до визначення точок евольвенти. Ці точки знаходять, виходячи з того, що при розгортанні кола точка II повинна бути віддалена від точки 2 на відстань $II2$, рівній дузі між точками 1 і 2, а точка III повинна бути віддалена від точки 3 на відстані $III3$, яка дорівнює довжині дуги між точками 3,2, і 1 або подвійному розміру попередньої дуги, і т.д.

Більш точне положення точок евольвенти отримаємо, відкладаючи по дотичних не хорди, а відповідні дуги, які визначають за формулою:

$$a = \frac{\pi d}{n}, \text{ де } n - \text{число частин, на яке поділено коло, а } d - \text{діаметр кола.}$$

Спіраль Архімеда (piral of Archimedes) (рис. 26) – Плоска розімкнута крива лінія – троекторія точки, що рухається рівномірно від нерухокої точки O вздовж променя, який виходить із цієї точки і обертається з постійною швидкістю.

У спіралі виділяють такі елементи: полюс – центр O (початкова точка спіралі); діляльне коло, довжина якого дорівнює кроку спіралі $t = \pi D$; крок t – відстань від початкової O до кінцевої $VIII$ точки першого витка спіралі.

Рівняння спіралі Архімеда в полярній системі координат визначається так: $r = a\varphi$, де r – радіус-вектор; φ – кут обертання, a – крок спіралі або відстань, яка проходить через точку O по прямій $OVIII$ при одному оберті цієї прямої.

З центру O окреслюють радіусом $R = OVIII$, який дорівнює кроку спіралі. Після цього ділять коло на рівні частини, наприклад на вісім ($1_1, 2_1, 3_1, \dots$). На стільки ж частин ділять крок спіралі – радіус $R = OVIII$, і на ньому відмічають точки $1, 2, 3, \dots$ З центра O радіусами $O1, O2$ і т.д. проводять дуги кола, точки

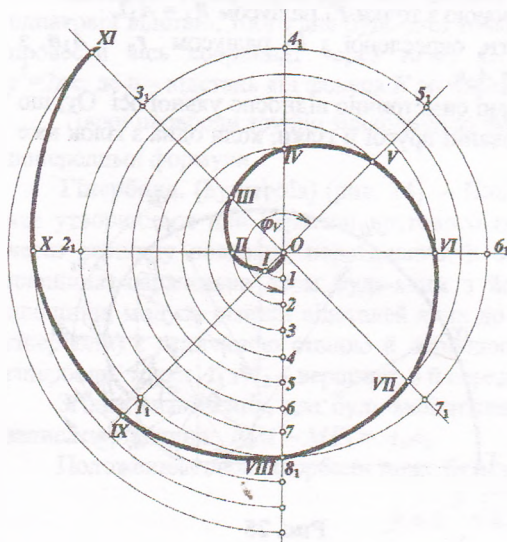


Рис. 26

перетину яких з відповідними радіусами-векторами належать спіралі. Так, наприклад, дуга, яка проведена через точку 3, перетинається з радіусом – вектором, який проходить через точку 3₁, і на перетині їх знаходиться точка III, яка належить спіралі.

Синусоїда (sinusoid) і Косинусоїда (cosinusoid) (рис. 27) – Крива, що зображує зміну функції залежно від центрального кута від 0 до 360°. У технічному кресленні застосовується досить часто, наприклад, при точному зображенні проекцій гвинтових поверхонь (черв'яків, шнеків, гребних гвинтів), при кресленні так званих гармонічних коливальних процесів, синусоїдальних кулачкових механізмів і т.п.

На рис. 27 синусоїда, визначена формулою $y = \text{Sin } \alpha$, зображена товстою лінією, тонкою – косинусоїда, яка визначена формулою $y = \text{Cos } \alpha$.

