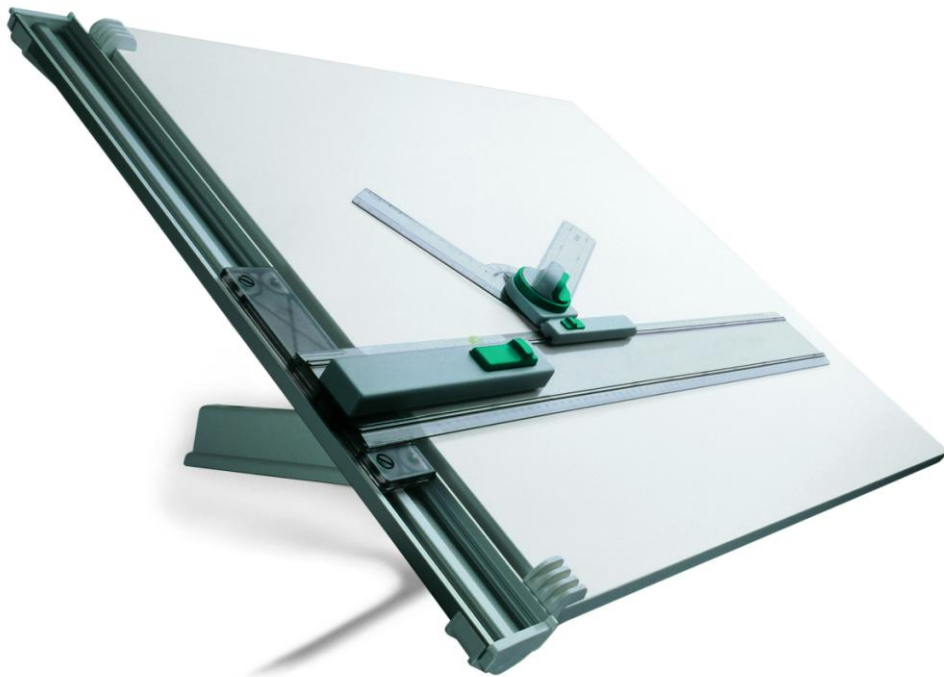


Національний університету цивільного захисту України
Кафедра інженерної та аварійно-рятувальної техніки

Назаренко С.Ю., Сухарькова О.І.

Курс лекцій з дисципліни
Інженерна та комп'ютерна графіка
Розділ «Інженерна графіка»
циклу вибіркової дисципліни
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
спеціальність 261 «Пожежна безпека»



Харків 2023

Друкується за рішенням засідання
кафедри інженерної та аварійно-
рятувальної техніки
Протокол від 23.06.23 № 1

Рецензенти: кандидат технічних наук, доцент І.М. Грицина, заступник начальника кафедри ПТтаАРР НУЦЗУ..

Інженерна та комп'ютерна графіка: Курс лекцій розділу «Інженерна графіка» для слухачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти, спеціальність 261 «Пожежна безпека»/ Укладачі: С.Ю. Назаренко, Сухарькова О.І. – Харків: НУЦЗУ, 2023. – 89 с.

Курс лекцій з дисципліни «Інженерна та комп'ютерна графіка» охоплює навчальну програму дисципліни, відповідає освітньо-професійній програмі Пожежна безпека, Пожежогасіння та аварійно-рятувальні роботи.

Зміст

Вступ.....	5
Тема 1 «Вступ. Стандарти ЄСКД. Геометричні побудови».....	6
1. Технічні засоби і прийоми виконання графічних робіт.....	6
2. Оформлення креслення.....	10
3. Деякі геометричні побудови.....	21
4. Методика виконання графічних робіт.....	22
Висновок за лекцією.....	23
Тема 2 «Проекціювання прямої лінії та двох прямих».....	24
1. Види, площина проекції.....	24
2. Проекції точки. Комплексне креслення.....	31
3. Зображення ліній на кресленні.....	34
Висновок за лекцією.....	39
Тема 3 «Проекціювання площини та двох площин».....	40
1. Способи зображення та класифікація площин.....	40
2. Взаємне розташування прямої та площини.....	42
3. Особливі лінії на площинах.....	44
4. Взаємне розташування двох площин.....	46
Висновок за лекцією.....	48
Тема 4 «Проекціювання геометричних тіл».....	49
1. Безвісне комплексне креслення.....	49
2. Просторові тіла.....	51
3. Проекціювання тіл.....	56
Висновок за лекцією.....	62
Тема 5 «Переріз геометричних тіл проекціювальними площинами».....	63
1. Загальні відомості про перерізи.....	63
2. Перерізи багатогранників, побудова суміщених проекцій та дійсних величин форм перерізів.....	64
3. Перерізи конуса і циліндра, побудова суміщених проекцій та дійсних величин форм перерізів.....	66
4. Перерізи сфери, побудова суміщених проекцій та дійсних величин форм перерізів.....	68
Висновок за лекцією.....	68
Тема 6 «Перетин поверхонь. Метод посередників».....	69
1. Загальні положення.....	69
2. Спосіб допоміжних січних площин.....	70
3. Спосіб допоміжних січних сфер.....	71
4. Побудова перерізів складних геометричних тіл проекціювальними площинами.....	74
Висновок за лекцією.....	76
Тема 7 «Проекційні креслення Аксонометрії за ГОСТ 2.305-2008».....	77
1. Прямокутні проекції.....	77
2. Косокутні проекції.....	82
3. Умовності й нанесення розмірів.....	87

Висновок за лекцією.....	87
Список використаної літератури.....	88

ВСТУП

Становлення виробничого потенціалу нашої країни передбачає підвищення інженерного-технічного рівня промисловості та об'єктів інфраструктури, що вимагає широкого впровадження механізації та автоматизації виробничих процесів, нової техніки і технології, розширення виробничої бази, створення нових зразків інженерної техніки.

Фахівці в галузі пожежної та техногенно-екологічної безпеки у своїй професійній діяльності використовують складну інженерну техніку та обладнання, опрацьовують проектно-конструкторську та будівельно-технічну документацію, тому майбутні фахівці повинні розуміти мову креслень а також вміти за допомогою креслення висловити свої теоретичні задуми і технічні ідеї.

Підготовку фахівців інженерно-технічного профілю в вищій школі з цих питань забезпечує вивчення курсу «Інженерної та комп'ютерної графіки», який є першою загально-технічною дисципліною, що дає знання, необхідні для вивчення наступних загальноінженерних і технічних дисциплін.

Знання які слухачі отримали під час вивчення курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка» стануть базою для подальшого вивчення дисциплін інженерного-технічного спрямування.

У курсі лекцій особливу увагу приділено сучасним методам навчання та обліку найважливіших дидактичних принципів які формують і розвивають у слухачів просторове уявлення, що є визначальним при вивченні графічних дисциплін у багатьох спеціальностях. Виклад матеріалу в курсі лекцій базується на положеннях державних стандартів, що діють в нашій країні.

В курсі лекцій наведено великий обсяг графічного матеріалу, що дозволяє використовувати його в якості аналога або прототипу при виконанні ескізів, робочих креслень деталей, складальних креслень і креслень для деталювання.

Тема: 1 «Вступ. Стандарти ЄСКД. Геометричні побудови.»

Мета лекції: Ознайомити курсантів із призначенням курсу «Інженерна та комп'ютерна графіка» та основними вимогами стандартів, які регламентують правила оформлення інженерних креслень. Освоїти геометричні побудови кривих другого порядку та основних сполук.

Навчальні питання:

1. Технічні засоби і прийоми виконання графічних робіт
2. Оформлення креслення
3. Деякі геометричні побудови
4. Методика виконання графічних робіт

Питання 1: Технічні засоби і прийоми виконання графічних робіт

Матеріали та інструменти креслення. Для виконання різних видів креслень олівцем та тушшю застосовують креслярський папір марки *O* (звичайна) і *B* (вищої якості). Відмітною ознакою паперу вищої якості є наявність на ньому водяних знаків, видимих на просвіт. Звичайний папір випускається двох видів: № 1 – більш високої якості і № 2 – менш щільний і жорсткий.

Креслярські олівці маркуються по твердості стрижнів від 2т до 2м. Грифель олівця тим твердіше, чим більша цифра стоїть перед буквою Т, і тим м'якше, чим більша цифра стоїть перед буквою М. Олівці з грифелем середньої твердості мають позначення ТМ. На олівцях зарубіжного виробництва можна зустріти замість букви Т букву Н, а замість букви М – В.

Для певного виду графічних робіт застосовують відповідну марку олівця по твердості (рис. 1.1). Так, для виконання креслення в тонких лініях застосовують олівці марки Т, для обведення креслення – марки М, ТМ, для виконання малюнків – марки М, 2М. Заточуються олівці на конус або «лопаткою» на довжину до 25мм. При цьому графітовий стрижень повинен виступати з дерев'яної оправы на 7 – 9 мм. Заточування олівців краще вести за допомогою наждачного паперу.

Відтінок	США	Європа	Росія
	#1	B	M
	#2	HB	TM
	#2½	F	-
	#3	H	T
	#4	2H	2T

Шкала твердості олівців

9H	8H	7H	6H	5H	4H	3H	2H	H	F	HB	B	2B	3B	4B	5B	6B	7B	8B	9B	
Самий твердий			Середній												Самий м'який					

Рис 1.1. Шкала твердості стрижнів олівців

Креслярські гумки застосовуються двох типів: для стирання ліній, виконаних олівцем, і для стирання ліній, виконаних тушшю. Гумка для роботи з олівцем, м'яка і при стиранні знімає з паперу тільки частинки графіту, не наносячи йому значних пошкоджень, гумка для стирання туші, містить тверді добавки і при стиранні шліфує верхній шар паперу.

Графічні роботи виконуються за допомогою креслярських інструментів, набір таких інструментів, розміщений в спеціальному футлярі, називається готовальнею. Випускаються різні типи готовальень. Для виконання креслярсько-конструкторських і копіювальних робіт олівцем і тушшю випускаються універсальні готовальні (У), що мають в своєму наборі різну кількість інструментів: У9, У9-л, У10, У11, У14, У14-л, У15, У24, У32. Цифра указує на кількість інструментів в наборі.

Для виконання креслярсько-конструкторських робіт олівцем випускаються готовальні: конструкторська (К), конструкторська велика (КБ), конструкторська мала (КМ і КМ-Л). Для виконання учнівських робіт випускають шкільні

готовальні (Ш). Найкращими вважаються набори креслярських інструментів, виготовлених з латуні. Основними креслярськими інструментами у складі готовалень є наступні:

Циркуль креслярський призначений для проведення кіл і дуг різних радіусів (не менше 3 – 4мм). До циркуля додається вставка голкова, рейсфедер циркульний, олівцева ніжка і подовжувач, що дозволяє здійснювати проведення кіл діаметром до 450мм. При роботі циркулем голку і рейсфедер (або олівцеву вставку) слід встановлювати перпендикулярно до поверхні паперу.

Циркуль розмічальний призначений для вимірювання відстані і відкладання довжин на кресленні. При роботі з циркулем голки обох ніжок мають бути однакової висоти.

Кронциркуль падаючий служить для викреслювання кіл малого діаметру. У нього, для зручності роботи є ніжка, що обертається та вільно переміщається уподовж осі кронциркуля. До кронциркуля додаються вставка олівцева і рейсфедер циркульний.

При виконанні графічних робіт застосовують різне приладдя і прилади, що полегшують працю при кресленні, підвищують зручність і продуктивність праці.

Креслярська дошка служить для приколювання до неї кнопками паперу. Дошки виготовляють різних розмірів. Наприклад, креслярська дошка №2 має довжину 1000 мм, ширину 650 мм і товщину 20 мм.

Рейсшина складається з довгої лінійки і двох коротких планок-щаблин. Одна з щаблина сполучена з довгою лінійкою нерухомо, друга може бути повернена по відношенню до великої лінійки на будь-який кут. Таким чином за допомогою рейсшини можна проводити паралельні горизонтальні і похилі лінії.

Лінійка мірильна служить для вимірювання довжин на кресленні. Лінійка в поперечному перетині має форму симетричної трапеції та має прямолінійну рівномірну шкалу з ціною ділення 1мм.

Косинці можливо використовувати окремо або у поєднанні з рейсшиною. З їх допомогою можна виконати різні геометричні побудови; проведення ряду паралельних ліній, побудова взаємно перпендикулярних ліній, викреслювання

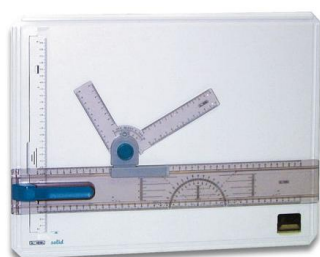
кутів і багатокутників, ділення кола на задану кількість рівних ділянок.

Лекала служать для викреслювання кривих ліній. Вони є тонкими пластинками криволінійного контуру, що дають можливість провести криві лінії, які не можуть бути виконані за допомогою циркуля. Лекала виготовляють з різною кривизною ліній. Для викреслювання лекальної кривої лекало підбирають так, щоб його кромка збігалася не менше чим з чотирма точками кривої, при цьому сполучають лінією тільки дві з них і далі лекало пересувають до подальших точок.

Транспортир застосовують для вимірювання і відкладання кутів на кресленні.

Креслярські прилади служать для полегшення праці під час виконання креслення, зниження витрат часу на виконання графічних робіт. В даний час застосовуються різні конструкції креслярських приладів. Креслярські дошки та комбайни дозволяють замінити одночасно рейсшину, транспортир, косинець, лінійку (Рис. 1.2).

Креслярські дошки мають дві лінійки, встановлені під кутом 90° один до одного. За допомогою спеціальної поворотної головки лінійки можна розташувати під різними кутами нахилу до заданих ліній. Головка зв'язана системою рухомих важелів, що дозволяє переміщати її по полю креслення, з кронштейном-струбциною, за допомогою якої і кріпиться до креслярської дошки. Застосування такого приладу скорочує витрати часу приблизно на одну чверть проти виконання креслень із застосуванням рейсшини.



а)



б)

Рис. 1.2. Креслярські прилади

а – креслярська дошка б – креслярський комбайн

Загальний хід та методи виконання графічних робіт.

1. Креслення починають виконувати з викреслювання рамки формату, виділення поля креслення і місця розташування основного напису.
2. Після цього на полі креслення намічають розташування зображень — наносять контури зображення або габаритні нариси. Це дає можливість оцінити правильність вибору місця розташування зображень і при необхідності внести зміни. Якщо зображення симетричні, проводять осі симетрії, відзначають центри кіл штрихпунктирними лініями, наносять останні елементи зображення. При цьому спочатку викреслюють дуги кіл, а потім лінії, дотичні до них.

Питання 2: Оформлення креслення.

Всі правила виконання креслень, що діють в даний час, відбиті в державних стандартах (ГОСТ) Єдиної системи конструкторської документації (ЕСКД), що враховує багато рекомендацій міжнародних організацій по стандартизації.

Всі стандарти, передбачені ЕСКД, розподіляються по наступних класифікаційних групах:

- 0 – загальні положення;
- 1 – основні положення;
- 2 – класифікація і позначення виробів в конструкторських документах;
- 3 – загальні правила виконання креслень;
- 4 – правила виконання креслень в машинобудуванні і приладобудуванні;
- 5 – правила обігу конструкторських документів (облік, зберігання, дублювання, внесення змін);
- 6 – правила виконання експлуатаційної і ремонтної документації;
- 7 – правила виконання схем;
- 8 – правила виконання будівельних документів і документів суднобудування;
- 9 – інші стандарти.

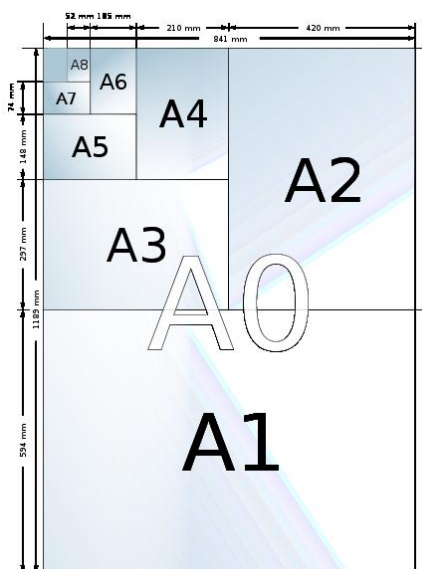
У ЕСКД всі стандарти мають певну структуру позначень і назв. Наприклад, ГОСТ 2.303-68 «Лінії» означає, що стандарт входить в комплекс

ЕСКД, якому привласнений номер 2, номер стандарту – 303 (3 – шифр класифікаційної групи, 03 – порядковий номер стандарту в групі), рік реєстрації – 1968, назва – «Лінії».

В курсі інженерної графіки знайшли віддзеркалення вимоги стандартів, що входять в групи 1, 2, 3, 4, 7.

Цілком зрозуміло, що всі стандарти ЕСКД розроблені для промисловості і не враховують особливостей виконання креслень в учбових закладах, тому при виконанні учбових креслень допускаються деякі відхилення від стандартів. При виконанні креслень необхідно керуватися вимогами, встановленими «Єдиною системою конструкторської документації», до форматів, основних написів, масштабів, ліній, шрифтів і ін.

Формати. Всі креслення повинні виконуватися на листах паперу стандартного формату (рис 1.3). Формати листів паперу визначаються розмірами зовнішньої рамки креслення. Вона проводиться суцільною тонкою лінією. Лінія рамки креслення проводиться суцільною товстою основною лінією на відстані 5мм від зовнішньої рамки. Зліва для підшивання залишають поле шириною 20мм. Позначення і розміри сторін форматів встановлені ГОСТ 2.304-68.



Формат	Розмір, мм.
A0	1189x841
A1	594 x 841
A2	594 x 420
A3	297 x 420
A4	297 x 210
A5	148 x 210

Рис 1.3 Формати та розміри листів паперу

Основні формати отримують з формату A0 шляхом послідовного ділення

на дві рівні частини паралельно меншій стороні. При необхідності допускається застосовувати формат А5 з розмірами сторін 148 x 210мм. Допускається також застосування додаткових форматів. Вони утворюються збільшенням сторін основних форматів на величину, кратну розмірам сторін формату. Допускаються наступні відхилення сторін формату при розмірах сторін: до $150 \pm 1,5$, від 150 до $600 \pm 2,0$, понад 600 $\pm 3,0$.

Основний напис креслення (рис. 1.4) розташовується в правому нижньому кутку формату. Форма, розміри і зміст граф основного напису встановлені ГОСТ 2.104-68. У основному написі указують: у графі 1 – найменування виробу; у графі 2 – позначення креслення; у графі 3 – матеріал деталі; у графі 4 – найменування підприємства де виконано креслення.

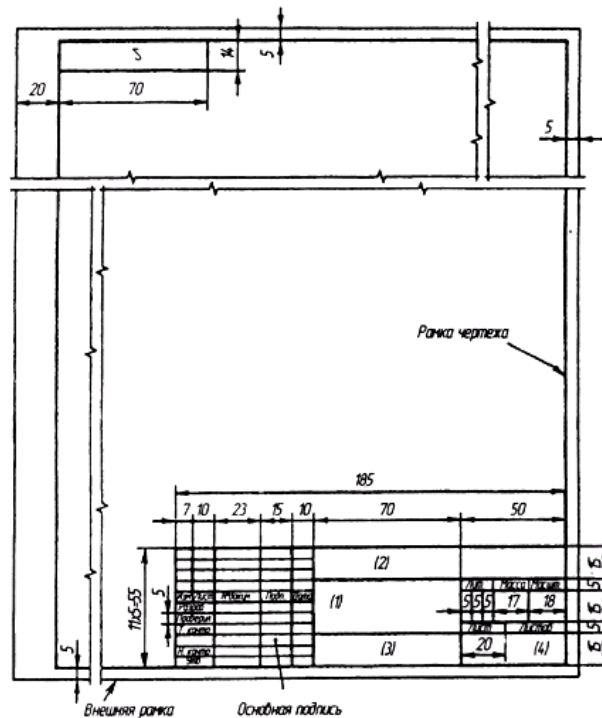


Рис 1.4 Основний напис креслення

У лівому верхньому кутку креслення, в рамці розміром 14 x 70 записується позначення креслення, дане в графі 2 рамки основного напису, повернене на 180° .

На форматах, більших за А4, основний напис може бути розташована як по короткій, так і по довгій стороні. При розташуванні основного напису уздовж

короткої сторони повернене позначення креслення розташовується в правому верхньому кутку по довгій стороні. На форматі А4 основний напис розташовується тільки уздовж його короткої сторони.

Зображення предмету на кресленні може бути виконане у натуральну величину, зменшеним або збільшеним. Відношення всіх лінійних розмірів зображення предмету на кресленні до їх натуральної величини називається масштабом. ГОСТ 2.302-68 встановлює наступний ряд масштабів зображень на кресленнях: масштаби зменшення – 1:2; 1:2,5; 1:4; 1:5; 1:10; 1:15; 1:20; 1:25; 1:40; 1:75; 1:100; 1:200; натуральна величина – 1:1; масштаби збільшення – 2:1; 2,5:1; 4:1; 5:1; 10:1; 40:1; 50:1; 100:1;

Зображення предмету на кресленні в масштабі збільшення або зменшення не передбачає цілей визначення його розмірів, воно викликане тільки необхідністю правильного зорового сприйняття форми предмету, що зображується, тому, незалежно від масштабу зображення, розміри на кресленні проставляються дійсні.

Масштаб в основному написі креслення позначається за типом 1:1; 1:2; 2:1 і так далі. Масштаби зображення, що відрізняються від вказаного в основному написі креслення, указують безпосередньо після напису, що відноситься до даного зображення, за типом: А (1:10), А – А (2:5).

Основними елементами будь-якого креслення є лінії. Залежно від їх призначення вони мають відповідний тип і товщину. Зображення предметів на кресленні є поєднанням різних типів ліній (рис. 1.5, табл. 1.1)

Типи ліній, їх призначення і товщина встановлені ГОСТ 2.303-68 (табл. 1.2). Суцільна товста основна лінія прийнята за початкову. Товщина її S повинна вибиратися в межах від 0,6 до 1,5мм. Вона вибирається залежно від величини і складності зображення, формату і призначення креслення. Виходячи з товщини суцільної товстої основної лінії вибирають товщину решти ліній за умови, що для кожного типу ліній в межах одного креслення на всіх зображеннях вона буде однаковою.

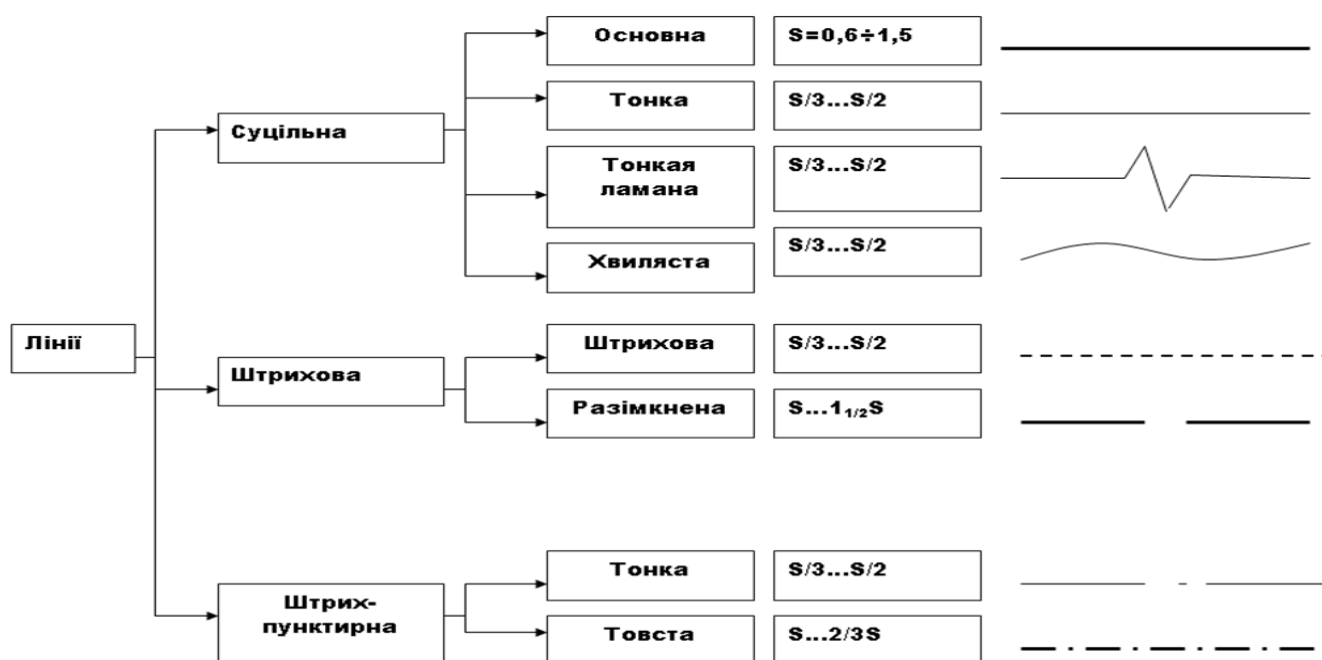


Рис. 1.5 Типи ліній

Таблиця 1.1

Типи ліній

Лінії	Основне призначення
Суцільна товста основна	<ul style="list-style-type: none"> • лінії видимого контуру; • видимі лінії переходу; • лінії контуру перетину
Суцільна тонка	<ul style="list-style-type: none"> • лінії контуру накладеного перетину; • лінії розмірні і виносні; • лінії штрихування; • лінії-винесення; • полиці ліній-винесень і підкреслення написів; • лінії для зображення кордонних деталей; • лінії обмеження виносних елементів на видах, розрізах і перетинах; • уявні лінії переходу (сліди площості, лінії побудови характерних крапок при спеціальних побудовах)

Таблиця 1.1 (продовження)

Суцільна хвиляста	<ul style="list-style-type: none"> • лінії обриву • лінії розмежування виду і розрізу
Штрихова	<ul style="list-style-type: none"> • лінії невидимого контуру • невидимі лінії переходу
Штрихпунктирна тонка	<ul style="list-style-type: none"> • лінії осьові і центрові; • лінії перетинів, симетрії, що є осями, для накладених або винесених перетинів
Штрихпунктирна зтовшена	<ul style="list-style-type: none"> • лінії, що позначають поверхні, що підлягають термообробці або покриттю • лінії для зображення елементів, розташованих перед січною площиною («накладена проекція»)
Розімкнута	<ul style="list-style-type: none"> • лінії перетинів
Суцільна тонка ламана	<ul style="list-style-type: none"> • довгі лінії обриву
Штрихпунктирна с двома точками тонка	Лінії згібу на розгортках; лінії для зображення частин виробів у крайніх чи проміжних положеннях; лінії для зображення розгортки, суміщеної з видом

Товщина ліній $S/3$ допускається тільки для креслень, виконаних тушшю, на форматах з А4 по А2. У штрихових лініях штрихи мають бути рівної довжини, а проміжки між ними однаковими. Штрихпунктирні лінії повинні перетинатися і закінчуватися штрихами. Центрові лінії повинні виходити за контури кола на 3...5мм. Для кіл, діаметр яких 12мм і менш, центрові лінії викреслюють суцільними тонкими. Якість креслення в значній мірі залежить від правильного вибору типу ліній, дотримання однакової товщини обведення, довжини штрихів і відстані між ними, акуратності їх проведення.

Всі написи на кресленнях повинні виконуватися стандартним креслярським шрифтом. Креслярський шрифт застосовують також для виконання написів на інших технічних документах. При цьому букви шрифту, цифри, окремі написи і текст виконують від руки. Окремі написи можуть складатися з одних прописних букв. Цифри, що зустрічаються в тексті виконуються однакової висоти з прописними буквами (рис 1.6, табл. 1.2).

Всі написи і розмірні числа на кресленнях мають бути чіткими і ясними. Виконуються написи шрифтами, передбаченими ГОСТ 2.304-81 «Шрифти креслярські». Ці шрифти включають російський, латинський і грецький алфавіти, а також арабські і римські цифри.

Стандарт встановлює наступні розміри шрифту: (1,8); 2,5; 3,5; 5;7; 10; 14; 20; 28; 40. Розмір шрифту h визначає висоту прописних (заголовних) букв і цифр в міліметрах.



Рис. 1.6 Креслярські шрифти

Таблиця 1.2

Креслярські шрифти

Параметри шрифту	Позначення	Розміри, мм							
		2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
Розмір шрифту - висота прописних букв	h	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	20,0	
Висота рядкових букв	c	1,8	2,5	3,5	5,0	7,0	10,0	14,0	
Відстань між буквами	a	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	2,0	2,8	
Максимальний крок рядків (висота допоміжної сітки)	d	4,0	5,5	8,0	11,0	16,0	22,0	31,0	
Мінімальна відстань між словами	e	1,1	1,5	2,1	3,0	4,2	6,0	8,4	
Товщина ліній шрифту	d	0,18	0,25	0,35	0,5	0,7	1,0	1,4	

Креслення часто мають велику кількість буквених і цифрових написів. Їх необхідно, за можливістю, розташовувати горизонтально. Слід уникати розташування написів усередині контуру проєкцій (окрім розмірних чисел). Якщо напис наноситься під лінією або підкреслюється лінією, то вона повинна відстояти від неї приблизно на 1мм.

Якщо напис перетинає лінію, то в місці перетину лінію необхідно перервати. При заповненні граф основного напису і інших графічних документів, напис необхідно розташовувати по можливості на однаковій відстані від ліній, що обмежують графу.

За зображеннями предмету на кресленні судять про його величину і величину його окремих частин. Підставою для цього служать розмірні числа, незалежно від того, в якому масштабі і з якою точністю виконані зображення. Правила нанесення розмірів на кресленнях встановлені ГОСТ 2.307-68.

Розміри на кресленні указують розмірними числами, розмірними і виносними лініями. Розмірні числа на кресленнях, як правило, указують в міліметрах без вказівки одиниць вимірювання. У тих випадках, коли необхідно

застосовувати інші одиниці вимірювання довжини, їх показують після розмірного числа.

Розмірні числа наносять над розмірною лінією, можливо ближче до її середини. Зазор між розмірним числом і розмірною лінією має бути близько 1,0мм. Висоту цифр розмірних чисел приймають не менше 3,5мм.

Розмірна лінія проводиться паралельно відрітку, розмір якого над нею наноситься. Її проводять між виносними лініями, проведеними перпендикулярно розмірним. Допускається розмірні лінії проводити безпосередньо до ліній видимого контуру, осьових і центрових. В окремих випадках розмірна лінія може проводитися не перпендикулярно виносний. Розмірні лінії обмежують стрілками (рис 1.7). В окремих випадках їх проводять не повністю, а з обривом стрілки з одного боку. Розмір стрілки вибирають від прийнятої на кресленні товщини суцільної товстої основної лінії. В межах одного креслення величина стрілок має бути по можливості однаковою. Не рекомендується як розмірні лінії використовувати контурні, осьові, центрові і виносні лінії.

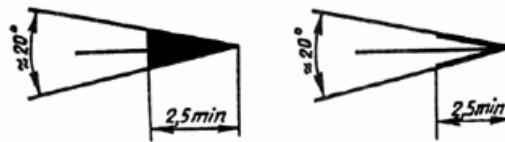


Рис 1.7 Нанесення розмірів

Якщо довжина розмірної лінії мала для розміщення стрілок, то розмірну лінію продовжують за виносні лінії. Виносні лінії проводять від меж вимірювань, вони є допоміжними і служать для розміщення між ними розмірних ліній. Виносні лінії слід по можливості розташовувати поза контуром зображення, перпендикулярно прямолінійному відрітку, розмір якого необхідно вказати. Виносні лінії повинні виходити за кінці стрілок розмірних ліній на 1...5 мм. Мінімальна відстань від розмірної лінії до паралельної нею лінії має бути 10мм, а між паралельними розмірними лініями – 7мм.

Кутові розміри на кресленнях проставляються в градусах, хвилинах і секундах з вказівкою одиниць вимірювання. Розмір кута наносять над розмірною лінією, яка проводиться у вигляді дуги з центром в його вершині. Виносні лінії в

цьому випадку проводяться радіально.

При різних нахилах розмірних ліній розмірні числа лінійних розмірів розташовують так, як показано на рис. 1.8а, а кутові розміри – як показано на рис.1.8b Якщо розмірна лінія знаходиться в зоні, яка на кресленні заштрихована, розмірні числа наносять на полицях ліній-винесень.

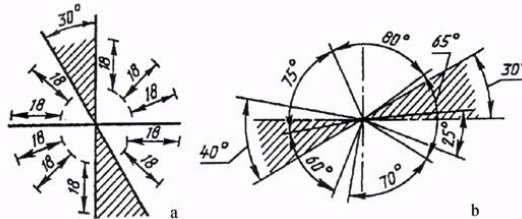


Рис. 1.8 Нанесення розмірів при різних нахилах розмірних ліній

Якщо для написання розмірного числа мало місця над розмірною лінією або це місце зайнято іншими елементами зображення і вписати в нього розмірне число неможливе, розмірне число наносять по одному з варіантів, приведених на рис 1.9.

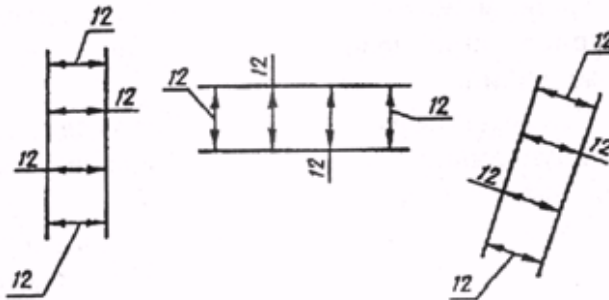


Рис 1.9 Написання розмірного числа

З метою спрощення ряду зображень, створення зручностей для читання креслення стандарт передбачає застосування умовних позначень у вигляді букв латинського алфавіту і графічних знаків, які ставляться перед розмірними числами. На кресленнях застосовуються знаки і букви для позначення діаметру і радіусу, довжини дуги і квадрата, ухилу і конусності, сфери, товщини і довжини деталі.

Перед розмірним числом діаметру наноситься знак \varnothing . Причому між знаком і числом ніяких пропусків не передбачено. Перед розмірним числом радіусу дуги завжди ставиться знак у вигляді прописної латинської букви *R*. Розмірну лінію в

цьому випадку проводять у напрямку до центру дуги і обмежують тільки однією стрілкою, що упирається в дугу або її продовження. Якщо величина радіусу на кресленні менше бмм, стрілки рекомендується розміщують із зовнішнього боку дуги. При необхідності завдання положення центру дуги його відзначають перетином центрових або виносних ліній. У тих випадках, коли на кресленні зображена дуга великого радіусу, для якої центр можна не позначати, розмірну лінію обривають, не доводячи до центру. Якщо ж в цьому випадку центр необхідно відзначити, допускається наближати його до дуги. Розмірна лінія в цьому випадку показується із зломом 90° і обидві ділянки розмірної лінії проводяться паралельно. Не слід розташовувати на одній прямій розмірні лінії, що виходять з одного центру і призначені для позначення розмірних дуг. Радіусами рекомендується позначати дуги до 180° ; дуги, величина яких складає більш 180° , позначаються діаметром.

Знак дуги наноситься над розмірним числом. Довжину дуги задають в лінійних одиницях, а розмірне число, що позначає дугу, наноситься над розмірною лінією відповідно до звичайних вимог.

Для постановки розмірів квадрата застосовують відповідний знак \square , висота якого рівна $7/10$ висот розмірного числа. При іншому розташуванні квадрата наносять розміри його сторін. Слід зазначити, що знак квадрата наносять тільки на тому зображенні, на якому він проектується в лінію.

Знак конусності поверхні наноситься на полиці лінії винесення, розташованої паралельно осі конуса або на осі конуса. Знак конусності розташовують так, щоб його гострий кут був направлений у бік вершини конуса. Величину конусності визначають відношенням різниці діаметрів двох поперечних перетинів конуса до відстані між цими перетинами.

Для позначення сфери на кресленні застосовують знак діаметру або радіусу. У тих випадках, коли по кресленню сферу важко відрізнити від інших поверхонь, перед знаком радіусу або діаметру допускається додавати слово «Сфера». Напис на кресленні виконується за типом «Сфера діаметр 17» або «Сфера $R10$ ».

Прості плоскі деталі зображуються у вигляді однієї проєкції. У цих випадках її товщину позначають рядковою буквою s і напис на кресленні виконується за типом $s2$ і розташовується на полиці лінії-винесення.

Фаски на кресленнях наносять двома лінійними розмірами або одним лінійним і одним кутовим. В тому випадку, якщо кут нахилу утворюючого конуса рівний 45° , застосовують спрощене позначення фаски, коли розмірна лінія проводиться паралельно осі конуса, а напис виконується за типом «2 x 45»

Питання 3: Деякі геометричні побудови (лекальні криві).

Лекальними називають плоскі криві, викреслені за допомогою лекал по заздалегідь побудованих точках. До лекальних кривих відносять: еліпс параболу, гіперболу, циклоїду, синусоїду евольвенту і ін.

Еліпс є замкнутою плоскою кривою другого порядку. Вона характеризується тим, що сума відстаней від будь-якої її точки до двох точок фокусів є величина постійна, рівна більшій осі еліпса. Побудувати еліпс можна декількома способами. Наприклад, можна побудувати еліпс по його великій AB і малій CD осям. На осях еліпса як на діаметрах будують два кола, які можна розділити радіусами на декілька частин. Через точки ділення великого кола проводять прямі, паралельні малій осі еліпса, а через точки ділення малого кола – прямі, паралельні великій осі еліпса. Точки перетину цих прямих і є точками еліпса.

Параболою називають незамкнуту криву другого порядку, всі точки якої рівновіддалені від однієї точки – фокусу і від прямої – директриси.

Розглянемо приклад побудови параболі по її вершині O і якій-небудь точки B , що належність параболі. З цією метою будують прямокутник $Oabc$ і ділять його сторони на рівні частини, з точок ділення проводять промені. У перетині однойменних променів отримують точки параболі.

Гіперболою називають плоску незамкнуту криву другого порядку, що складається з двох віток, кінці яких віддаляються в нескінченність, прагнучи до своїх асимптот. Гіпербола відрізняється тим, що кожна точка її володіє особливою властивістю: різниця її відстаней від двох даних крапок-фокусів є

величина постійна, рівна відстані між вершинами кривої. Якщо асимптоти гіперболи взаємно перпендикулярні, вона називається рівнобокою.

Питання 4: Методика виконання графічних робіт

При виконанні значного об'єму графічних робіт необхідно перш за все правильно організувати робоче місце кресляря з урахуванням наступних рекомендацій:

1. Правильно організувати робоче місце: Перед початком роботи слід зібрати інструменти, які будуть необхідні для виконання конкретного креслення. Відібрані інструменти повинні розташовуватися так, щоб вони не заважали роботі і в той же час аби можна було швидко вибрати серед них необхідний.
2. До початку виконання креслення необхідно заточити декілька олівців. Це дозволить уникнути втрат часу на їх заточування в процесі роботи і працювати, не відриваючись від креслення. Потрібно перевірити також, аби на столі не було нічого зайвого і світло падало з лівого боку.
3. Приколюючи креслярський папір до дошки, перше кріплення слід розташувати у верхньому лівому кутку і вирівняти верхній зріз аркуша.
4. При обведенні креслення олівцем його важко зберегти чистим.
5. Ретельно дотримуйте чистоту на кресленні, уникайте проведення додаткових, зайвих, випадкових ліній.
6. Після виконання побудови креслення слід перевірити.
7. Для прискорення роботи по обведенню креслення спочатку підряд проводять горизонтальні лінії на всіх зображеннях, потім вертикальні, за ними похилі одного напрямку, потім другого і так далі. Спочатку проводять суцільні основні товсті лінії, за ними, наприклад, штрихові, суцільні тонкі і так далі. В останню чергу заповнюють графі основного напису, наносять технічні вимоги і розмірні числа.
8. Після закінчення обведення креслення його необхідно знову ретельно перевірити для виявлення можливих помилок і упущень.
9. Необхідно постійно стежити за збереженням конусності і довжини грифеля олівця, постійно підточувати його. Укорочення конуса наводить до

потовщення ліній. Підбір олівця при відповідному сорті паперу забезпечує проведення ліній, що виключає втискування олівця в папір. Це дає можливість при необхідності стерти лінію без залишення слідів.

10. При виконанні написів і розмірних цифр на полі креслення під руку з олівцем необхідно підкладати чистий аркуш паперу, що виключає забруднення креслення.

Висновок за лекцією

В лекції були розглянуті питання виконання простих креслень та основні прийоми виконання креслярських робіт. Більш поглибленні знання вами будуть отримані на практичних заняттях та наступних лекціях а також на спеціальних предметах (на основі знань отриманих з цієї дисципліни) в обсязі достатньому для читання та виконання креслень за обраною спеціальністю.

Тема 2: «Проекціювання прямої лінії та двох прямих»

Мета лекції: ознайомити слухачів зі способами завдання та класифікацією прямих ліній на комплексному кресленні. Провести аналіз прямих загального положення та взаємного розташування двох прямих.

Навчальні питання:

1. Види та площина проєкції
2. Проєкції точки. Комплексне креслення
3. Зображення ліній на кресленні

Питання 1. Види та площина проєкції

Правила зображення предметів (виробів, споруд і т.д.) на кресленнях всіх галузей промисловості і будівництва встановлює ГОСТ 2.305 – 68.

Зображення на фронтальній площині приймається на кресленні як головний вид. Предмет розташовують відносно фронтальної площини проєкцій так, щоб зображення на ній давало найповніше уявлення про форму і розміри предмету. Зображення на кресленні залежно від їх вмісту розділяються на види, перетини, розрізи.

Вид – зображення зверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмету. Зображення предметів виконуються по методу прямокутного проєктування. За основну площину проєкцій приймають шість граней куба; потім грані суміщають в одну площину, причому грань 6 допускається розташовувати поряд з гранню 4 (рис 2.1).

Для зменшення кількості зображень допускається на видах показувати необхідні невидимі частини поверхні за допомогою штрихових ліній. Проте, слід мати на увазі, що наявність великої кількості штрихових ліній ускладнює читання креслення, тому їх використання має бути обмежене.

Основні види – зображення, що отримують на основній площині проєкцій – гранях куба: 1 – вид спереду (головний вид); 2 – вид зверху; 3 – вид зліва; 4 – вид справа; 5 – вид знизу; 6 – вид ззаду.

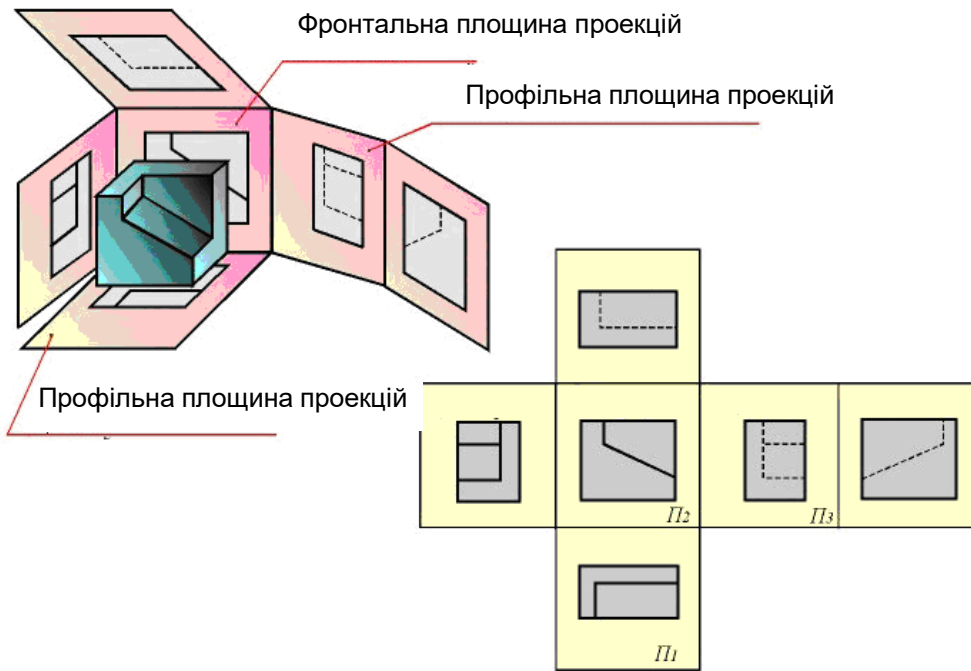


Рис 2.1 Утворення видів

Октант (рис 2.2) будь-яка з восьми областей, на які простір ділиться трьома взаємно перпендикулярними координатними площинами.

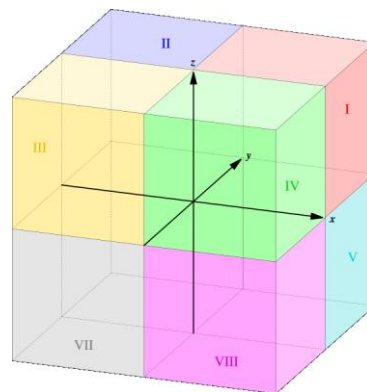


Рис. 2.2 Утворення октантів

Проекціювання – процес отримання зображень предмету на якій-небудь поверхні (плоскою, циліндровою, сферичною, конічною) за допомогою проєруючих променів.

Метод проєцювання – спосіб побудови зображень предмету на площині за допомогою сукупності засобів проєціювання: центру проєктування,

проєцюючих променів, напряму проєцювання, плоскості проєкцій.

Для того, щоб отримати будь-яке зображення предмету на плоскості, необхідно розташувати його перед площиною проєкцій і з центру проєкціювання провести уявні проєцюючі промені, пронизуючи кожную точку предмету. Перетин цих променів з площиною проєкцій дає множену проєкцій точок, сукупність яких створює зображення предмету, його проєкцією.

Проєцювання точки. Візьмемо в просторі довільну точку A і розташуємо її над плоскістю проєкцій H . Проведемо через точку A проєцюючий промінь так, щоб він пересік плоскість H в деякій точки A' , яка буде проєкцією точки A (рис 2.3). Методом проєктування можна отримати проєкцію нескінченно малого об'єкту – точки.