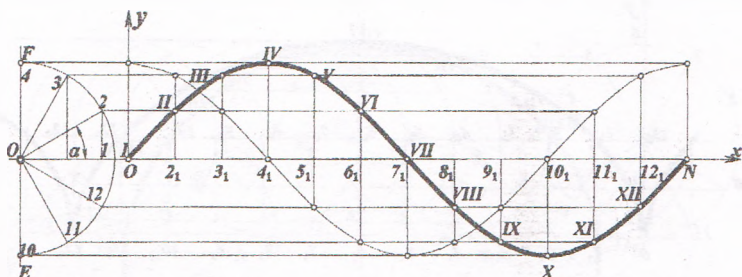


Рис. 27

При побудові синусоїди, вісь Ox проводять через центр кола, а вісь Oy розташовують в стороні від неї. Від початку координат O вправо від осі Ox відкладають відрізок ON , який дорівнює довжині кола.

Довжина відрізка ON визначають за формулою $L = \pi d$, де $d = EF$. Ділять коло і відрізок ON на однакове число рівних частин, у даному випадку на 12.

Відкладений по осі Ox відрізок ON , який дорівнює довжині кола, має назву **періоду** синусоїди, а ордината найбільш віддаленої від осі Ox точки – **амплітуди** (розмаху) синусоїди. При побудові величину періоду ON часто вибирають незалежно від розміру амплітуди (радіуса кола).

Косинусоїда має той же вигляд, що і синусоїда, але зсунута від неї на величину, яка дорівнює четвертій частині періоду, тобто на $\frac{\pi}{2}$, або $\alpha = \left(\frac{\pi}{2} - \alpha\right)$.

Величину періоду косинусоїди також часто вибирають довільно.

Циклоїда (cycloid) (рис. 28) – Плоска трансцендентна крива, яку опису фіксована точка, нерухомо пов'язана з колом, що котиться без ковзання по нерухомій прямій. Якщо точка лежить на колі, утворюється звичайна циклоїда; якщо всередині – то вкорочена, якщо зовні кола – подовжена.

Циклоїдні криві застосовують в машинобудуванні при викреслюванні траєкторій руху деталей, які виконують обертальний і одночасно поступальний рух.

До циклоїдних кривих відносяться не тільки циклоїда, епіциклоїда (epicycloid) і гіпоциклоїда (hypocycloid), але також трохойда (trochoid) кардіоїда (cardioid) і астроїда (astroid).

Циклоїда визначена формулою:
$$x = R \arccos \frac{R-y}{R} - \sqrt{y(2R-y)}.$$

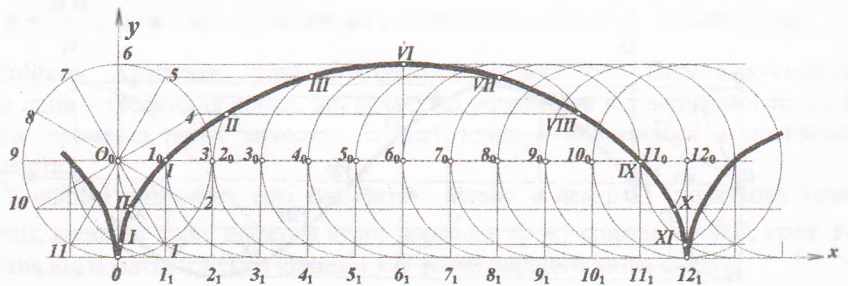


Рис. 28

Побудова циклоїди проводять в такому порядку:

1. з центру O_0 проводять коло і ділять його на декілька рівних частин, наприклад на 12;

2. приймають точку O за початок координат, будують осі Ox і Oy ;

3. відкладають вправо від точки O по осі Ox довжину кола, підраховану по формулі $L = \pi d$, де d – діаметр кола, і ділять відкладений відрізок $O - 12_1$ на стільки рівних частин, на скільки частин було поділено коло, у даному випадку на 12 рівних частин;

4. з точок $1_1, 2_1, 3_1, \dots, 12_1$, помічених на осі Ox , проводять лінії, паралельні осі Oy , а з відповідних їм точок поділу кола – лінії, паралельні осі Ox .

Коло перекочуємо вправо на одну поділку, її центр перейде з точки O_0 в точку I_0 і опиниться над точкою 1_1 , а початкова точка O яка перекотиться на $1/12$ частину кола, підніметься на одну поділку вгору і займе положення I , і т.д.

Таким чином, з кожного нового положення центра переміщеного кола, тобто з точок $I_0, 2_0, 3_0$, і т.д., слід описати дугу до зустрічі її з відповідною лінією, яка

проведена паралельно осі Ox через точки поділу кола, що перекочується. В наслідок чого отримують точки I, II, III, \dots, XI , які належать циклоїді.

Епіциклоїда (epicycloid) (рис. 29). – Плоска крива, що описується довільною точкою кола, яке котиться без ковзання вздовж нерухомого кола, що дотикається зовні до першого.

Епіциклоїду застосовують в машинобудуванні при викреслюванні зубчастих коліс; по епіциклоїді часто описують “головку” зуба. Параметричні рівняння епіциклоїди такі:

$$x = (R + r) \cos \varphi - r \cos \frac{R+r}{r} \varphi$$

$$y = (R + r) \sin \varphi - r \sin \frac{R+r}{r} \varphi.$$

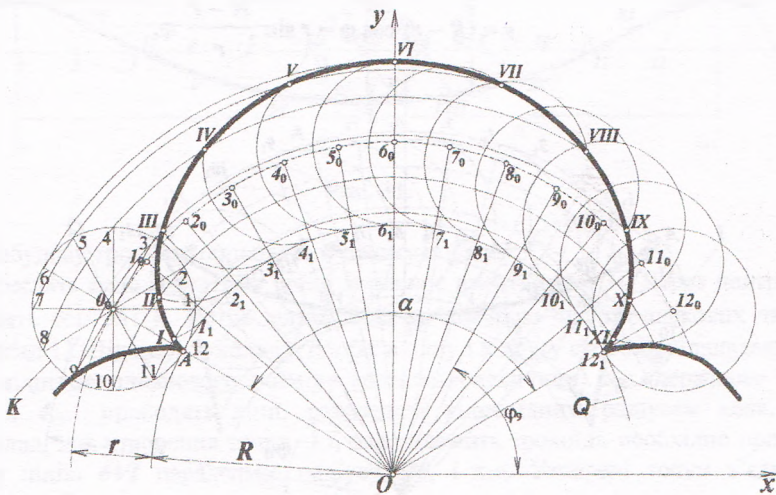


Рис. 29

Викреслювання епіциклоїди проводять в такому порядку:

1) ділять коло K на рівні частини, наприклад, на 12 частин;

2) довжину кола K , пораховану за формулою $L = \pi d$, де d – діаметр кола K ,кладають від точки A по дузі кола Q ; для цього визначають величину центрального кута α кола Q з дугою L з пропорції $\frac{\alpha}{360} = \frac{L}{\pi D}$, де D – діаметр

кола Q ; підставляють в отриману формулу значення L і вираховують α ;

3) ділять дугу $A12_1$ також на 12 рівних частин;

- 4) з центра O кола Q через точки $1_1, 2_1, 3_1, \dots, 12_1$ проводять радіуси;
 5) з точки O проводять дуги через всі точки поділу кола K ;
 6) при перекочуванні центр кола K , тобто точка O_0 , буде займати послідовне положення $1_0, 2_0, 3_0$ і т.д. і точка A , яка знаходилась раніше в місці дотику кола K з колом Q , буде переміщатись описуючи епіциклоїду $A I II III IV \dots$

Гіпоциклоїда (hypocycloid) (рис. 30) – Плоска крива, яка описується довільною точкою кола, що дотикається з середини до першого.