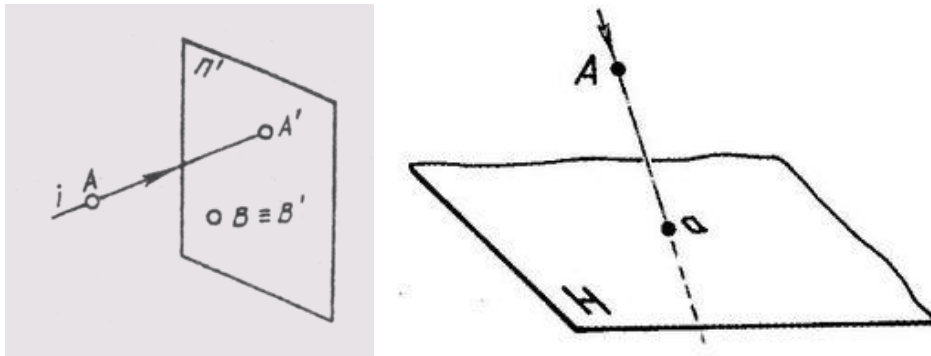


Рис 2.3 Проєцювання точки

Проєцювання прямої. Уявимо собі пряму як сукупність точок. Використовуючи метод проєкціювання, проведемо безліч паралельних проєцюючих променів через точки, з яких складається пряма, до пересічення їх з плоскістю проєкцій. Отримані проєкції точок складуть проєкцію заданої прямої – одновимірного об'єкту (рис 2.4).

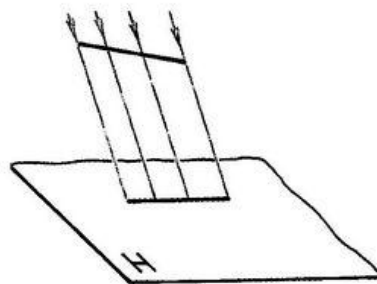


Рис 2.4 Проєцювання лінії

Проектування трикутника. Розташуємо трикутник ABC перед площиною H . Прийняв вершини трикутника за окремі точки A, B, C , спроецюємо кожну з них на площину проєкцій. Отримаємо проєкції вершин трикутника – a, b, c . Послідовно з'єднавши проєкції вершин (a і b ; b і c ; c і a), отримаємо проєкції сторін трикутника. Частина площини, обмежена зображенням сторін трикутника abc , буде проєкцією трикутника ABC на площині H (рис 2.5). Отже, методом проектування можна одержувати проєкцію плоскої фігури - двомірного об'єкту.

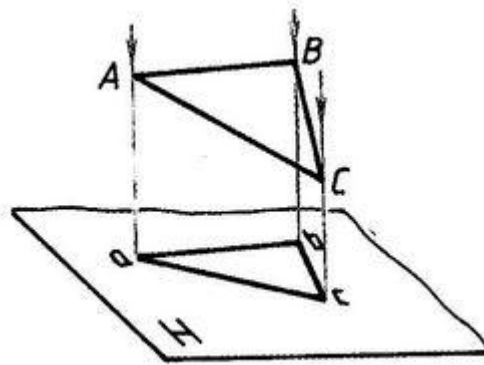


Рис 2.5 Проеціювання трикутника

Паралельне проєціювання характеризується тим, що проєцюючі промені паралельні між собою. В цьому випадку передбачається, що центр проектування (S) видалений в нескінченність. Зображення, отримані в результаті паралельного проектування, називаються *паралельними проєкціями*.

Якщо проєцюючі промені паралельні між собою і падають на площину проєкцій під прямим кутом, то проектування *називається прямокутним (ортогональним)*, а отримані проєкції - прямокутними (ортогональними).

Центральне проектування (перспектива) характеризується тим, що проєцюючі промені виходитимуть з однієї точки (S), званої центром проєціювання (рис 2.6). Отримане зображення називається центральною проєкцією.

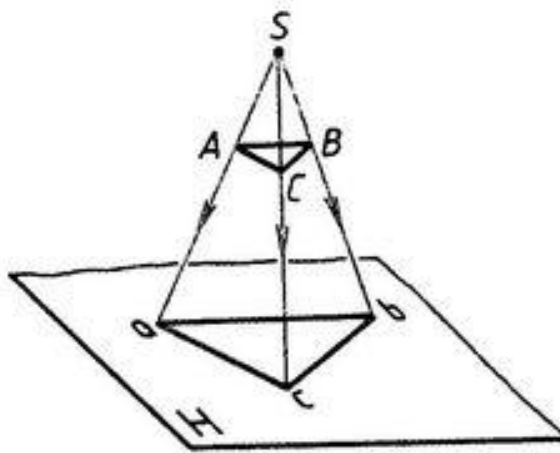


Рис 2.6 Центральне проектування

Властивості проєкцій:

Проєкція точки є точка. При заданому центрі P (або напрямі S) при проєціюванні будь-якої точки простору A на площину проєкцій Π' , буде відповідати єдина точка A' . При цьому проєкція точки B , що лежить в плоскості проєкцій Π' , буде збігається з самою точкою (рис 2.7).

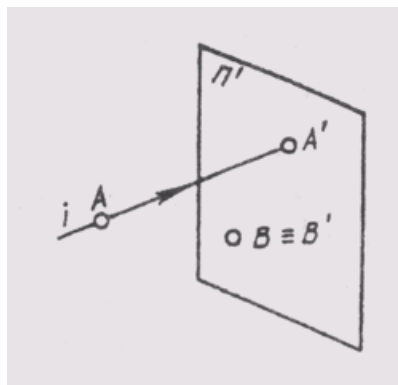


Рис 2.7 Проєкція точки

Проєкція прямої є пряма. Якщо в просторі пряма паралельна площині проєкції Π' , то її проєкція паралельна самій прямій (рис. 2.8). При цьому при центральному проектуванні проєкції відрізків пропорційні самим відрізкам, а при паралельному – рівні їм. Проєкція прямої визначена, якщо відомі проєкції хоч би двох її точок.

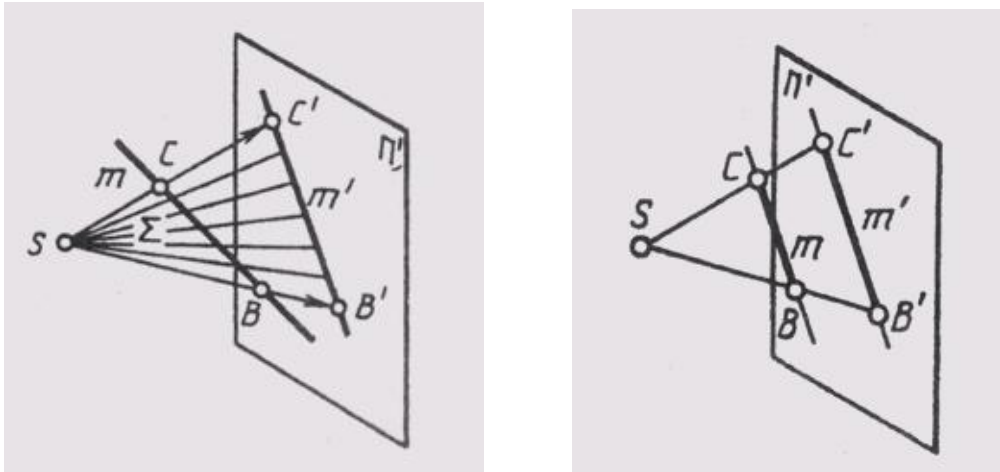


Рис 2.8 Проекція прямої

Проекцією площини є площина проєкцій. Площина складається з нескінченної кількості точок. При проектуванні цієї множини промені, що проектують заповнюють весь простір, а точки їх перетину з площиною проєкцій π' – всю площину проєкцій. Оскільки стан будь-якій площині в просторі визначається трьома її точками, що не лежать на одній прямій, то проєкція трьох таких точок площини (рис. 2.9а) встановлює однозначна відповідність між проєкціуючою площиною і площиною проєкцій π' , яке дозволяє визначити проєкції (рис. 2.9б) будь-якої точки D або прямої цієї площини.

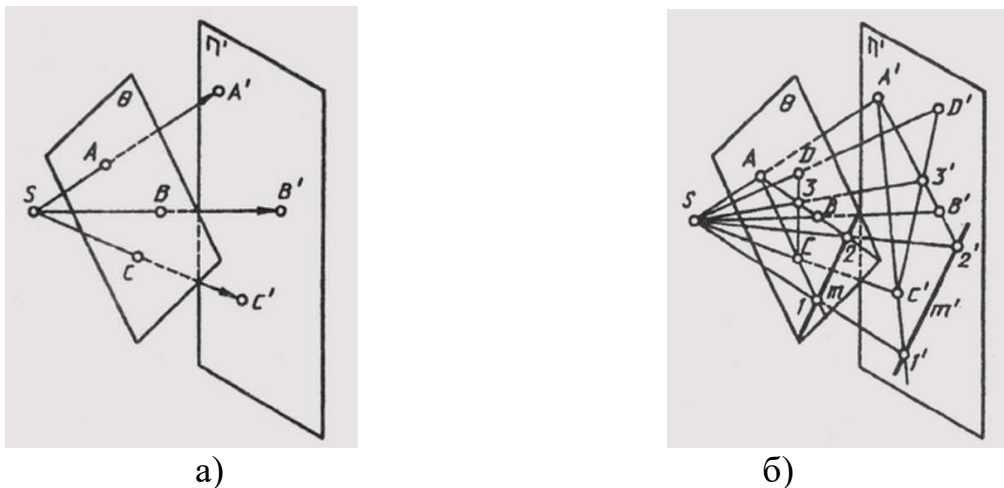


Рис 2.9 Проекція площини

Якщо площина паралельна площині проєкцій, то проєкції її плоских фігур при центральному проектуванні подібні самим фігурам (рис. 2.10а), а при паралельному – рівні їм (рис. 2.10,б)

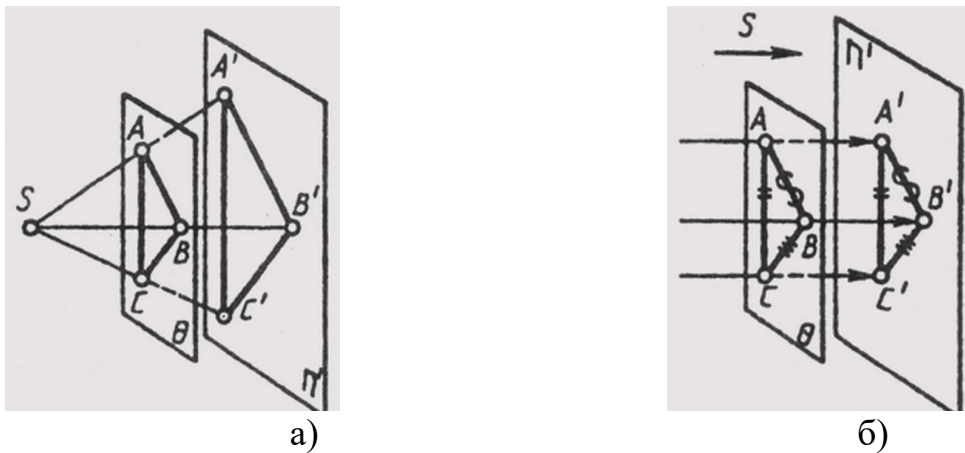


Рис 2.10 Проекція паралельних площин

Проекціювання призми. Для прикладу візьмемо похилу трикутну призму і спроецюємо її на плоскість проєкцій H . В результаті проєкціювання призми на плоскість H отримують проєкції її основи – трикутників і бічних граней – прямокутників. Так в результаті проєкціювання на плоскості H отримують проєкцію трикутної призми. Отже, за допомогою методу проєктування можна відображувати будь-який тривимірний об'єкт (рис 2.11).

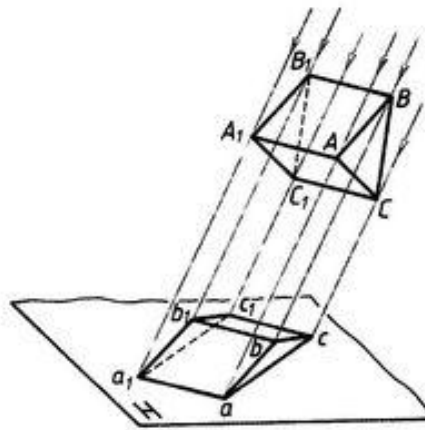


Рис 2.11 Проекціювання призми

Якщо проєкціюючі промені паралельні між собою, але падають на плоскість проєкцій під кутом, відмінним від прямого, то проєкціювання називається *косокутним*, а отримана проєкція – *косокутною*. При проєкціюванні об'єкт розташовують перед плоскістю проєкцій так, щоб отримане на ній зображення було найбільш інформативним. Види проєкціювань представлені в таблиці 2.1

Таблиця 2.1

Види проєкціювань

Центральне	Паралельне	
	Прямокутне	Косокутне
<ul style="list-style-type: none"> застосовується для: побудови перспективних зображень вулиць, міст, майданів в архітектурі; для відображення зовнішнього вигляду виробів в дизайнерських проєктах. 	застосовується для побудови креслень в системі проєкцій, а також аксонометричних зображень, використовуваних в науці, техніці, дизайні і архітектурі	використовується для побудови аксонометричних проєкцій

Питання 2. Проєкції точки. Комплексне креслення

Щоб побудувати зображення предмету, спочатку зображають окремі його елементи у вигляді простих елементів простору. Зображаючи геометричне тіло, слід побудувати його вершини, представлені точками; ребра, представлені прямими і кривими лініями; грані, представлені площиною і т.д. Не можна судити про положення точки в просторі по одній її проєкції; положення її в просторі визначається двома проєкціями.

Розглянемо побудову проєкції точки A , розташованою в просторі двогранного кута (рис 2.12). Одну з плоскостей проєкції розташуємо горизонтально, назвемо її горизонтальною площиною проєкцій і позначимо буквою Π_1 . Проєкції елементів простору на ній позначатимемо з індексом 1 : $A_1, a_1, S_1 \dots$ і назвемо *горизонтальними проєкціями* (точки, прямої, площини).

Другу площину розташуємо вертикально перед спостерігачем, перпендикулярно першій, назвемо її вертикальною площиною проєкцій і позначимо Π_2 . Проєкції елементів простору на ній позначатимемо з індексом 2: A_2, a_2, S_2 і називати *фронтальними проєкціями* (точки, прямої, площини).

Лінію перетину площини проєкцій називають *віссю проєкцій*.

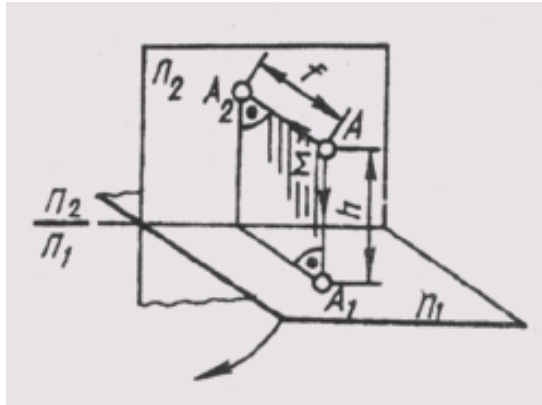


Рис 2.12 Проекції точки

Щоб отримати плоске креслення, поєднаємо горизонтальну площину проєкцій Π_1 з фронтальною площиною Π_2 обертанням довкола осі Π_2/Π_1 . Тоді обидві проєкції точки опиняться на одній лінії, перпендикулярній осі Π_2/Π_1 (рис 2.13). Пряма A_1A_2 , що сполучає горизонтальну A_1 і фронтальну A_2 проєкції точки, називається *вертикальною лінією зв'язку*.

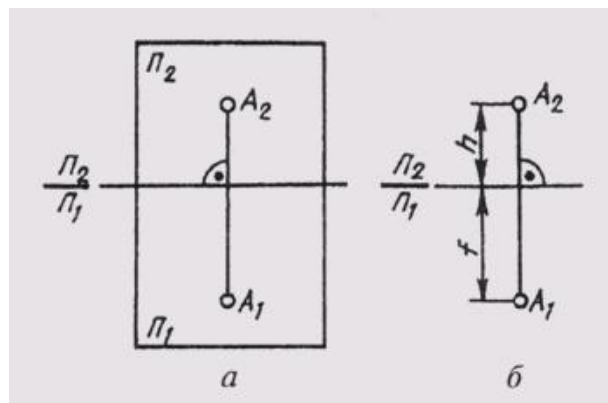


Рис 2.13 Комплексне креслення точки

Отримане плоске креслення називається комплексним кресленням - зображенням предмету на декількох поєднаних площинах. Комплексне креслення, що складається з двох ортогональних проєкцій, зв'язаних між собою, називається *двопроєкційним*. На цьому кресленні горизонтальна і фронтальна проєкції точки завжди лежать на одній вертикальній лінії зв'язку.

Трьохпроєкційне комплексне креслення точки

Для визначення положення геометричного тіла в просторі і отримання додаткових відомостей на їх зображеннях може виникнути необхідність у

побудові третього проєкції. Третю площину проєкцій розташовують праворуч від спостерігача перпендикулярно одночасно горизонтальній площині проєкцій Π_1 і фронтальній площині проєкцій Π_2 (рис. 2.14). У результаті перетину фронтальної Π_2 і профільної Π_3 площин проєкцій отримуємо нову вісь Π_2/Π_3 , яка розташовується на комплексному кресленні паралельно вертикальній лінії зв'язку A_1A_2 . Третя проєкція точки A – профільна пов'язана з фронтальною проєкцією A_2 новою лінією зв'язку, яку називають горизонталлю. Положення точки в просторі в цьому випадку характеризується її шириною – відстанню від неї до профільної площини проєкцій. Отримане комплексне креслення точки називається *трьохпроєкційним*.

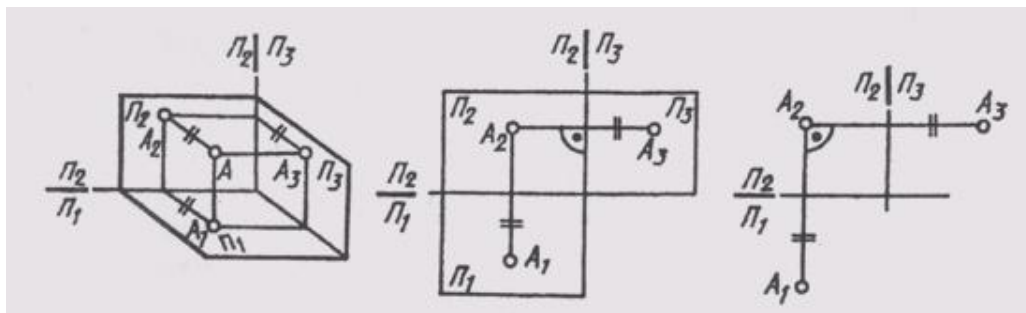


Рис 2.14 Трьохпроєкційне комплексне креслення точки

Дві точки в просторі можуть бути розташовані так, що проєкції їх на якій-небудь площині проєкцій збігаються, такі точки називають *конкуруючими*. Точки A і B розташовані так, що проєкції їх збігаються на площині Π_1 [$A_1 = B_1$] (рис 2.15). Такі точки називаються *горизонтально конкуруючими*.

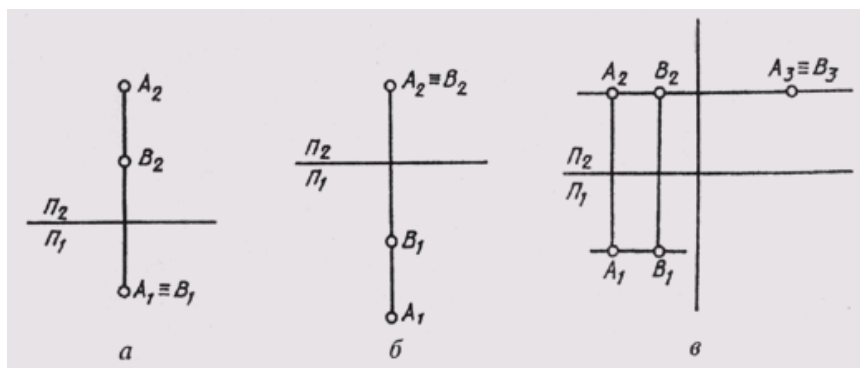


Рис 2.15 Конкуруючі точки

Якщо проєкції точок A і B збігаються на площині Π_2 , вони називаються

фронтально конкуруючими. Якщо проєкції крапок А і В збігаються на площині ПЗ [$A_3 = B_3$], вони називаються *профільно конкуруючими*.

По конкуруючих точках визначають їх видимість на кресленні: в горизонтально конкуруючих точок видима та, в якій більше висота; в фронтально конкуруючих в якій більша глибина; в профільно конкуруючих в якій більша ширина.

Питання 3. Зображення ліній на кресленні

Утворення ліній. У загальному випадку лінію можна представити як безліч послідовних положень точки, що переміщається в просторі. Якщо точка пересувається без зміни напрямку, утворюється пряма лінія, якщо напрям руху точки змінюється, то утворюється крива лінія. Якщо точка переміщається в одній площині, утворюється *плоска лінія* (коло, еліпс, овал) якщо її траєкторія виходить за межі однієї площині, то таку лінію називають просторовою. Просторові лінії не лежать всіма своїми точками в одній площині. Їх називають також лініями двоякої кривизни (гвинтова лінія).

Комплексне креслення прямої лінії. Пряму лінію в просторі можна визначити положенням двох її точок, для побудови її на кресленні досить виконати комплексне креслення цих двох точок, а потім з'єднати однойменні проєкції точок прямими лініями. При цьому одержуємо відповідно горизонтальну і фронтальну проєкції прямої (рис 2.16).

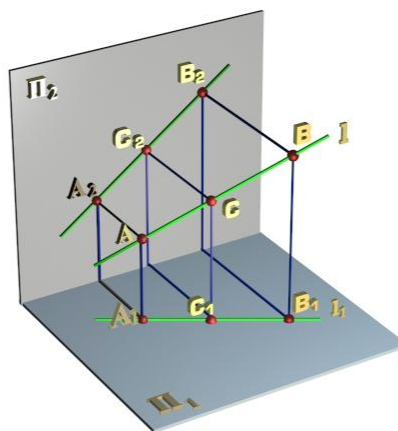


Рис 2.16 Комплексне креслення прямої лінії

Відносно площини проєкцій пряма може займати різне положення. Пряму,

не паралельну жодній з основних плоскостей проєкцій, називають *прямою загального положення* (рис 2.17).

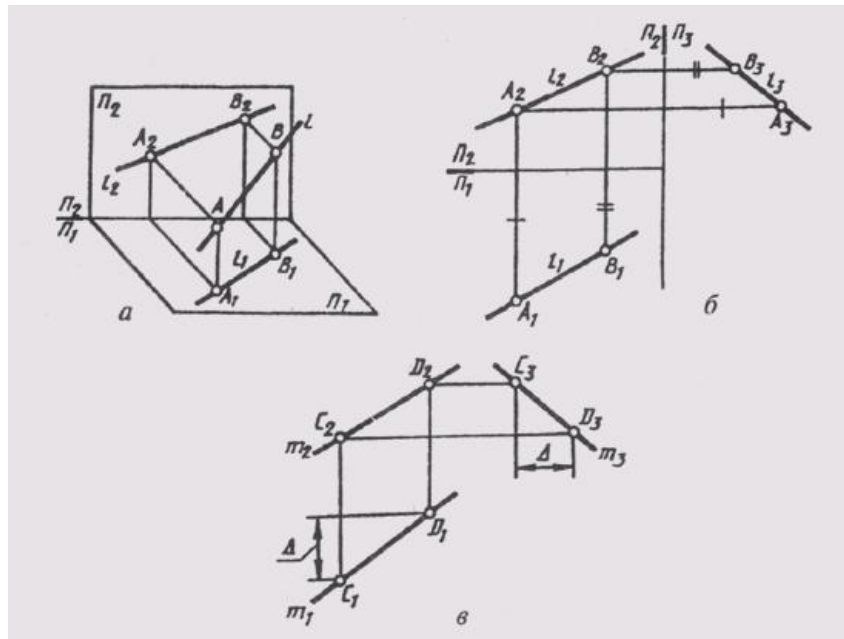


Рис 2.17 Прямо загального положення

Пряму, паралельну або перпендикулярну одній з плоскостей проєкцій, називають *прямою частинного положення*. Прямі, паралельні одній з площин проєкцій, називають *прямими рівня*. Назва їх залежить від того, якій площині вони паралельні. Пряму, паралельну горизонтальній площині проєкцій, називають *горизонталлю рівня* і позначають на кресленнях h (рис 2.17).

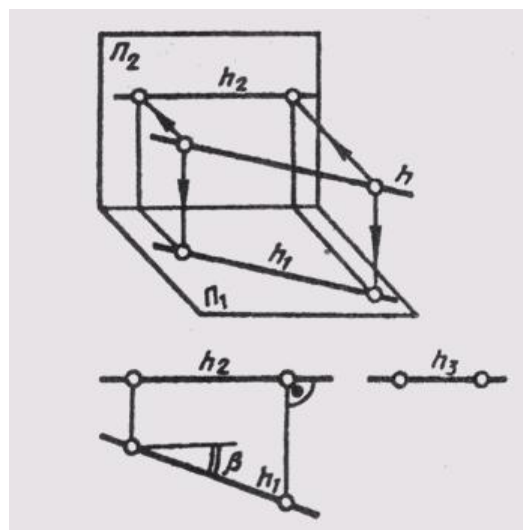


Рис 2.17 Горизонталь рівня

Пряму, паралельну фронтальній площині проєкцій, називають фронтальною рівняю і позначають f (рис 2.18).

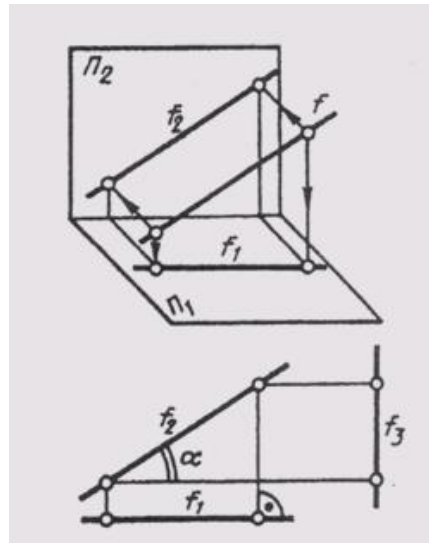


Рис 2.18 Фронтальна рівня

Пряму, паралельну профільній площині проєкцій, називають профільною рівняю і позначають p (рис 2.19).

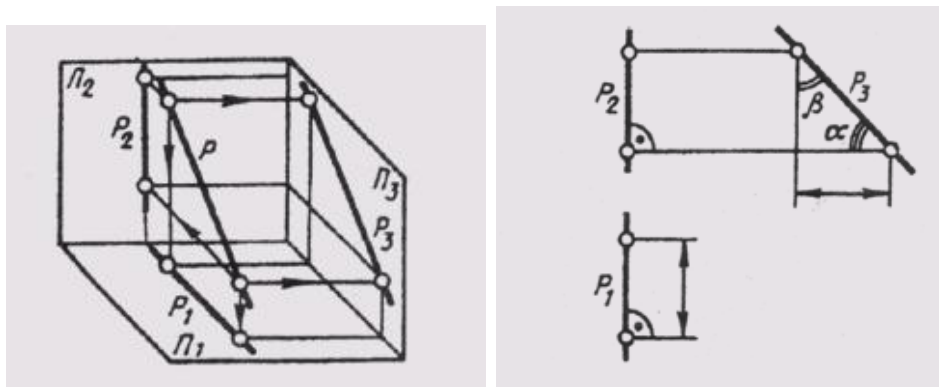


Рис 2.19 Профільна рівня

Точки перетину прямої зі площиною проєкцій називаються слідами прямої. В точках слідів пряма переходить зі одного октанта в інший. Розрізняють горизонтальний, фронтальний і профільний сліди прямої і їх відповідні проєкції.

Прямі, паралельні площині проєкцій, мають лише два сліди (рис. 2.20), а прямі, перпендикулярні площині проєкцій, – один слід (рис. 2.21), співпадаючий зі тією проєкцією прямої, на якій вона проєктується в точку.

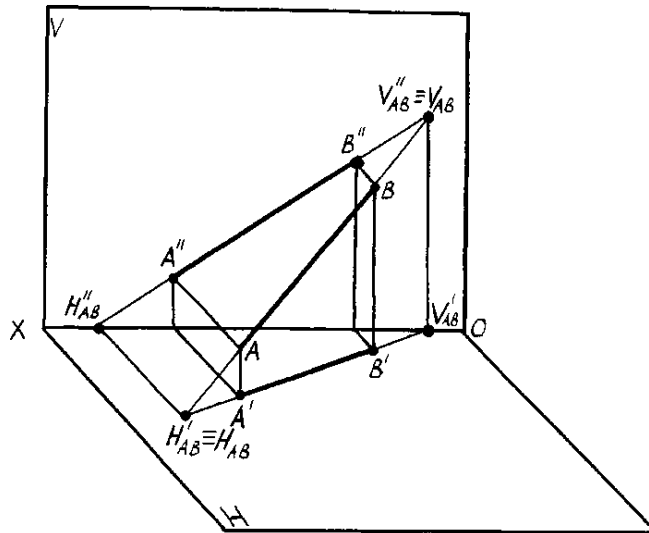


Рис 2.20 Сліди прямої

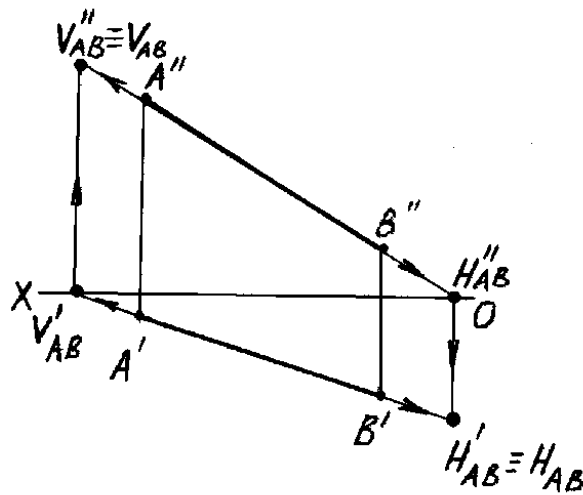


Рис 2.21 Побудова слідів прямої

Взаємне положення прямих. Прямі в просторі можуть бути паралельними, пересічними, такими, що схрещуються і перпендикулярними.

Просторові креслення і епюри паралельних і пересічних прямих представлені на рисунку 2.22.

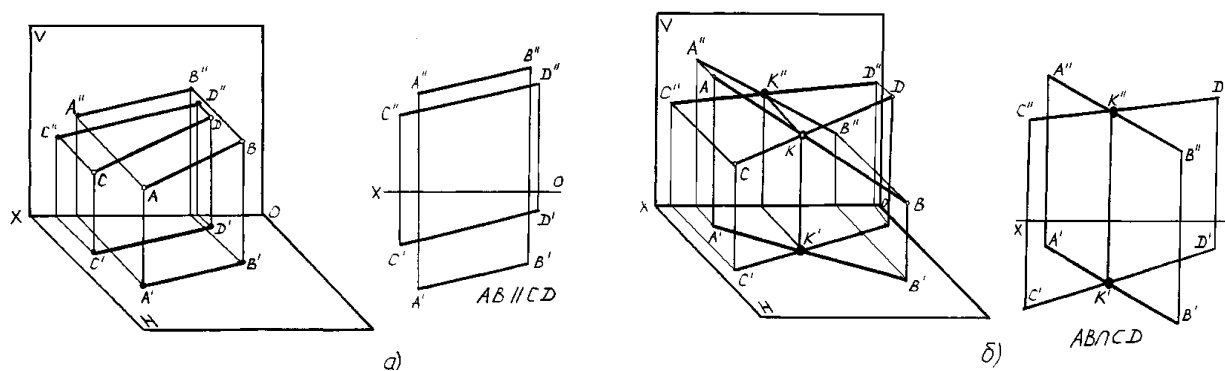


Рис 2.22 Паралельні і пересічні прямі

Висновок за лекцією

В цій лекції ми ознайомилися з правилами проєкціювання прямих, аналізу їх положення у простору та визначення дійсної величини відрізків прямих загального положення. А також перейшли до аналізу взаємного розташування таких геометричних образів як точка і пряма та розібрали правила проєкціювання плоских кутів. Це дозволяє подальше перейти до вивчення більш складного геометричного образу – площини.

Тема № 3: «Проекціювання площини та двох площин»

Мета лекції: ознайомити слухачів з правилами та прийомами зображення площин на комплексному кресленні, а також їх аналізу за цими зображеннями.

Навчальні питання:

1. Способи зображення та класифікація площин
2. Взаємне розташування прямої та площини
3. Особливі лінії на площинах
4. Взаємне розташування двох площин

Питання 1. Способи зображення та класифікація площин

Простою поверхнею, що широко використовується в інженерній графіці, є площина, яка є поверхнею, утвореною переміщенням прямолінійною твірною по двох паралельних прямих або прямих, що не пересікаються m_1 і m_2 (рис 3.1).

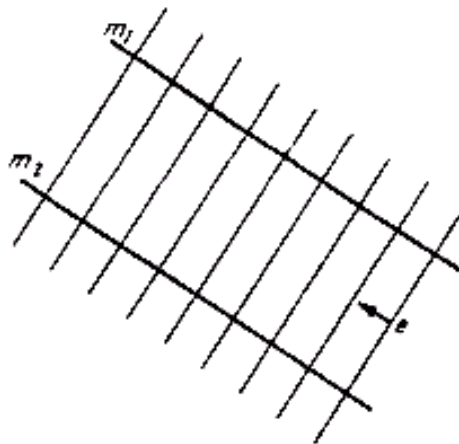


Рис 3.1 Утворення поверхні

Площина – поверхня нульової кривини, що містить: точки, прямі, плоскі криві лінії і фігури. Положення площини у просторі задають три точки, що не лежать на одній прямій. Виходячи з цього, площину в просторі можна задавати: точкою та прямою, двома паралельними прямими, двома прямими, що перетинаються, а також будь-якою плоскою фігурою – найчастіше трикутником (рис 3.2).

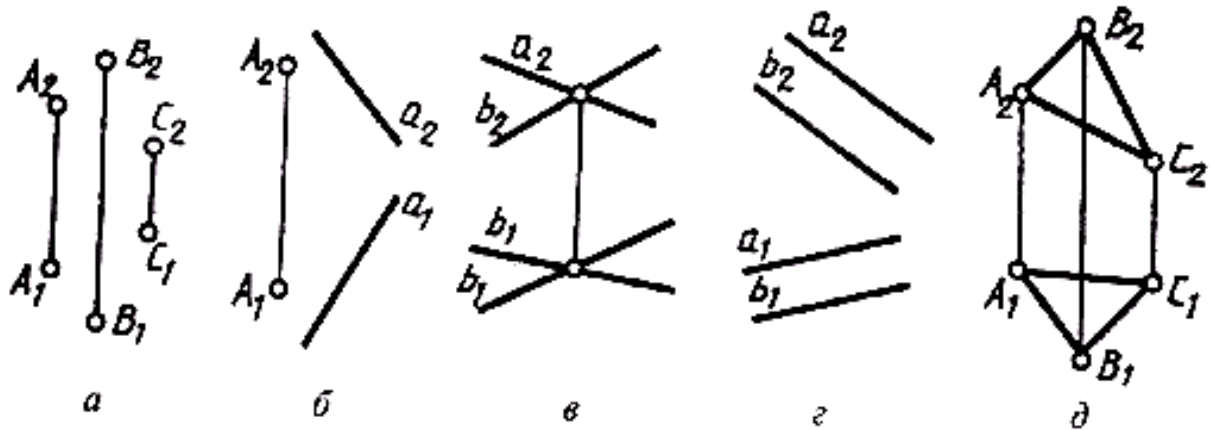


Рис 3.2 Завдання площин в просторі

Пряма перетину площини з площиною проекції – слід площини. У загальному випадку існують: h^0 , f^0 і p^0 сліди площин. Слідами також можна задавати положення площини на комплексному кресленні.

Положення площин класифікують за їх перпендикулярністю до площин проекцій:

1. Площини загального положення – не перпендикулярні жодній з площин проекцій (рис 3.3).
2. Площини окремого положення – перпендикулярні хоча б одній площині проекцій:
 - проєкціювальні площини перпендикулярні до однієї з площин проекцій. Їх проєкція на цю площину пряма, що має назву слід-проєкція (назва горизонтально проєкціювальна площина вказує на її \perp до Π_1) (рис 3.4);
 - площини рівня перпендикулярні до двох площин проекцій і відповідно паралельні до третьої (назва площина фронтального рівня вказує на її \parallel до Π_2) (рис 3.5);
 - осьові площини – це проєкціювальні площини, що проходять через осі координат. Осьові площини можуть бути бісекторними;

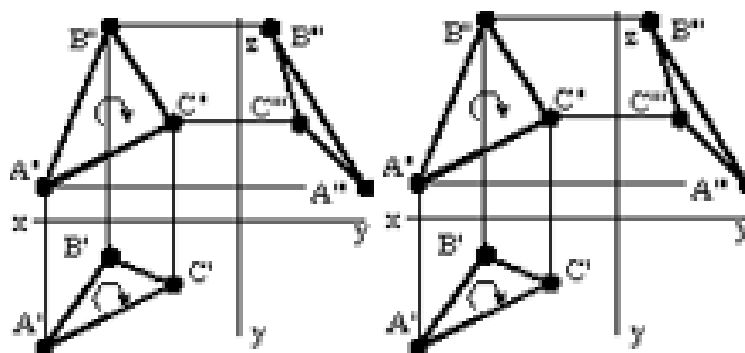


Рис 3.3 Площина загального положення

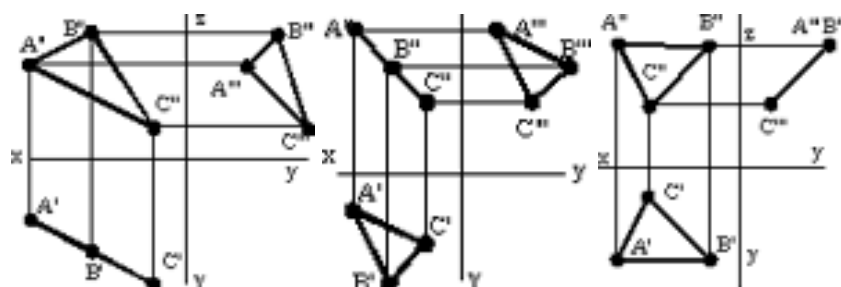


Рис 3.4 Проецююча площина

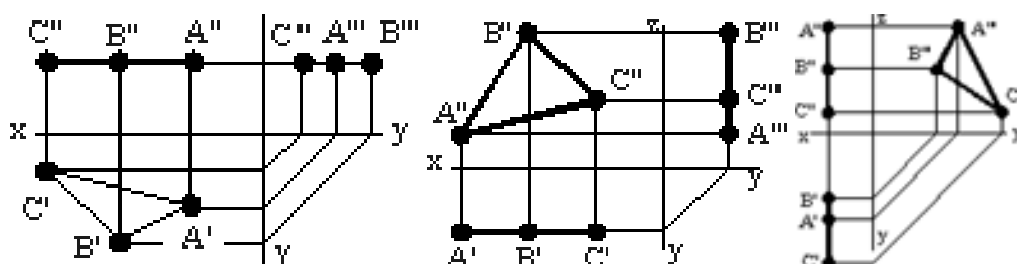


Рис 3.5 Площина рівня

Таким чином на комплексному кресленні існує шість взаємообернених способів завдання площин, які за розташуванням у просторі можуть бути окремого та загального положення. Площини окремого положення мають збиральну властивість, а для визначення належності точок та прямих ліній площинам загального положення треба робити додаткові побудови.

Питання 2. Взаємне розташування прямої та площини

Відомо три варіанти розташування прямої та площини: пряма належить площині; пряма паралельна площині; пряма перетинає площині.

Очевидно, що якщо пряма не має двох загальних точок з площиною, то вона або паралельна площині, або перетинає її. Велике значення для завдань нарисної

геометрії має окремий випадок перетину прямої і площини, коли пряма перпендикулярна площині. Визначення взаємного положення прямою і площини – позиційна задача, для вирішення якої застосовується метод допоміжної січної площини.

Приналежність прямої площині. Сформулюємо умову приналежності прямої площині як аксіоми (рис 3.6):

Аксіома 1. Пряма належить площині, якщо дві її точки належать цій площині.

Аксіома 2. Пряма належить площині, якщо має з площиною одну загальну точку і паралельна якій-небудь прямій розташованою в цій площині.

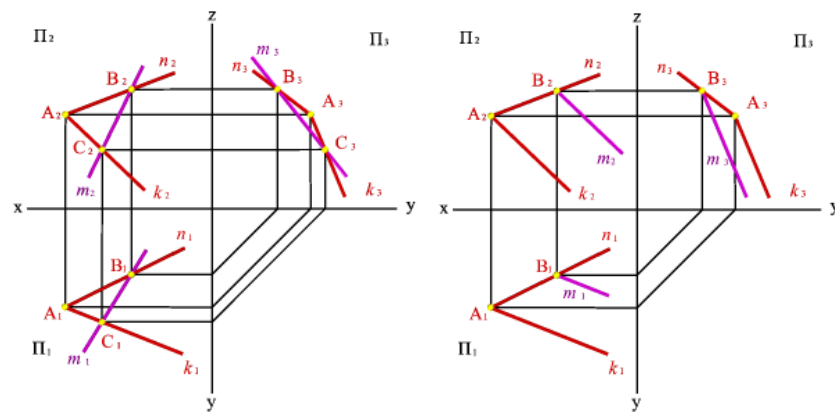


Рис 3.6 Приналежність прямої площині

Пряма, паралельна площині. При рішенні питання про паралельність прямої лінії і площини необхідно спиратися на відоме положення стереометрії: пряма паралельна площині, якщо вона паралельна одній з прямих, що лежить в цій площині і не належить цій площині (Рис 3.7).

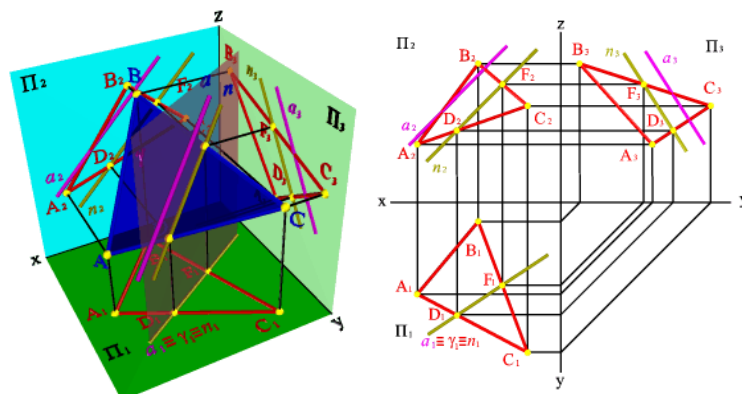


Рис 3.7 Пряма, паралельна площині.

Властивості площин:

- точка належить до площини, якщо лежить на прямій, яка явно належить до площини (навести приклади на комплексному кресленні);

- коли пряма належить площині, то сліди прямої лежать на відповідних слідах площини ;

- площини окремого положення мають збиральну властивість, за якою проєкції всіх її елементів (точок, ліній, фігур) співпадають зі слід-проєкціями цих площин;

- проєкції всіх елементів, що належать площині рівня, є їх дійсними величинами на тій площині проєкцій, до якої вона паралельна.

Таким чином існує три варіанти розташування прямої та площини: пряма належить площині, пряма паралельна площині, пряма перетинає площину.

Питання 3. Особливі лінії на площинах

Для аналізу просторової орієнтації площин на них застосовують такі особливі лінії: прямі рівня та прямі найбільшого ухилу.

Прямі рівня (рис. 3.8). Ці прямі, що належать до площини та паралельні до однієї (у проєкціювальних площин до двох) площин проєкцій. Визначають прямі горизонтального, фронтального та профільного рівня. Пряма горизонтального або фронтального рівня має скорочену назву горизонталь або фронталь і її відповідно позначають буквами h або f . Прямую профільного рівня позначають буквою p і вона не має скороченої назви.

Всі лінії рівня одного типу паралельні між собою та паралельні відповідному сліду площини, що є лінією нульового рівня і тому відповідні сліди площин мають позначку 0 . Тому, коли площина задана не слідами, то напрям останніх можна встановити за допомогою побудови відповідних ліній рівня.

Побудову ліній рівня на площинах починають з її проєкцій, що паралельні осям координат – фронтальна проєкція горизонталі та горизонтальна проєкція фронталі завжди паралельна осі x_{12} . Інша проєкція лінії рівня будується за умови її належності до заданої площини.

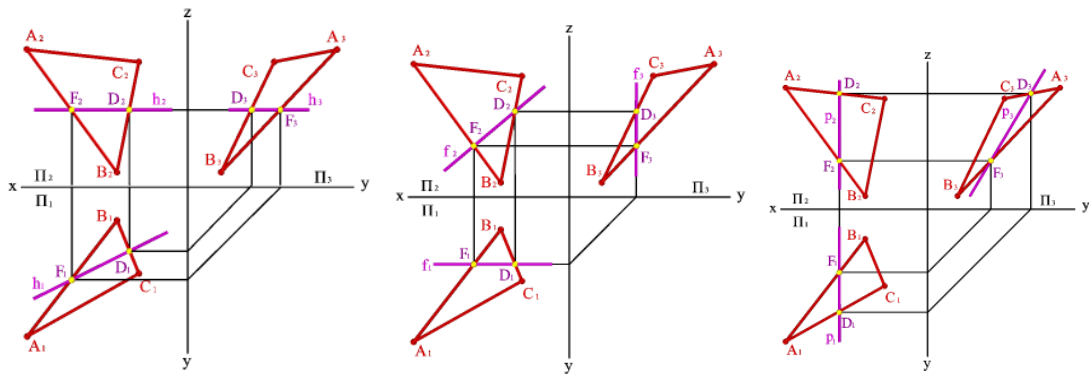


Рис 3.8 Прямі рівня

Прямі найбільшого нахилу (ПНН). Ці прямі (рис. 3.9) використовують для визначення кутів, під якими площина розташована до площин проекцій. Їх проводять \perp до відповідного сліду площини або лінії рівня. Тоді кут нахилу площини до площини проекцій буде кутом між ПНН і площиною проекцій, який визначають за допомогою метода прямокутного трикутника.