Гіпоциклоїду застосовують в машинобудуванні при викреслюванні зубчастих коліс; по гіпоциклоїді часто описують “ніжку” зуба. Параметричні рівняння гіпоциклоїди такі:

$$x = (R - r) \cos \varphi + r \cos \frac{R - r}{r} \varphi$$

$$y = (R - r) \sin \varphi - r \sin \frac{R - r}{r} \varphi.$$

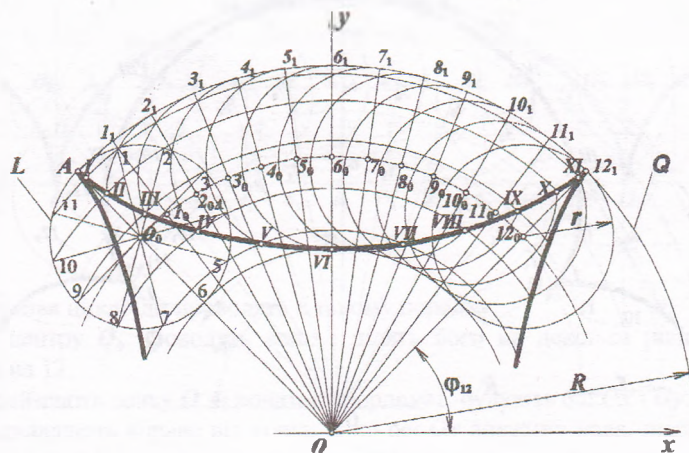


Рис. 30.

Точки гіпоциклоїди визначають так:

1) ділять коло L на 12 рівних частин, довжину кола L відкладають вправо від точки A по дузі кола Q і дугу $A 12_1$ ділять на 12 рівних частин, отримуючи по колу Q точки $1_1, 2_1, 3_1, \dots, 12_1$. При викреслюванні епіциклоїди і гіпоциклоїди часто не визначають величину центрального кута α який відповідає довжині кола L , що перекочується, а відкладають вимірником по напрямляючій кола Q 12 разів хорду, яка дорівнює $1/12$ частині кола L ;

2) з центра кола Q (точка O) проводять через отримані точки радіуси і з цього ж центра O описують дуги, які проходять через всі точки поділу кола L ;

3) з точок $1_0, 2_0, 3_0, 4_0, \dots$ креслять дуги до перетину з відповідними колами, які проведені з центра кола Q . В місцях перетину відмічають точки I, II, III, IV, \dots гіпоциклоїди.

Знайдені точки $I, II, III, IV, \dots, XII$ епіциклоїди і гіпоциклоїди з'єднують за допомогою лекала.

Трохоїда (trochoid) (рис. 31) – Циклоїдна крива, (або хвильова лінія, яка являє собою вкорочену циклоїду), яку описує точка, що лежить на відстані h від центра кола, яке котиться по іншому колу. Якщо $h=r$ – радіус твірного кола, то трохоїда переходить в епіциклоїду або гіпоциклоїду. Якщо твірне коло котиться зовні нерухомого кола, то трохоїда називається **епітрохоїдою (epitrochoid)**, якщо всередині – **гіпотрохоїдою (hypotrochoid)**.

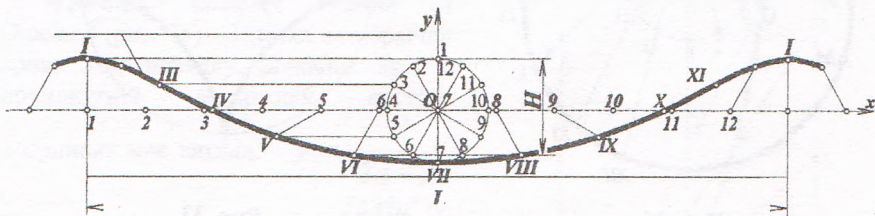


Рис. 31.

Побудову трохоїди проводять в такому порядку.

Креслять коло діаметром, який дорівнює висоті хвилі H . Через центр кола проводять осі x і y . Потім ділять коло на довільне число однакових частин, наприклад 12. Від центра кола по осі Ox в одну і в другу сторони відкладають по шість відрізків однакового розміру (довільної величини) і з одержаних точок $1, 2, 3, 4, \dots$ проводять лінії, паралельні відповідним радіусам кола. Так, наприклад, для утворення точки VI , яка належить трохоїді, необхідно провести похилу лінію $6VI$ паралельно радіусу Ob , і т.д. Утворені точки з'єднують лекальною кривою.