Як приклад розглянемо визначення на комплексному кресленні кута нахилу площини $P\{f^0 \cap h^0\}$ до горизонтальної площини проекцій. ПНН має позначку n , і її побудова починалася з проведення горизонтальної проекції n_1 , що проходить перпендикулярно h^0_1 . Фронтальна проекція n_2 будується за умови належності n до площин P . Ще один приклад це визначення кута нахилу площини та $R\{ABC\}$ також до Π_1 , де горизонтальна проекція ПНН будується перпендикулярно до h_1 .

Безпосередню величину кута визначено за допомогою правила прямокутного трикутника, який теж треба будувати на горизонтальній проекції лінії найбільшого нахилу. Визначення кутів між площиною та іншими площинами проекцій відбувається аналогічно.

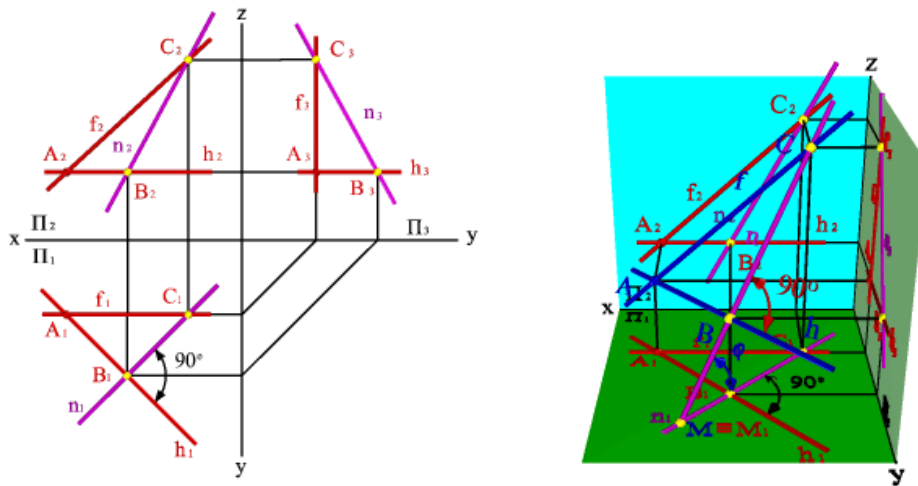


Рис 3.9 Прямі найбільшого нахилу

Таким чином, якщо площини не паралельні, то вони перетинаються. Спосіб побудови лінії перетину площин залежить від їхнього завдання та взаємного розташування. Збиральна властивість проєкціювальних площин дозволяє дуже просто будувати їх лінії перетинання з іншими площинами, тому їх використовують як площини-посередники у загальному методі побудови ліній перетинання площин.

Питання 4. Взаємне розташування двох площин

Дві площини можуть перетинатися або бути паралельними. Треба вміти будувати та визначати паралельні площини або лінії перетину непаралельних. Площини паралельні, якщо парі прямих, що перетинаються на одній з площин, можна побудувати (знайти) відповідну пару прямих на іншій (рис 3.10).

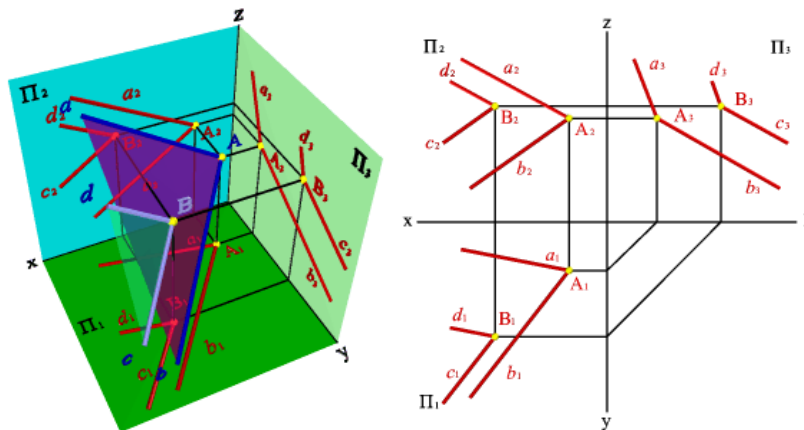


Рис 3.10 Паралельні площини

Перетин площин: Лінією перетину двох площин є пряма. Для її побудови

треба знайти дві точки, які належать до обох площин, або одну точку, якщо можна визначити напрям лінії перетину. Найпростіші приклади побудови ліній перетину площин наведені на рис. 3.11.

Загальна властивість проєкціювальних площин дозволяє сформулювати наступне правило: якщо одна з двох площин, що перетинаються, є проєкціювальною, то одна проєкція лінії перетину збігається зі слід-проєкцією цієї площини. Інші проєкції лінії перетину знаходять за умовою їхньої належності до непроєкціювальної площини. Приклад побудови лінії перетину площини загального положення $P\{\triangle ABC\}$ з фронтально проєкціювальною площиною $T\{m/n\}$ наведено на рис. 3.12.

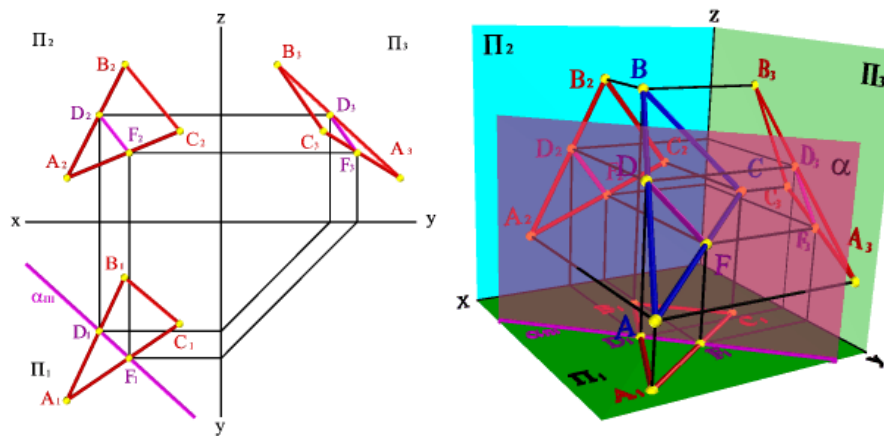


Рис 3.12 Перетин площини загального положення з фронтально проєкціювальною площиною

Загальний метод побудови ліній перетину – метод площин-посередників, і його просторовий алгоритм складається із наступних операцій:

- площини P і Q перетинають посередником S і попарно будують лінії перетину площин S і P та S і Q , які перетинаються у точці D , що належить до всіх трьох площин;
- повторюють ті ж самі дії з посередником T і знаходять точку E ;
- через точки D та E проводять лінію перетину площин P і Q .

Таким чином, для аналізу просторового положення площин та орієнтації інших геометричних об'єктів відносно них використовують особливі лінії

площин: прямі рівня та прямі найбільшого нахилу. Перші дозволяють визначати напрямки слідів площин та проводити до них перпендикуляри, а другі – кути нахилу площин до площин проекцій.

Висновок за лекцією

В цій лекції ми ознайомилися зі способами завдання площин на комплексному кресленні та їх класифікацією за розташуванням у просторі. Встановили умови належності точок і прямих до площин та властивості площин окремого положення, а також особливі лінії площин. Навчилися будувати лінії перетину площин та визначати паралельні площини.

Знання матеріалу цієї та попередніх лекцій дозволяє подальше перейти до вивчення питань, що пов'язані із взаємним розташуванням точок, прямих та площин відносно одне одного.

Тема № 4 «Проекціювання геометричних тіл»

Мета лекції: Пояснити принципи побудови безвісних комплексних креслень та їх реалізацію при проекціюванні геометричних тіл. Розглянути правила побудови відсутніх проекцій точок що належать до їх поверхонь.

Навчальні питання:

1. Безвісне комплексне креслення
2. Просторові тіла
3. Проекціювання тіл

Питання 1. Безвісне комплексне креслення

На технічних кресленнях (за винятком окремих випадків) ми не бачимо позначок координатних осей. Тому зупинимося на правилах, що дозволяють зображувати просторові об'єкти без нанесення осей координат.

У попередніх лекціях ми сумістили систему $Oxyz$ з площиною проекцій Π_1 , Π_2 і Π_3 : площину XOY з площиною Π_1 , XOZ – з Π_2 , ZOY – з Π_3 . Поєднання осей проекцій з площиною проекцій жорстко пов'язує оригінал з осями координат, приділяючи більшу увагу при цьому зовнішнім параметрам – параметрам положення оригіналу.

Оригінал разом з системою $OXYZ$ ортогонально проекціюватимемо на площину проекцій. Спроеціюємо, наприклад, точку A разом з системою $OXYZ$ на площину Π_1 і Π_2 (рис 4.1).

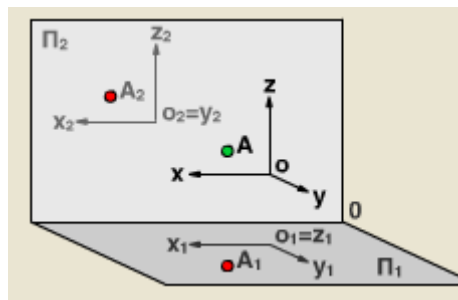


Рис 4.1 Комплексне креслення точки

Дві проекції об'єкту дозволяють визначити його параметри, наприклад, точку A (A_1 , A_2) і відтворити цю точку в просторі, заданому системою $OXYZ$ (рис 4.2).

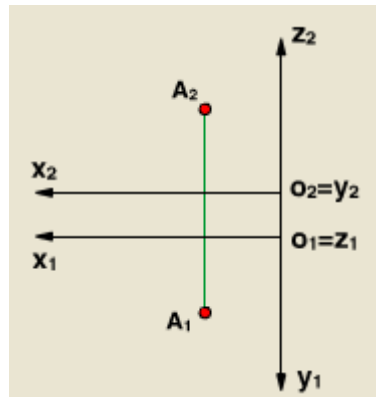


Рис 4.2 Двохпроєційне комплексне креслення

При розгляді завдань на ортогональному кресленні немає необхідності проводити осі проєкцій. Осі проєкцій XYZ на кресленні відсутні, тобто площини проєкцій Π_1 , Π_2 , Π_3 можуть переміщатися в просторі паралельно самим собі.

Початок координат O переміщуємо по бісектрисі кута $X_{21}OZ_{23}$, яку називають постійній прямій креслення. Її можна задати довільно, або спочатку побудувати третю проєкцію A_3 , а потім провести бісектрису кута $A_1A_0A_3$ (рис 4.3)

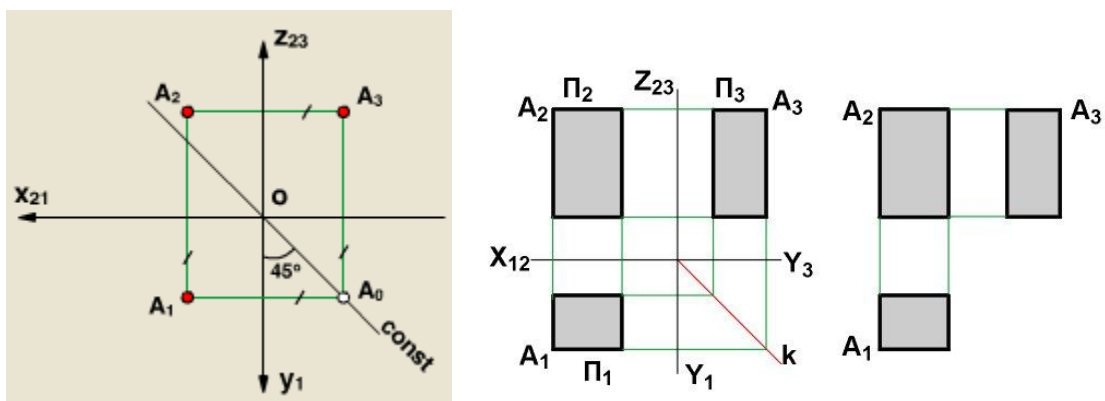


Рис 4.3 Безвісне комплексне креслення

Більшість просторових об'єктів мають свою локальну систему координат і побудова їх зображень здійснюється таким чином. Об'єкт зі своєю локальною системою координат $oxyz$ розташовується у першому октанті так, щоб її координатні площини були паралельні до відповідних площин проєкцій. Тоді після проєкціювання, кожна з проєкцій має свою двовимірну систему координат, тобто зберігає неспотворену інформацію про два виміри об'єкту. А у комплексі

ці проекції дозволяють повністю відтворювати форму і розміри об'єкту.

Перехід до безвісного комплексного креслення дозволяє замінити три площини проекцій на єдину картинну площину, відносно якої можна змінювати положення об'єкту у просторі. Так, для отримання її зображень, відповідних до звичного комплексного креслення треба:

- побудувати фронтальну проекцію об'єкту;
- згідно першому ЗПЗ перемісти об'єкт униз з одночасним його обертанням на 90^0 навколо осі X;
- згідно другому ЗПС перемісти об'єкт праворуч з одночасним його обертанням на 90^0 навколо осі Z.

Таким чином, при практичній побудови проекційних креслень не зображується осі глобальної та локальної системи координат. При цьому фронтальна та горизонтальна проекції просторових об'єктів розташовуються згідно першому та другому законів проекційного зв'язку, а третій закон проекційного зв'язку реалізується відносно характерних точок і ліній, які найчастіше є осі симетрії.

Питання 2. Просторові тіла.

Грані тіла або багатогранники – замкнуті просторові фігури, обмежені плоскими багатокутниками. Вершини і сторони багатогранників є вершинами і ребрами багатогранників. Вони утворюють просторову сітку. Якщо вершини і ребра багатогранника знаходяться по одну сторону площини будь-якій з його граней, то багатогранник називають опуклим, всі його грані - опуклі.

Зі всього різноманіття багатогранників найбільший практичний інтерес представляють призми, піраміди, правильні багатогранники і їх різновиди.

Багатогранник, дві грані якого n-угольники в паралельній площині, а останні n-граней – паралелограми, називаються n-угольною призмою (рис 4.4). Багатогранники є основами призми, а паралелограми - бічними гранями призми.

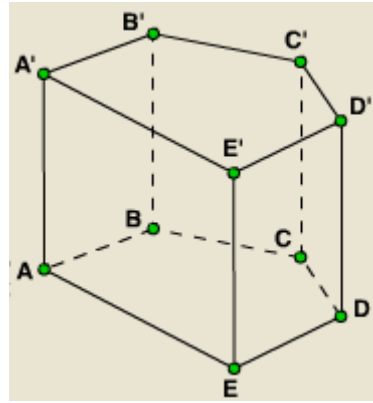


Рис 4.4 Призма

Багатогранник, у якого одна з граней, – довільний багатокутник, а решта граней – трикутники, що мають загальну вершину, називаються пірамідою (рис 4.5). Грань-багатокутник називають основою піраміди, а трикутники – бічними гранями піраміди. Загальна вершина трикутників називається особливою вершиною піраміди (зазвичай, просто вершиною).

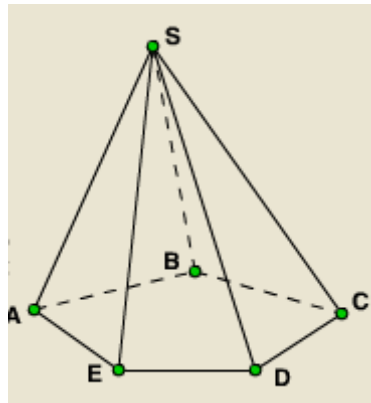


Рис 4.5 Піраміда

Якщо піраміду відсікти площиною паралельною основі, то отримаємо усічену піраміду (рис 4.6).

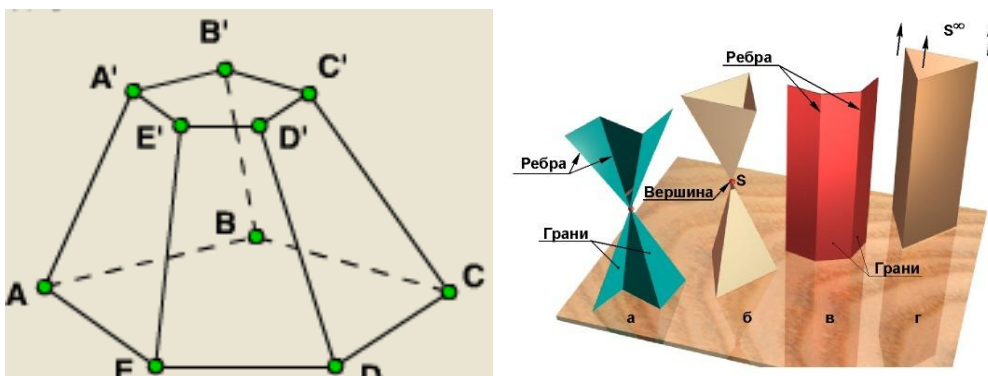


Рис 4.6 Усічена піраміда

Багатогранник називається метрично правильним, якщо всі його грані є правильними багатокутниками. До них відносяться куб, тетраедр, октаедр, ікосаедр, додекаедр (рис 4.7).



Рис 4.7 Правильні багатокутники

Під зображенням багатогранників на кресленні розумітимемо зображення, що обмежує його багатогранній поверхні, тобто зображення сукупності складових її многогранників. Графічно просту багатогранну поверхню зручно задавати проекціями її сітки (рис 4.8).

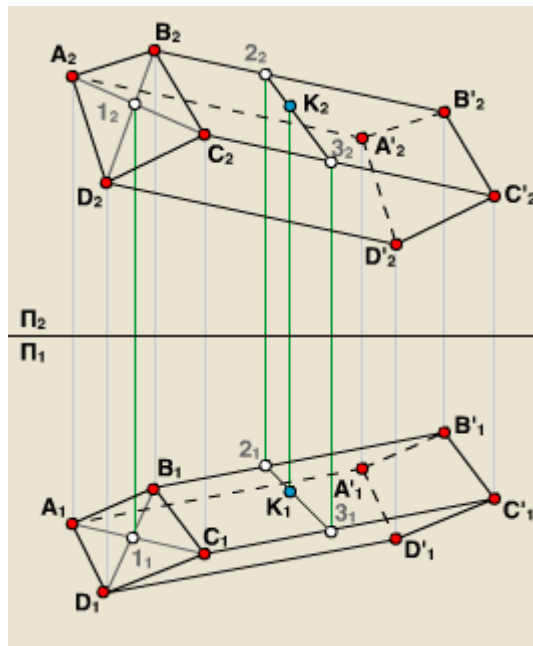


Рис 4.8 Зображення багатогранників на кресленні

На рисунку 4.8 багатогранник $ABCD A'B'C'D'$ заданий проекціями його ребер і вершин (сітки), де $A_1A'_1 \parallel B_1B'_1 \parallel C_1C'_1 \parallel D_1D'_1$ та $A_2A'_2 \parallel B_2B'_2 \parallel C_2C'_2 \parallel D_2D'_2$. Що означає, що ребра багатогранника паралельні. Паралельні відповідні сторони багатокутника $ABCD$ і $A'B'C'D'$. Грані $ABB'A'$, $BCC'B'$,

$CDD'C'$ і $ADD'A'$ є паралелограмами. Звідси витікає, що на кресленні задана призма. Чотирикутник $ABCD$ плоский, оскільки його діагоналі перетинаються в точці 1.

На цьому ж кресленні показана побудова горизонтальної проекції K_1 точки K по заданій її фронтальній проекції K_2 з умови приналежності точки K грані $BB'C'S$. Горизонтальна проекція точки K побудована за допомогою допоміжної прямої 23 , яку проведено через точку K в площині $BB'C'S$.

Таке креслення багатогранної поверхні $ABCD A'B'C'D'$, коли можна побудувати проекцію будь-якої точки, належній багатогранній поверхні називається повним. На цьому кресленні можна вирішувати будь-які позиційні і метричні завдання.

Поверхні обертання. При обертанні прямої навколо іншої нерухомої прямої – осі і можна отримати три види поверхонь (рис 4.9):

1. Циліндрод, якщо пряма твірної l паралельна осі обертання i .
2. Конус обертання, якщо твірна l перетинає вісь обертання i .
3. Однопорожнинний гіперболоїд обертання, якщо твірна l і вісь i прямі, що схрещуються.

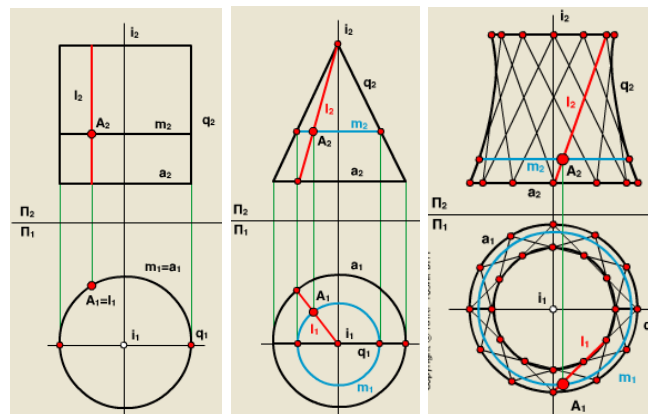


Рис 4.9 Поверхні обертання

Нариси поверхонь обмежені головними меридіанами q і проекціями кіл, що обмежують шматок поверхні, a – одне з таких кіл. При побудові проекцій точки, що належать поверхні можна використовувати прямолінійну твірну, таку, що проходить через цю точку, або коло – паралель, яка утворюється при

обертанні точки.

Торові поверхні. При обертанні кола навколо прямої, що лежить в площині цього кола, утворюються торові поверхні. Довільна пряма перетинає тор в чотирьох точках, отже, це поверхня четвертого порядку. Залежно від співвідношення значень радіусу твірного кола R і відстані r від центру кола до осі обертання і можливі три різновиди поверхонь (рис. 4.10):

1. Якщо $R < r$, то коло твірної l не перетинає вісь обертання i , поверхня називається кільцем або відкритим тором.
2. Якщо $R >$ або $= R$, то коло дотикається осі або перетинає її, поверхня називається закритим тором.
3. Якщо $r = 0$, то утворюється сфера
4. При обертанні дуги кола, площина якого може в загальному випадку перетинати вісь обертання утворюється поверхня, яка називається глобоїд

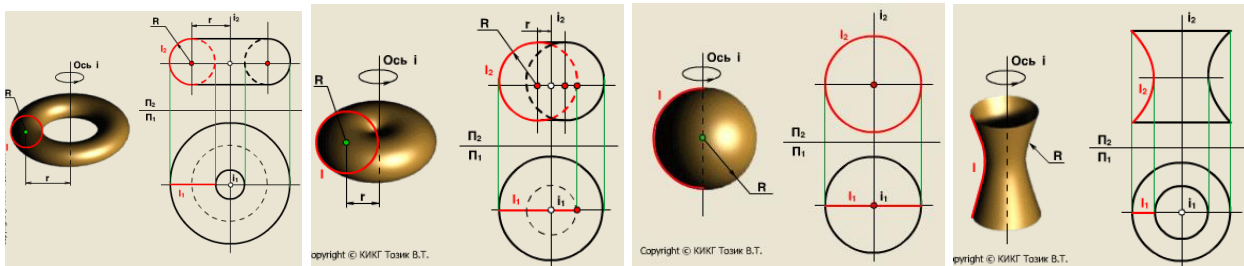


Рис 4.10 Торіві поверхні

Поверхнями обертання 2-го порядку є еліпсоїд обертання, параболоїд обертання та гіперболоїд обертання. При обертанні еліпса навколо малої осі виходить стиснутий еліпсоїд обертання (рис 4.11). Коли еліпс обертається навколо великої осі утворюється витягнутий еліпсоїд обертання.

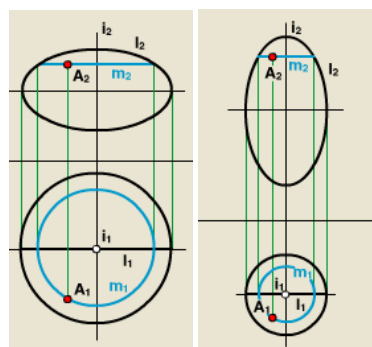


Рис 4.11 Еліпсоїд обертання

Параболоїд обертання утворюється при обертанні параболи навколо своєї осі. Параболоїд обертання необмежена поверхня. У практиці використовують частку поверхні, обмежену паралеллю.

Гіперболоїд обертання (рис 4.12). Гіперболоїд має дві осі – дійсну і уявну. При обертанні гіперболи навколо дійсної осі – утворюється однопорожнинний гіперболоїд обертання. При обертанні гіперболи навколо уявної осі – утворюється дві порожнини гіперболоїда або двопорожнинний гіперболоїд обертання.

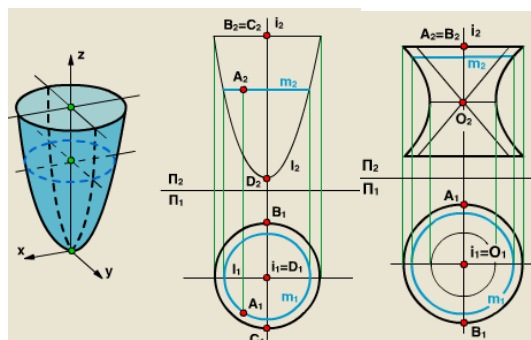


Рис 4.12 Гіперболоїд обертання

Питання 3. Проекціювання тіл

Проекціювання призми та циліндра. Правила побудови призм розглянемо на прикладі тригранної призми, вісь якої співпадає з віссю z , а задня грань є площиною фронтального рівня (рис 4.13). На цьому рисунку ще позначені проєкції осей локальної системи координат, але надалі цього вже не буде, і тому радимо добре запам'ятати правила їх розташування.

Оскільки основою призми є правильний трикутник EFG , вершина E якого лежить на осі y , то спочатку доцільно викреслити її вид зверху. Для кращого розуміння правил побудови інших проєкцій призми позначимо вершини її нижнього торця, а потім за допомогою першого та третього ЗПЗ знайдемо положення вертикальних ребер на видах спереду та зліва. Після відкладання висоти та визначення видимості ребер креслення призми можна вважати закінченим.

Відомо, що зображення просторової форми вважається повним, якщо можна визначити координати будь-якої точки, яка належить до її поверхні. Тобто за проекцією точки на одному з видів, а також за умови її видимості можна побудувати її проекції на інших видах. Слід зауважити, що проекцію точки не варто задавати на слід-проекціях проекціювальних граней або поверхонь. Розглянемо деякі приклади.

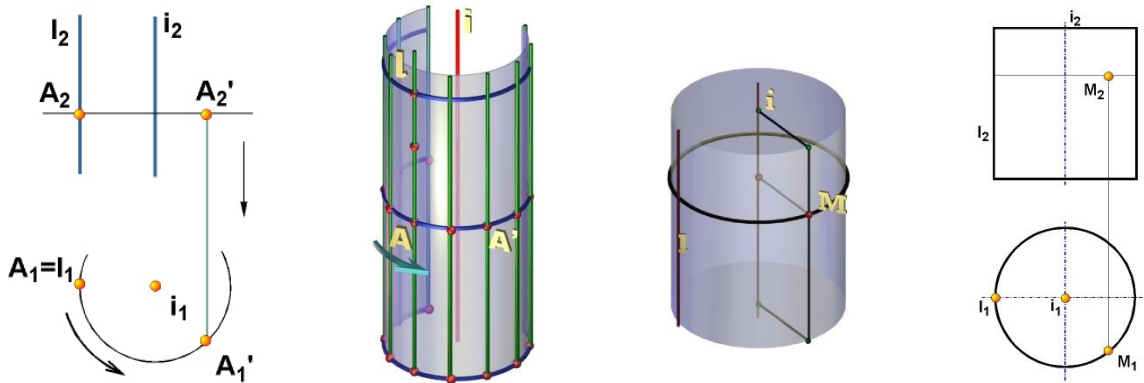


Рис. 4.13 Проекціювання призми та циліндра

Хай точка **A** задана своєю профільною проекцією **A₃**, яку бачимо. Для визначення її інших проекцій спочатку побудуємо проекцію **A₁**. Для цього треба сумістити такі умови: **A₁** лежить на трикутнику; нам відома її *y*-координата, яку визначають на виді зліва по **A₃**; *x*-координата позитивна, бо **A₃** бачимо. Після визначення проекції **A₁** за першим і другим ЗПЗ знаходимо положення **A₂**.

Точка **B** задана фронтальною проекцією **B₂**. За першим ЗПЗ на трикутнику визначаємо проекцію **B₁** та її *y*-координату. Потім за другим законом проекційного зв'язку та величиною *y_B*, знаходимо проекцію **B₃**, яку не бачимо, бо координата *x_B* негативна. Фронтальна проекція точки **C** лежить на задній грані призми. Оскільки ця грань є площиною фронтального рівня, то за першим та другим законами проекційного зв'язку зразу визначаємо **C₁** і **C₂**.

Тут не наведено прикладів побудови точок, що належать ребрам призми, і хоч це робиться достатньо просто, рекомендуємо читачам самостійно потренуватися у знаходженні їх відсутніх проекцій.

Якщо підвищувати кількість граней бокової поверхні призми, то вона стане наближатися до циліндричної. Циліндр, ось якого співпадає з віссю z , зображується як два прямокутники та коло. Сторони прямокутників, паралельні осі циліндра, звать “крайні твірні”, а відстань між ними є діаметром циліндру.

Побудова відсутніх проєкцій точок, що належать поверхні циліндру, відбувається так само, як і на призмах. Але для поверхонь обертання дещо спрощується визначення видимості точок. Так, на виді спереду бачимо проєкції тих точок поверхні, що мають позитивну y -координату, а на виді зліва - тих, що мають позитивну x -координату.

Ці правила можна продемонструвати на прикладах точок A , B і C , що були задані своїми проєкціями A_2 , B_3 та C_3 , яку не бачимо. До цього ще треба додати, що при пошуку проєкцій точки, яку задано на прямокутній проєкції циліндру, спочатку треба знайти її проєкцію на проєкції-колі, а потім перенести на іншу прямокутну проєкцію. А якщо точка задана на крайній твірній, то на іншій прямокутній проєкції циліндру вона співпадає з його віссю і навпаки, наприклад, точка D .

Особливість зображення таких тіл як піраміди та конуси, пов’язана з тим, що їхня бокова поверхня не є проєкціювальною. Тоді умова належності точки до поверхні тіла ніде (за винятком окремих випадків) не проявляє себе у явному вигляді, і її відсутні проєкції знаходять шляхом додаткових побудов.

На рис. 4.14 зображено по три види правильної тригранної піраміди, побудову та аналіз видимості яких виконують так само, як для призм, тільки вершини основи з’єднують із вершиною піраміди. Хай на виді спереду є проєкція точки A , яку ми бачимо, і треба побудувати її проєкції на інших видах. Це можна зробити за двома способами: за допомогою допоміжної січної площини або за допомогою прямої-носія.

За перший спосіб положення допоміжної січної площини вибирають так, щоб в перерізі мати прості геометричні фігури – многокутники на пірамідах чи кола на конусах. Так, для побудови проєкцій точки A , через неї проведемо площину горизонтального рівня $P_2 \equiv f_2^0$, яка при перерізі дає трикутник,

подібний до основи.

Для визначення розмірів трикутника на виді зверху досить знайти точку перетину одного з ребер піраміди з площиною P (точка D) і побудувати подібний трикутник, на якому і лежить проекція A_1 , що містить у собі координату u_A . Потім за u_A та другим законом проекційного зв'язку будують проекцію A_3 на виді зліва. Цей спосіб застосовують і у випадках, коли проекція точки задана на інших видах. Так, наприклад, якщо маємо проекцію V_3 , то подібний трикутник або його частину теж будують на виді зверху, але відповідно до z -координати точки V . Потім на ньому за u_V , яку визначили у V_3 , та за умови видимості знаходять проекцію V_1 . Фронтальну проекцію V_2 будують за першим і другим законами проекційного зв'язку.

Якщо точка задана горизонтальною проекцією (хай це буде V_1), то це можна вважати рішенням оберненої задачі відносно умови, коли вихідною точкою була профільна проекція V_3 . Тобто за допомогою подібного трикутника, що проводять через V_1 , треба визначити рівень розташування точки V .

Менш універсальним, бо має обмеження, є спосіб побудови відсутніх проекцій точок за допомогою прямих-носіїв, який розглянемо теж на прикладі точки A . Для побудови A_1 через S_2 та A_2 проводимо проекцію прямої-носія до перетину її з основою – точка C_2 . Потім знаходимо S_1C_1 на виді зверху, на якій розташована проекція A_1 . Профільну проекцію A_3 будують так само, як і в попередньому прикладі, за її y -координатою та другим ЗПЗ. Аналогічно можна побудувати і точку V , яку задано її горизонтальною проекцією.

Обмеження цього способу полягають у тім, що за допомогою однієї прямої-носія не можна побудувати проекцій зразу декількох точок, що лежать на одному рівні, а також в окремих випадках (наприклад, коли A_2 знаходиться близько від переднього ребра піраміди) суттєво зменшується точність побудов.

Так само, як при збільшенні кількості граней поверхня призми наближається до циліндричної, так і пірамідальна поверхня наближається до конічної. Конус зображують у вигляді двох рівнобічних трикутників та кола. Бокові сторони трикутників мають назву “крайні твірні”, а розмір третьої

сторони є діаметром основи.

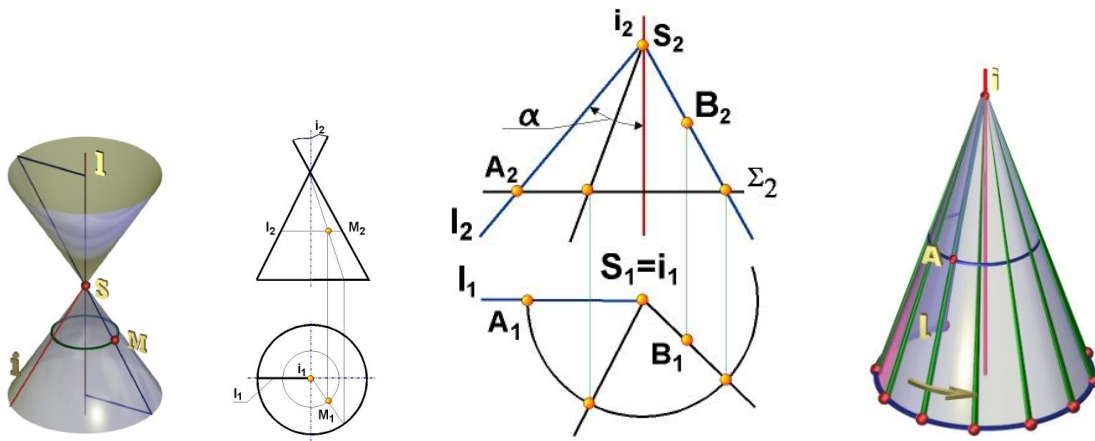


Рис 4.14

Побудову проєкцій точок, що належать поверхні конуса, варто робити так само, як і на поверхні пірамід. Але треба пам'ятати, що у перерізі конуса площиною, перпендикулярною до його осі, лежить коло, радіусом якого є відстань від осі конуса до крайньої твірної, яку виміряють вздовж слід-проєкції січної площини. Далі цим радіусом на проєкції-колі будують окружність, на якій за проєкційним зв'язком та за умови видимості знаходять другу проєкцію точки, а потім за двома її проєкціями визначають і третю проєкцію.

Приклади побудови відсутніх проєкцій точок **A**, **B** та **C**, що відповідно були задані своїми проєкціями **A₂**, **B₃** (яку не бачимо) та **C₁**, наведені на рис. 8. До цього ще треба додати, що коли проєкція точки лежить на крайній твірній конуса (наприклад, **D₂**), то на інших проєкціях вона співпадає з його осями і навпаки.

При побудові проєкцій точок на поверхні конуса теж можна використовувати лінії-носії, що є твірними його поверхні, тобто виходять із вершини та закінчуються на окружності основи. Але цей спосіб має ті ж самі обмеження, що й на пірамідах, і тому у багатьох випадках його не варто застосовувати.

При проєкціюванні сфери, її поверхня на всіх її проєкціях зображується своїм обрисом, що має вигляд кола (рис. 4.15). Перерізом сфери теж завжди є коло, діаметр якого дорівнює частині січної площини, що є хордою обрису

сфери. Центр цього кола визначають шляхом проведення перпендикуляра з центра сфери до січної площини.

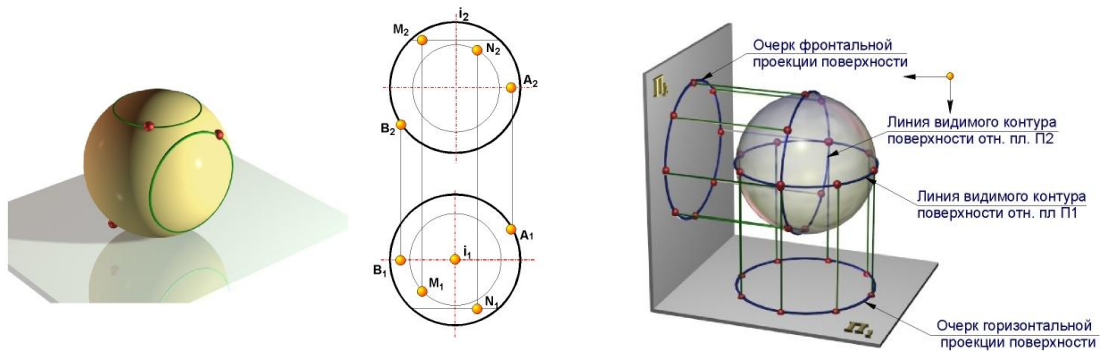


Рис 4.15 Проекціювання сфери.

Побудову проєкцій точок, що належать поверхні сфери, можна робити тільки за допомогою січних площин, які варто вибирати площинами рівня. При цьому рівень січної площини вибирають однойменним до назви проєкції сфери, де шукають другу проєкцію точки. Розташування третьої проєкції визначають за допомогою законів проєкційного зв'язку.

Приклади побудови проєкцій точок А, В та С, що відповідно були задані своїми проєкціями A_2 , B_3 та C_1 , наведені на рис. 2.6, при цьому проєкції B_3 та C_1 ми не бачимо. До цього ще треба додати, що коли точка задана на крайньому меридіані або екваторі (наприклад, D_2 і E_1), то на інших проєкціях сфери вона співпадає з її осями і навпаки.

Сфери, особливо одиничного радіуса, часто використовують при геометричному моделюванні різноманітних процесів та явищ. Тому рекомендуємо добре вивчити визначення координат точок на цих поверхнях у будь-якому октанті і уявляти положення радіус-векторів, що проходять через ці точки.

Таким чином, прийоми побудови та аналізу зображень просторових форм зручно розглядати на прикладах проєкціювання геометричних тіл: призма, піраміда, циліндр, конус та сфера. Крім безпосереднього зображення геометричних тіл у безвісній системі комплексного креслення треба вміти знаходити проєкції точок, що належать їх поверхням

Висновок за лекцією

Отже, в цій лекції ми розглянули принципи побудови безвісних комплексних креслень, привернувши увагу вивченню правил проєкціювання найбільш поширених геометричних тіл та аналіз належності точок до їх поверхонь

Тема № 5 «Переріз геометричних тіл проекціювальними площинами»

Мета лекції: розглянути правила побудови та типи перерізів найпоширених геометричних тіл проекціювальними площинами.

Навчальні питання:

1. Загальні відомості про перерізи.
2. Перерізи багатогранників, побудова суміщених проекцій та дійсних величин форм перерізів.
3. Перерізи конуса і циліндра, побудова суміщених проекцій та дійсних величин форм перерізів.
4. Перерізи сфери, побудова суміщених проекцій та дійсних величин форм перерізів.

Питання 1. Загальні відомості про перерізи.

Зображення фігури, що отримується при уявному перетині тіла площиною, за умови показу на кресленні тільки того, що потрапило в січну площину, називається перетином. Перетин відрізняється від розрізу тим, що на ній зображають тільки те, що безпосередньо потрапляє в січну площину (рис. 5.1). Перетин, як і розріз, – зображення умовне, оскільки фігура перетину окремо від предмету не існує: її в думках відривають і зображають на вільному полі креслення. Перетини входять до складу розрізу або існують як самостійні зображення.

Перетини, що не входять до складу розрізу, розділяють на винесені (рис. 5.2) і накладені (рис. 5.3). Перевагу слід віддати перетинам винесеним, які можна розташовувати в розривах між частинами одного і того ж зображення (рис. 5.4).

За формою перетину ділять на симетричних (рис. 5.3, 5.4) і несиметричних (рис. 5.2).

Контур винесеного перетину викреслюють суцільними основними лініями, а накладеного – суцільними тонкими, причому контур основного зображення в місці розташування накладеного перетину не переривають.

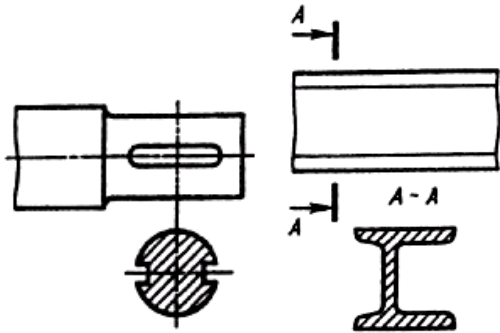


Рис. 5.1

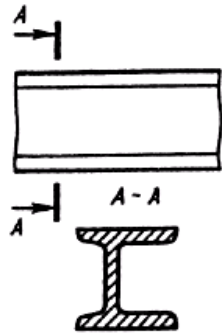


Рис. 5.2

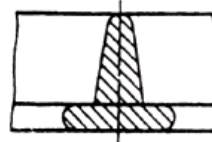


Рис. 5.3

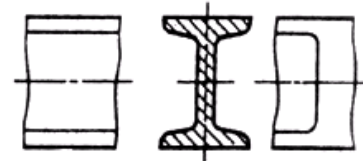


Рис. 5.4

Позначення перетинів в загальному випадку аналогічно позначенню розрізів, тобто положення січної площини відображають лінії перетини, на яких наносять стрілки, що дають напрям погляду і що позначаються однаковими прописними буквами російського алфавіту. Над перетином в цьому випадку виконують напис за типом «А – А» (рис. 5.2).

Для несиметричних накладених перетинів або виконаних в розриві основного зображення, лінію перетину із стрілками проводять, але буквами не позначають (рис. 5.5,а,б). Накладений симетричний перетин (рис. 5.3), симетричний перетин, виконаний в розриві основного зображення (рис. 5.4), винесений симетричний перетин, виконаний по сліду січної площини (рис. 5.1), оформляють без нанесення лінії перетину.

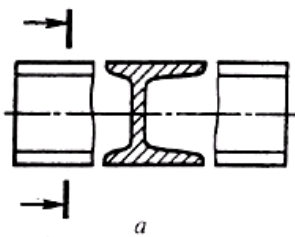


Рис. 5.5

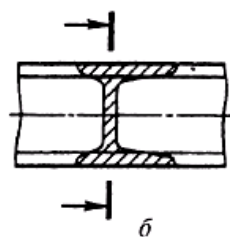


Рис. 5.6

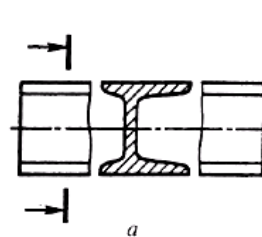
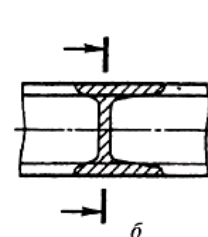


Рис. 5.6



Питання 2. Перерізи багатогранників, побудова суміщених проєкцій та дійсних величин форм перерізів.

Побудова проєкцій перерізів просторових форм січними площинами (суміщені проєкції перерізів) та визначення їх дійсних величин є однією з основних задач інженерної графіки. Форма перерізів геометричних тіл залежить

від форми самого тіла та розташування січної площини. Якщо січна площина є проєкціовальною, то її положення задають на одному з видів тіла у вигляді слід-проєкції.

При перерізах багатогранників січними площинами утворюються багатокутники, число вершин яких дорівнює числу ребер, які перетинає січна площина. А якщо вона проходить через вершину багатогранника, то в цьому місці і на багатокутнику буде одна вершина.

Побудуємо переріз многогранника площиною (рис. 5.7). У пересіченні граней поверхонь площинами виходять багатокутники. Їх вершини визначаються як точки пересічення ребер граней поверхонь з січною площиною.

Багатокутник перетину може бути побудований двома способами:

1. Вершини багатокутника знаходяться як точки пересічення прямих (ребер) з січною площиною;
2. Сторони багатокутника знаходяться як лінії пересічення граней (площин) многогранника з січною площиною.

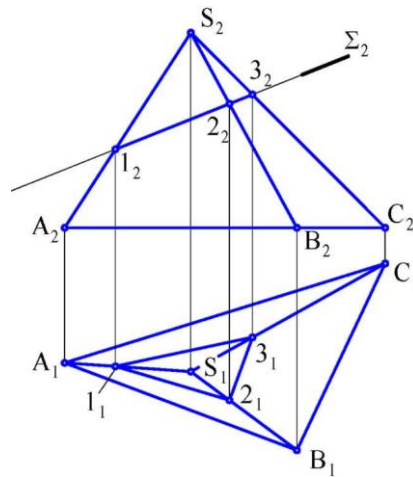


Рис. 5.7 Переріз піраміди

На рисунку показана побудова перетину піраміди площиною X . Січна площина є фронтально-проєктуючою, отже, всі лінії, що лежать в цій площині, збігаються з фронтальним слідом X_2 площини X . Отже, фронтальна проєкція $1_2 2_2 3_2$ перетину визначиться при перетині фронтальних проєкцій ребер піраміди із слідом $X(X)_2$. Горизонтальні проєкції крапок $2(2_1)$ і $3(3_1)$ знаходимо з умови приналежності крапок ребрам піраміди.