Кардіоїда (cardioid) (рис. 32) – Плоска алгебраїчна крива 4-го порядку, утворена будь-якою точкою кола, що котиться без ковзання вздовж нерухомого кола того ж радіуса, тобто вона являє собою епіциклоїду для випадку, коли діаметр кола K , яке перекочується, дорівнює діаметру направляючого кола Q .

Кардіоїда є окремим випадком епіциклоїди. Її можна розглядати як подеру кола щодо довільної її точки. Рівняння кардіоїди у полярних координатах має вигляд: $\rho = 2a(1 - \cos \varphi)$, де $a = OM$ – радіус кола, утвореного будь-якою точкою M кривої кардіоїди.

Побудову кардіоїди проводять в такому порядку.

Ділять коло Q на довільне число часток, наприклад 12.

З точок 2, 3, 4, 5, 6,... проводять лінії через точку 7 і по цих лініях від точок 2, 3, 4, 5, 6,... відкладають відрізок D , який дорівнює діаметрам кіл K і Q . Точки I, II, III, IV, \dots належать кардіоїді.

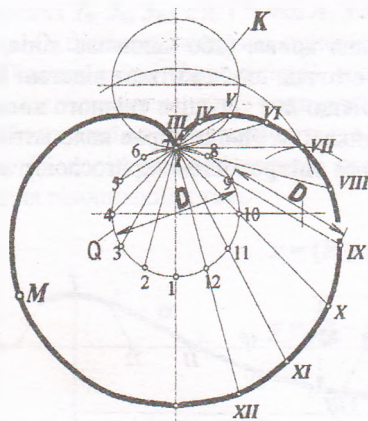


Рис. 32

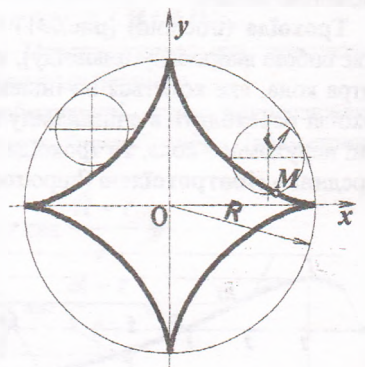


Рис. 33

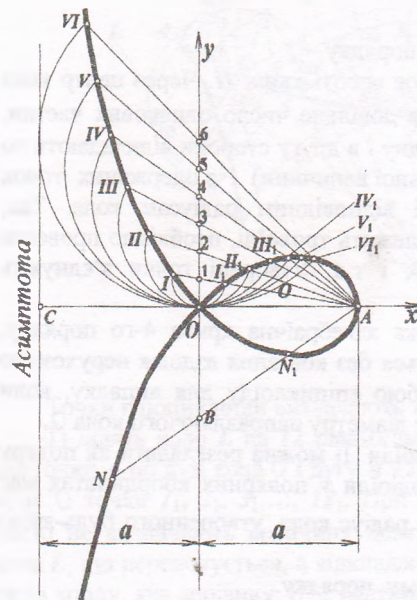


Рис. 34

Астроїда (astroid) (рис. 33) – Плоска алгебраїчна крива 6-го порядку, один з окремих випадків гіпоциклоїд. Астроїда – крива, яка описується точкою M кола радіусом $r = R/4$ (рис. 33), що котиться по внутрішньому боці кола радіуса $R = 4r$ і лежить у середині нього. Астроїда має форму чотирикутної зірки.

Строфоїда (strophoid) (рис. 34) – Плоска крива 3-го порядку, канонічне рівняння якої в прямокутних декартових координатах: $y^2 = x^2 \frac{a+x}{a-x}$.

а в полярних – $\rho = -a \frac{\cos 2\psi}{\cos \varphi}$,

де a – відстань від O (полюса) до асимптоти строфоїди, тобто $OA=OC=a$.