Питання 3. Перерізи конуса і циліндра, побудова суміщених проекцій та дійсних величин форм перерізів.

Ці поверхні пов'язані між собою, бо циліндричну поверхню можна уявити як конічну, якщо її вершину віддалити у нескінченність. В залежності від розташування січної площини, на конусі визначають такі типи перерізів: коло, трикутник та криві другого порядку - еліпс, параболу і гіперболу; а на циліндрі - коло, прямокутник та еліпс. Розташування січних площин для різних типів перерізів цих поверхонь наведено на рис. 3:

- коло - площина P перпендикулярна до осі конуса або циліндра;
- прямокутник - площина Q паралельна осі циліндра;
- трикутник - площина R проходить через вершину конуса;
- еліпс - площина S проходить під гострим кутом до осі циліндра, або утворює з віссю конуса кут, більший за кут між нею та твірною. Тобто S практично або теоретично перетинає всі твірні цих поверхонь та не перпендикулярна до осі;
- параболола - площина T проходить паралельно крайній твірній;
- гіпербола - площина U утворює з віссю конуса кут, менший за кут між нею та твірною, або вона паралельна двом твірним.

Визначення розмірів проекцій та дійсних величин перерізів для випадків кіл, трикутників та прямокутників не викликає утруднення, тому розглянемо перерізи такими площинами, що дають еліпси, гіперболи та параболу.

Побудуємо переріз конуса площиною (рис. 5.8). Точки цієї кривої можна розглядати як точки пересічення ліній поверхні з площиною або прямих площини з поверхнею. Звідси слідують два варіанти побудови перетину:

- 1) вибираємо кінцеве число ліній на поверхні і визначаємо точки пересічення їх з площиною;
- 2) виділяємо кінцеве число прямих на площині і будуємо точки пересічення їх з поверхнею.

Відмітимо, що можливе рішення, що є комбінацією цих варіантів. В будь-якому разі побудова перетину зводиться до багатократного вживання алгоритму

рішення задачі на пересічення лінії і поверхні.

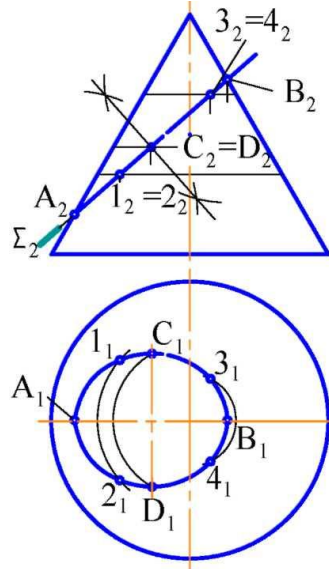


Рис. 5.8 Переріз конуса площиною

Визначення проєкцій ліній перетину рекомендується починати з побудови його опорних (характерних) точок. До них відносяться крапки, розташовані на нарисових створюючих поверхні (вони визначають кордони видимості проєкцій кривої), крапки, видалені на екстремальні відстані від площин проєкцій і деякі інші. Після цього визначають проміжні точки перетину.

Побудова перетину істотно спрощується, якщо площина займає проєктуюче положення. Це пов'язано з тим, що проєктуюча площина характеризується збиральною властивістю. В цьому випадку одна з проєкцій перетину знаходиться на сліді площини, тобто відома.

Задана площина X пересікає вихідну поверхню по еліпсу, фронтальна проєкція якого розташована на сліді цієї площини. Горизонтальну проєкцію перетину будуюмо по крапках відповідно до завдання на приналежність лінії поверхні.

Проєкцію еліпса на площині Π_1 можна побудувати також по його великій A_1B_1 і малій C_1D_1 осям. Фронтальна проєкція малої осі еліпса (точки $C_2 = D_2$) знаходиться на середині відрізка A_2B_2 .

Питання 4. Перерізи сфери, побудова суміщених проєкцій та дійсних величин форм перерізів.

Якщо січна площина не є площиною рівня, то суміщені проєкції перерізів мають форму еліпсів, одна ось яких дорівнює діаметру переріза, а інша є проєкцією цього діаметру, розмір якої залежить від кута нахилу січної площини до відповідної площини проєкцій. При цьому, зміна видимості контуру переріза завжди відбувається в точках його дотику до екватору або крайнього твірного меридіану.

Побудова суміщених проєкцій і дійсної величини перерізу сфери фронтальнопроєкціуючою площиною наведено на рис. 5.9.

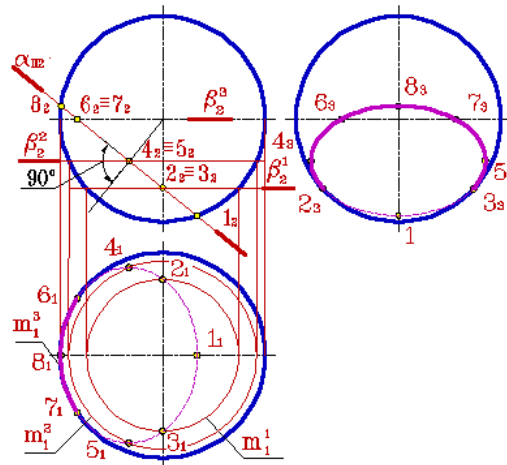


Рис. 5.8 Переріз сфери площиною

При цьому центр перерізу варто визначати за допомогою перпендикуляра, що проведено із центра сфери на слід-проєкцію січної площини, а самі еліпси будувати за величинами їхніх осей.

Висновок по лекції

Отже, в цій лекції ми розглянули принципи побудови проєкцій перерізів найбільш поширених геометричних тіл проєкціювальними площинами та визначення їх дійсних величин. Знання цього матеріалу розвиває просторову уяву людини і є основним для побудови і розуміння креслень складних деталей та вузлів і агрегатів, у тому числі й тих, що входять до складу пожежної техніки.

Тема № 6 «Перетин поверхонь. метод посередників»

Мета лекції: Розглянути методи побудови ліній перетину окремих поверхонь, які разом утворюють поверхні складних просторових об'єктів. Особлива увага звертається на метод посередників та вибір необхідного типу посередника, який дозволяє раціонально будувати лінію перетину

Навчальні питання:

1. Загальні положення
2. Спосіб допоміжних січних площин
3. Спосіб допоміжних січних сфер
4. Побудова перерізів складних геометричних тіл проекціювальними площинами

Питання 1. Загальні положення.

Все тверде довкілля і тим паче споруди та вироби, зроблені людиною, мають свої просторові форми, які рідко утворені якоюсь однією закономірною поверхнею. Найчастіше вони складаються з окремих поверхонь, що переходять одна в іншу через їх лінії перетину.

У загальному випадку лінія перетину двох поверхонь є просторова крива, порядок якої визначається як помноження порядків цих поверхонь. Інколи вона може складатися із декількох частин, які можуть бути плоскими кривими. При перетинанні граней поверхонь утворюється просторова ламана, вершини якої є точками перетинання ребер однієї поверхні з гранями іншої або самих ребер.

Лінії перетину будують за допомогою окремих точок, які розподіляють на характерні точки (їх часто знаходять без додаткових побудов), та проміжні, що уточнюють форму і просторове положення лінії перетину. Спочатку визначають характерні точки, які дозволяють бачити границі розташування проекції ліній перетину і де має сенс визначати проміжні точки.

Загальним методом побудови лінії перетину двох поверхонь є метод поверхонь-посередників. Його суттю є застосування допоміжних поверхонь, які перетинають кожну задану поверхню по окремій лінії, а вже перетинання цих ліній утворює точки, що належать лінії перетину. Як допоміжні поверхні

найчастіше використовують площини або сфери, що відповідно і дає назви способів побудови ліній перетинання.

Таким чином, зображення просторових форм часто перетворюється на побудову ліній перетину поверхонь, що їх утворюють. Ця побудова в основному робиться за допомогою площин-посередників, доцільний вибір яких залежить не тільки від умови завдання, а й від рівня знань виконавця.

Питання 2. Спосіб допоміжних січних площин

Допоміжні площини беруть окремого або загального положення. Останні використовують у випадках, де не можна обійтися площинами окремого положення. Але ці рішення складні і ми їх не розглядатимемо. Застосування площин окремого положення розглянемо на прикладі побудови лінії перетинання конуса зі сферою, рис. 6.1.

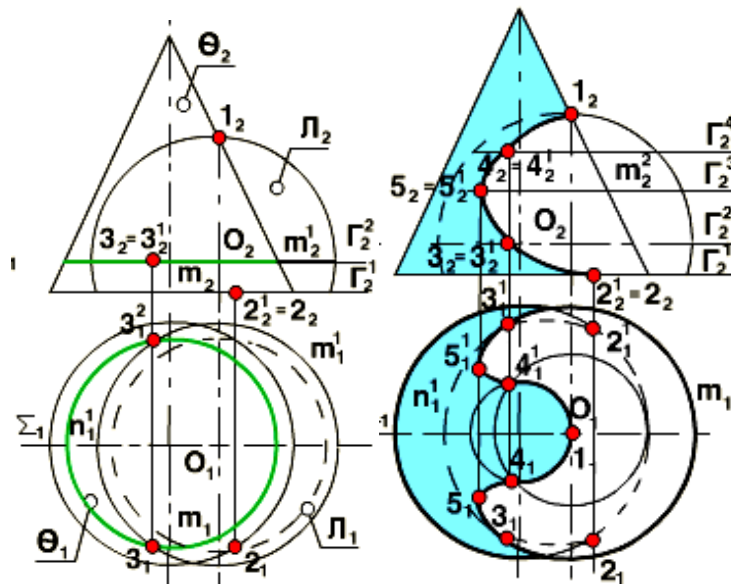


Рис 6.1 Спосіб допоміжних січних площин

Спочатку позначимо фронтальні проекції характерних точок A_2 і B_2 , що лежать на перетинанні крайніх твірних, та їх горизонтальні проекції A_1 і B_1 . Далі за допомогою площини горизонтального рівня, що перетинає конус і сферу по колу, знаходимо горизонтальні проекції M_1 та N_1 проміжних точок, а потім і їх фронтальні проекції, що лежать на площині-посереднику. Інші проміжні точки знаходяться аналогічно за допомогою низки площин-посередників. Після

з'єднання побудованих точок плавними кривими з урахуванням їхньої видимості одержуємо відповідні проекції лінії перетинання.

Таким чином, площини-посередники вибирають такі, що утворюють при перетинанні поверхонь прості геометричні образи (подібні многокутники, кола тощо). Розташування площин-посередників може бути паралельним або з загальною лінією перетину.

Питання 3. Спосіб допоміжних січних сфер

Перетин співвісних поверхонь обертання. Співвісними звать поверхні, що мають загальну ось обертання. Співвісні поверхні обертання перетинаються по колу, перпендикулярному до осі обертання. Особливість перетинання таких поверхонь дозволяє при побудові ліній перетину деяких поверхонь використовувати поверхні обертання (найчастіше сфери) як допоміжні січні поверхні.

Спосіб допоміжних сфер. Якщо осі поверхонь обертання перетинаються і паралельні деякій площині проєкцій, то лінію перетину цих поверхонь варто будувати за допомогою концентричних січних сфер, центри яких лежать в точці перетинання осей. Ці сфери перетинають кожен з поверхонь по окружності, площини яких проєкціюються у прямі лінії, на перетинанні яких утворюються точки лінії перетину. Приклад застосування цього способу для побудови лінії перетинання конуса і циліндра наведено на рис.6.9.

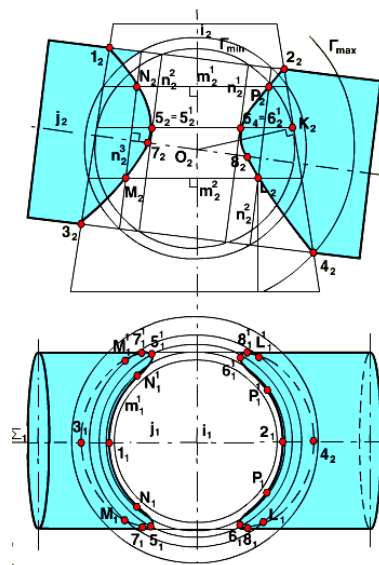
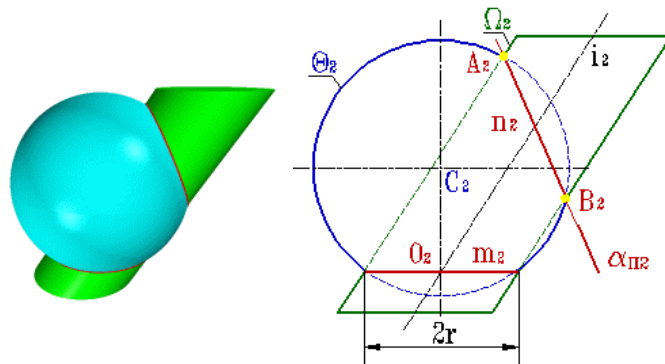


Рис. 6.2 Спосіб допоміжних сфер

Поверхнею другого порядку називається безліч точок простору, декартові координати, яких задовольняють рівнянню алгебри другого ступеня. Дві поверхні другого порядку в загальному випадку перетинаються по просторової лінії четвертого порядку, яку називають біквдратне кривої. У деяких випадках біквдратне крива розпадається на дві плоскі криві другого порядку, причому одна з них може бути уявної. Наведемо теореми й приклади, що ілюструють їх застосування.

Теорема 1. Якщо дві поверхні другого порядку перетинаються по одній плоскої кривої, то існує й інша плоска крива, по якій вони перетинаються.

Розглянемо приклад перетину поверхонь, для якого справедлива ця теорема (Рис. 6.3).



а) модель

б) епюр

рис. 6.3 Перетин сфери та еліптичного циліндра

Площина σ , обумовлена центром сфери C і віссю i циліндра, є площиною симетрії заданих поверхонь і паралельна фронтальній площині проєкції. Загальне коло радіуса r – це одна з плоских кривих другого порядку лінії перетину, що розпалася. Залишається побудувати другу криву, площину α якої повинна бути в умовах даного прикладу перпендикулярна площині симетрії σ , а отже і Π_2 . Друга лінія перетину (коло) проєкується на Π_2 у вигляді відрізка прямої n_2 . Для її побудови слід скористатися точками A і B , що належать нарисів заданих поверхонь.

Теорема 2 (про подвійне торканні). Якщо дві поверхні другого порядку мають торкання в двох точках A і B , то лінія їх перетину розпадається на дві

плоскі криві другого порядку, площина яких проходить через відрізок АВ, що з'єднує точки дотику (рис. 6.4).

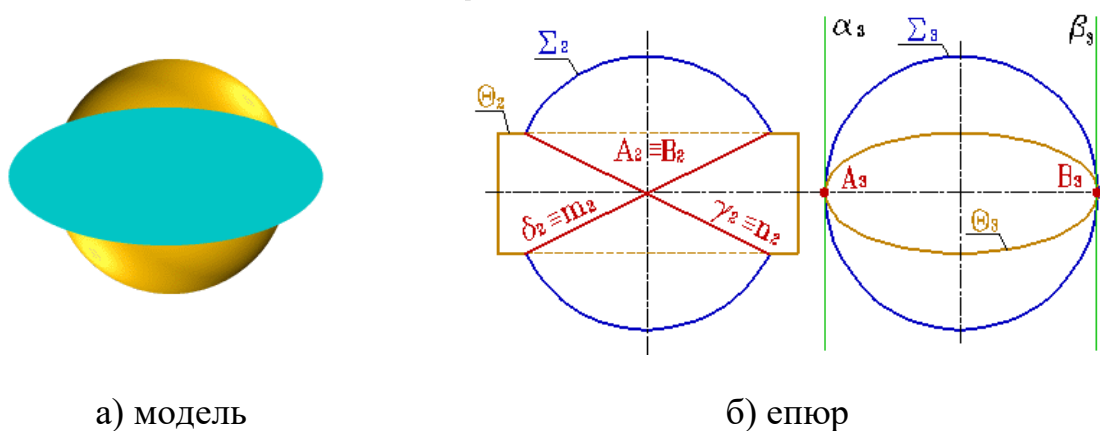


рис. 6.4. Перетин сфери та еліптичного циліндра, що мають дві точки дотику

Точки дотику і дотичні площини позначені відповідно через А, В, α , β . Кола, на які розпалася лінія перетину поверхонь, розташовані у фронтально проєктують площинах γ і δ .

Теорема 3 (теорема Г. Монжа). Якщо дві поверхні другого порядку описані близько третьої поверхні або вписані в неї, то лінія їх перетину розпадається на дві плоскі криві другого порядку. Площині цих кривих проходять через пряму, що сполучає точки ліній торкання (рис. 6.5).

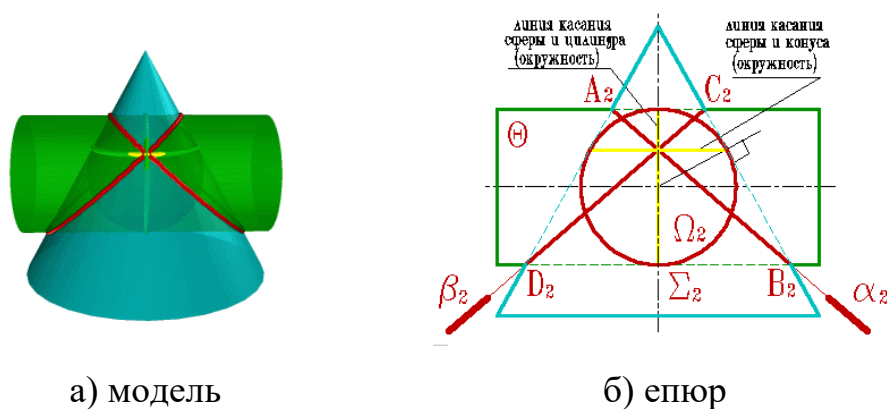
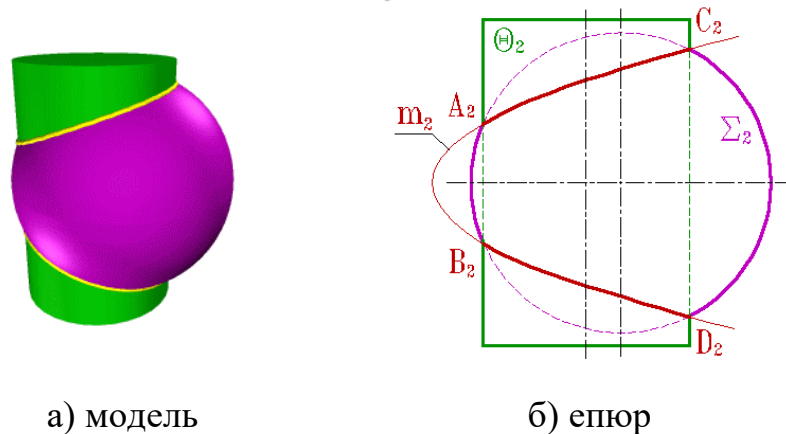


рис. 6.5 Перетин конуса і циліндра мають спільну вписану сферу

Відповідно до цієї теоремою лінія перетину конуса Σ і циліндра описаних

близько сфери, будуть плоскими кривими – еліпсами, фронтальні проєкції яких зображуються прямими A_2B_2 і C_2D_2 . Теорема Монжа знаходить ефективне застосування при конструюванні трубопроводів.

Теорема 4. Якщо дві поверхні другого порядку мають спільну площину симетрії, то лінія їх перетину проєктується на цю площину у вигляді кривої другого порядку.



а) модель

б) епюр

рис. 6.6. Перетин сфери і циліндра

Площина симетрії визначена віссю симетрії циліндра Θ і центром сфери S . Площині належать і симетричні самі собі точки A , B , C і D ліній перетину. Проекція ж ліній на фронтальну площину має форму параболи m_2 і аналітично описується формулою параболи.

Таким чином, для доцільності використання площин-посередників треба шукати інші методи побудов ліній перетину поверхонь. Так застосування сфер-посередників, що перетинаються з іншими співвісними поверхнями обертання по колам, значно спрощує деякі випадки побудов ліній перетинання поверхонь обертання.

Питання 4. Побудова перерізів складних геометричних тіл проєкціювальними площинами.

Побудувати на дошці три проєкції правильної шестигранної призми з тригранним призматичним отвором. Задати слід профільно проєкціювальної площини та побудувати зміщені проєкції перерізу та його дійсну величину.

Оскільки побудова лінії перетинання отвору з поверхнею призми відносно

проста, то детально зупинимося на визначенні сміщених проєкцій перерізу та його дійсної величини. Їх побудову будемо виконувати у такій послідовності:

- на сліді профільно проєкціювальної січної площини позначити його точки перетинання з ребрами самої призми та призматичного отвору;

- перенести ці точки на інші проєкції геометричного тіла та з'єднати у тій же послідовності з урахуванням бачимості ліній перетинання. Цю операцію треба починати на фронтальній проєкції тіла;

- звернути увагу слухачів, що на фронтальній проєкції тіла ми зразу бачимо форму переріза, а його ширина (X-вимір) є дійсною величиною;

- дійсна величина перерізу є суперпозицією перерізів поверхонь тіла і отвору, що зв'язані між собою вздовж сліда січної площини. Звернути увагу слухачів, що форма переріза повинна бути однакою на всіх зображеннях.

4.2. Побудувати на дошці конус з тригранним призматичним отвором (гострим кутом догори), поверхня якого є фронтально проєкціювальною. Надалі задача складається з визначення форми лінії перетинання поверхні конуса з отвором, а також побудови суміщених проєкцій перерізу фронтально проєкціювальною площиною та його дійсної величини.

Для побудови горизонтальної проєкції лінії перетинання доцільно використати січні площини горизонтального рівня, які перетинатимуть конус по колу, розмір якого залежить від рівня січної площини, а призматичний отвір по двом фронтально проєкціювальним прямим. Перетинання цих геометричних образів дають точки, що належать лінії перетинання. Після визначення горизонтальних проєкції точок лінії перетинання, будують їх профільні проєкції.

Вибрати положення фронтально проєкціювальної площини та визначити суміщені проєкції перерізу та його дійсну величину. Для цього спочатку побудуємо форму перерізу тіла без отвору, а потім двома паралельними лініями вилучасмо те, що прийшлося на отвір. Так само будемо й дійсну величину перерізу – методом суперпозиції (об'єднання перерізів поверхні призми та отвору) побудувати дійсну величину перерізу геометричного тіла профільно проєкціювальною площиною.

Аналогічно виконують побудови ліній перетинання та перерізів більш складних геометричних тіл, наприклад, тіл з двома отворами. Але при цьому для показу внутрішніх ліній перетинання поверхонь отворів треба керуватися основними положеннями ГОСТ 2.305-68, щодо правил поєднання видів і розрізів.

Таким чином, побудова ліній перетинання окремих поверхонь будується шляхом визначення типу лінії перетинання, її характерних точок, та способу побудови її відсутніх проекцій. Переріз складної геометричної поверхні складається з перерізів окремих поверхонь, які уміщують між собою за методом суперпозиції.

Побудову ліній перетинання поверхонь, що утворюють зовнішні та внутрішні структури геометричних тіл, роблять поетапно шляхом визначення її типу, характерних точок та способу побудови її відсутніх проекцій. Внутрішню будову геометричного тіла показують за допомогою розрізів відповідно вимогам ГОСТ 2.305-68.

Висновок за лекцією

В даній лекції ми ознайомилися з технологією побудови зображень геометричних тіл, утворених декількома поверхнями, яка складається з послідовного визначення типу лінії перетинання пар поверхонь, їх характерних точок та способу їхнього знаходження на проекціях геометричного тіла. Для кращого розуміння внутрішньої конструкції геометричного тіла застосовують розрізи, що регламентовані за ГОСТ 2.305-68.

На цьому закінчується розгляд зображень геометричних об'єктів на комплексних кресленнях і на наступній лекції ми перейдемо до розглядання теорії наочних зображень.

Тема № 7 «Проекційні креслення. аксонометрії за ГОСТ 2.305-2008»

Мета лекції: Пояснити загальну схему утворення та розрахунку параметрів паралельних наочних зображень просторових об'єктів із будь-якої точки простору. Особливу увагу звернути на стандартні аксонометричні проекції за ГОСТ 2.305-2008.

Навчальні питання:

1. Загальні відомості про аксонометричні проекції
2. Прямокутні аксонометричні проекції
3. Косокутні аксонометричні проекції
4. Умовності й нанесення розмірів на аксонометричних проекціях

Питання 1. Загальні відомості про аксонометричні проекції

Аксонометрична проекція (греч. «вісь» і «метрія») – спосіб зображення геометричних предметів на кресленні за допомогою паралельних проекцій.

Предмет із системою координат, до якої він віднесений, проектують на довільну площину таким чином, щоб ця площина не збігалася з його координатною площиною. У цьому випадку виходить дві взаємозалежні проекції однієї фігури на одну площину, що дозволяє відновити положення в просторі, одержавши наочне зображення предмета. Тому що картинна площина не паралельна ні однієї з координатних осей, то є перекручування (искажение) відрізків по довжині паралельних координатним осям.

Це перекручування може бути рівним по всім трьом осям - ізометрична проекція, однаковими по двом осям - диметрична проекція й різними по всім трьох осям - триметрична проекція.

Питання 2. Прямокутні аксонометричні проекції

Прямокутні аксонометричні проекції поділяються на:

1. Ізометрична проекція
2. Диметрична проекція

Ізометрична проекція – це різновид аксонометричної проекції, при якій у відображенні тривимірного об'єкта на площину коефіцієнт перекручування по всім трьом осях той самий. Слово «ізометрична» у назві проекції прийшло із

грецької мови й означає «рівний розмір»,

Ізометрична проекція використовується в машинобудівному кресленні й САПР для побудови наочного зображення деталі на кресленні, а також у комп'ютерних іграх для тривимірних об'єктів і панорам.

Утворення ізометричної проекції можна добре простежити при проектуванні куба на деяку аксонометричну площину Π' (рис. 7.1). Напрямок проектування S береться перпендикулярним площини Π' і співпадаючої з однією з діагоналей куба (OA). Тому що при такому проектуванні всі ребра куба однаково нахилені до площини Π' , то куб проектується на неї в правильний шестикутник. Сторона такого шестикутника дорівнює $0,82$ від величини ребра куба, що проєкціюється. Число $0,82$ є коефіцієнтом перекучування для всіх лінійних елементів, паралельних осям проєкцій. Положення аксонометричних осей наведено на рис. 7.2

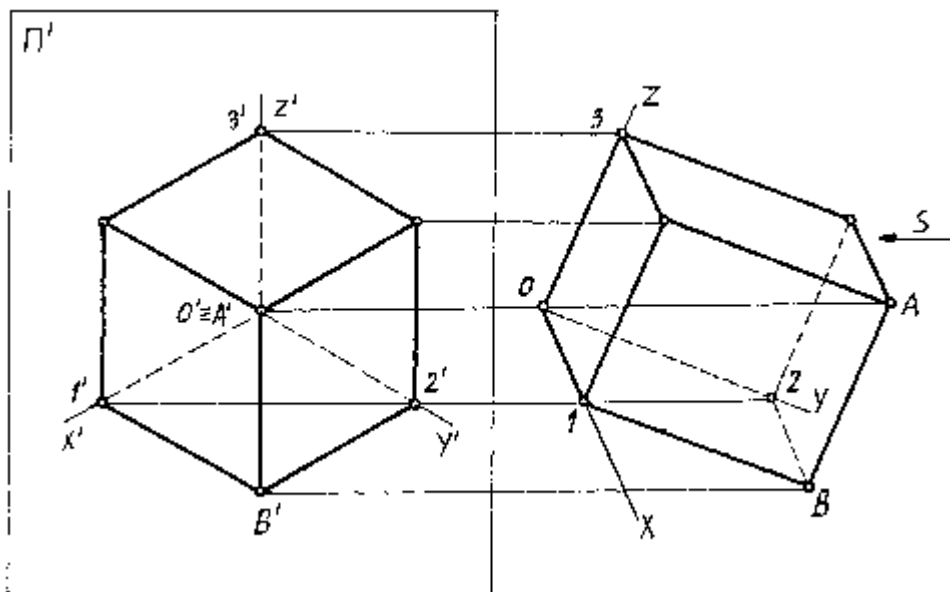


Рис. 7.1. Утворення ізометричної проекції

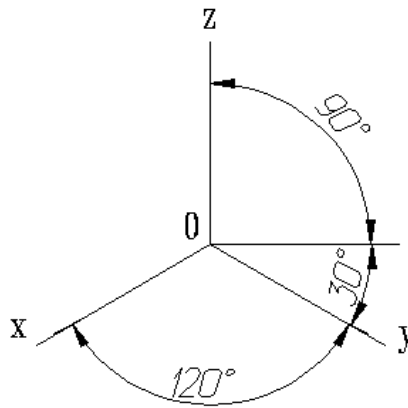


Рис 7.2 Положення аксонометричних осей

Ізометричну проекцію для спрощення, як правило виконують без перекручування по осях x , y , z , тобто прийнявши коефіцієнт перекручування рівним 1. Окружності, що лежать у площинах, паралельних площинам проекцій, проектуються на аксонометричну площину проекцій в еліпси (рис 7.2)

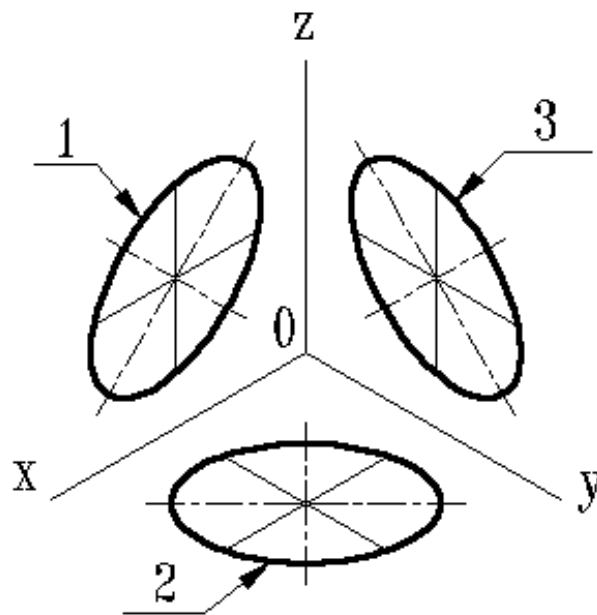


Рис 7.2 Окружність в ізометрії

1-еліпс (більша вісь розташована під кутом 90^0 до осі y); 2-еліпс (більша вісь розташована під кутом 90^0 до осі z); 3-еліпс (більша вісь розташована під кутом 90^0 до осі x).

Якщо аксонометричну проекцію виконують без перекручування по осях x , y , z , то більша вісь еліпсів 1,2, 3 дорівнює **1,22**, а мала вісь – **0.71** діаметра

окружності. Якщо аксонометричну проекцію виконують з перекручуванням по осях x , y , z , то більша вісь еліпсів 1, 2, 3 дорівнює діаметру окружності, а мала – **0.58** діаметра окружності.

Приклад ізометричної проекції деталі наведений на рис. 7.3.

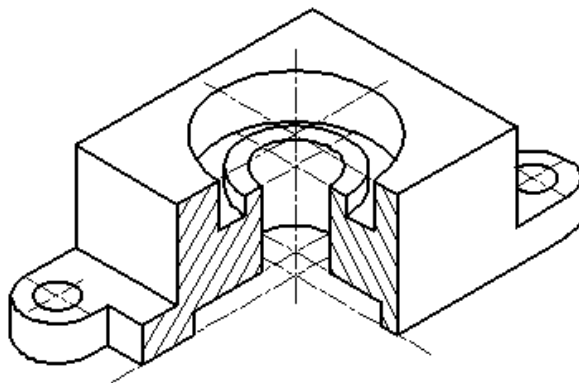


Рис 7.3. Ізометричне зображення деталі

Обмеження аксонометричної проекції: Об'єкти в аксонометричній проекції не виглядають більше або менше при наближенні або видаленні від спостерігача, це приводить до ситуацій, коли глибину й висоту неможливо оцінити

У ізометричному рисунку 7.4 блакитна куля на два рівні вище червоної, але це не можна побачити, якщо дивитися тільки на ліву половину картинки. Якщо виступ, на якому перебуває блакитна куля, розширити на один квадрат, то він виявиться точно поруч із квадратом, на якому перебуває червона куля, створюючи оптичну ілюзію, начебто обидві кулі на одному рівні.

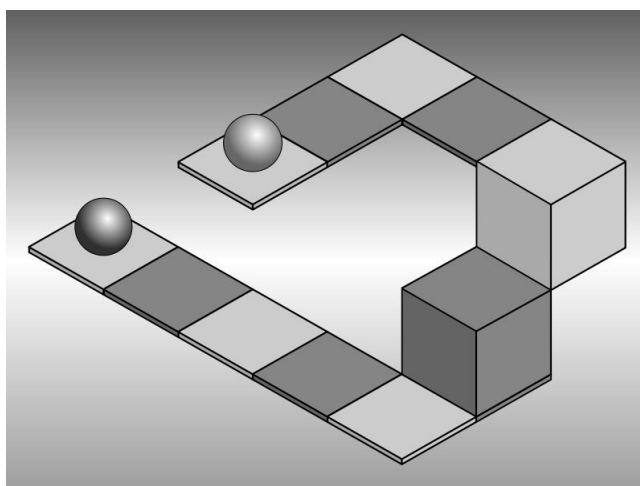


Рис 7.4. Обмеження аксонометричної проекції

Діметрична проекція — це аксонометрична проекція, у якої коефіцієнт перекручування по двох осях має рівне значення, перекручування по третій осі може приймати інше, не рівне значення. Положення аксонометричних осей наведено на рис.7.5.

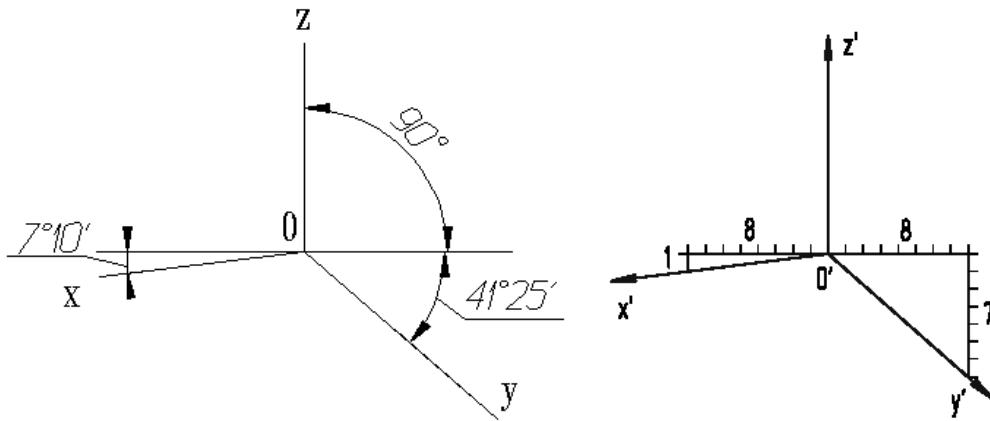


Рис. 7.5. Розташування аксонометричних осей прямокутної діметричної проекції

Коефіцієнт перекручування по осі y дорівнює **0.47**, а по осях x і z — **0.94**. Діметричну проекцію, як правило виконують, без перекручування по осях x і z і з коефіцієнтом перекручування 0,5 по осі y . Окружності, що лежать у площинах, паралельних площинам проекцій, проєктуються на аксонометричну площину проєкцій в еліпси (рис.7.6).

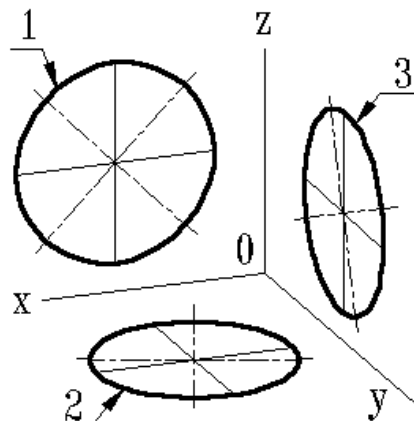


Рис. 7.6. Окружність у діметрії

1-еліпс (більша вісь розташована під кутом 90^0 до осі y); 2-еліпс (більша вісь розташована під кутом 90^0 до осі z); 3-еліпс (більша вісь розташована під кутом 90^0 до осі x).

Якщо діаметричну проекцію виконують без перекручування по осях x і z то більша вісь еліпсів 1, 2, 3 дорівнює $1,06$ діаметра окружності, а мала вісь еліпса 1 – $0,95$, еліпсів 2 і 3 – $0,35$ діаметри окружності. Якщо діаметричну проекцію виконують із перекручування по осях x і z , то більша вісь еліпсів 1, 2, 3 дорівнює діаметру окружності, а мала вісь еліпса 1 – $0,9$, еліпсів 2 і 3 – $0,33$ діаметри окружності. Приклад діаметричної проекції деталі наведений на рис.7.8

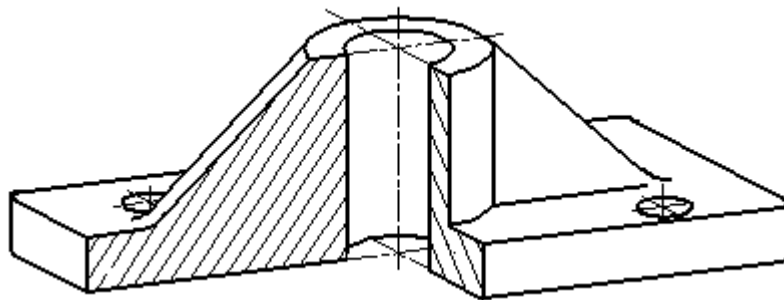


Рис. 7.8. Диметричне зображення деталі

Питання 2. Косокутні аксонометричні проекції

Косокутні аксонометричні проекції поділяються на:

1. Фронтальна ізометрична проекція
2. Горизонтальна ізометрична проекція
3. Фронтальна діаметрична проекція

Фронтальна ізометрична проекція. Допускається застосовувати фронтальні ізометричні проекції з кутом нахилу осі в 30 і 60° . Фронтальну ізометричну проекцію виконують без перекручування по осях x , y , z . Розташування аксонометричних осей фронтальної ізометричної проекції наведено на рис. 7.9

Окружності, що лежать у площинах, паралельних фронтальній площині проєкцій, проєктуються на аксонометричну площину в окружності, а окружності, що лежать у площинах, паралельних горизонтальній і профільній площинам проєкції, – в еліпси (рис. 7.10). Більша вісь еліпсів 2 і 3 дорівнює $1,3$ діаметра, а мала вісь – $0,54$ діаметра окружності. Приклад фронтальної ізометричної проєкції деталі наведений на рис. 7.11.

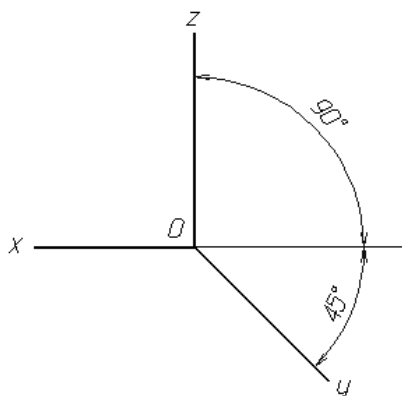


Рис. 7.9. Розташування аксонометричних осей фронтальної ізометричної проєкції

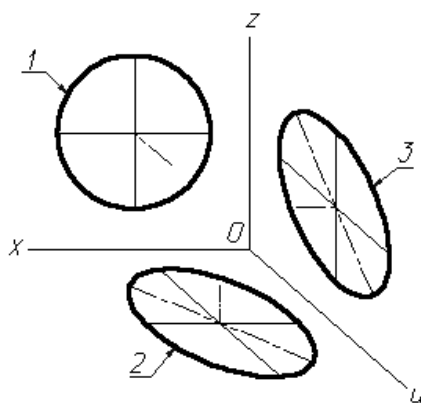


Рис. 7.10. Зображення окружності на фронтальній ізометричній проєкції

1-окружність; 2-еліпс (більша вісь розташована під кутом $22^{\circ}30'$ до осі x); 3-еліпс (більша вісь розташована під кутом $22^{\circ}30'$ до осі z).

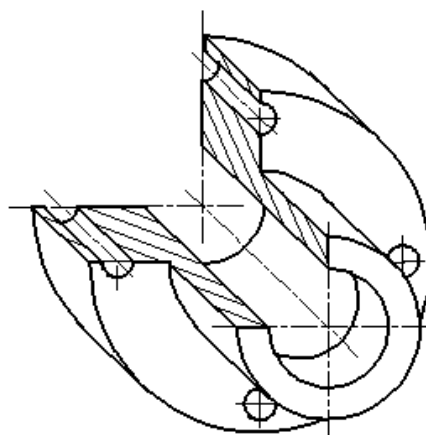


Рис. 7.11. Зображення деталі на фронтальній ізометричній проєкції

Горизонтальна ізометрична проекція. Допускається застосовувати горизонтальні ізометричні проекції з кутом нахилу осі в 45° і 60° , зберігаючи кут між осями x и в 90° . Горизонтальну ізометричну проекцію виконують без перекручування по осях x , y и z . Розташування аксонометричних осей горизонтальної ізометричної проекції наведено на рис. 7.12

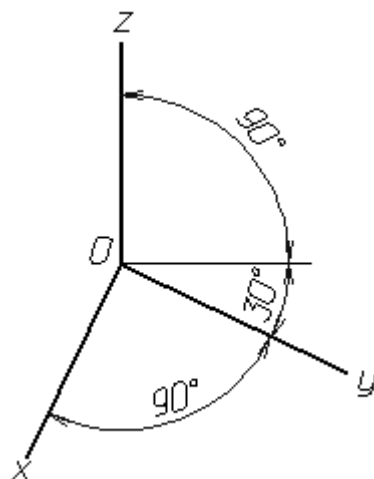


Рис. 7.12. Розташування аксонометричних осей горизонтальної ізометричної проекції

Окружності, що лежать у площинах, паралельних горизонтальній площини проекцій, проектуються на аксонометричну площину проекцій в окружності, а окружності лежачі в площинах, паралельних фронтальній й профільній площинам проекцій в еліпси (рис. 7.13).

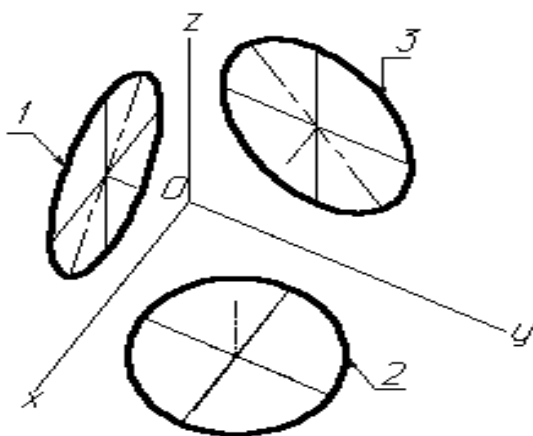


Рис. 7.13. Зображення окружності на горизонтальній ізометричній проекції
 1 – еліпс (більша вісь розташована під кутом 15° до осі z); 2 – окружність;
 3 – еліпс (більша вісь розташована під кутом 30° до осі z)

Більша вісь еліпса дорівнює **1,37**, а мала вісь - **0,37** діаметра окружності.
 Більша вісь еліпса 3 дорівнює **1,22**, а мала вісь - **0,71** діаметра окружності.

Приклад горизонтальної ізометричної проекції наведений на рис. 7.14.

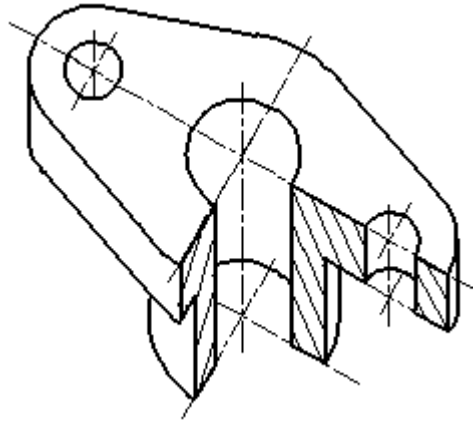


Рис. 7.14. Зображення деталі на горизонтальній ізометричній проекції

Фронтальна діаметрична проекція. Допускається застосовувати фронтальні діаметричні проекції з кутом нахилу осі в 30° і 60° . Коефіцієнт перекручування по осі в дорівнює **0,5**, а по осях x і z -1. Розташування аксонометричних осей фронтальної діаметричної проекції наведено на рис. 7.15

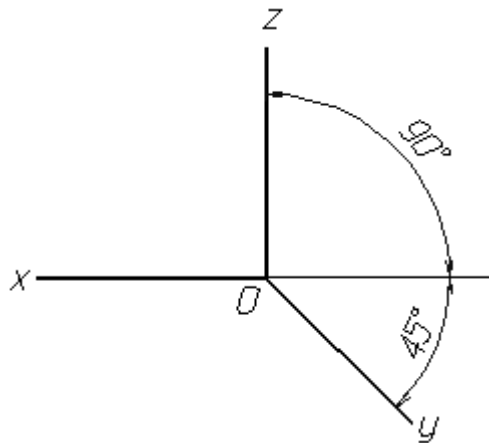


Рис. 7.15. Розташування аксонометричних осей фронтальної діаметричної проекції

Окружності, що лежать у площинах, паралельних фронтальній площини

проекцій, проектується на аксонометричну площину проекцій в окружності, а окружності, що лежать у площинах, паралельних горизонтальній і профільній площинам проекцій, – в еліпси (рис. 7.16).

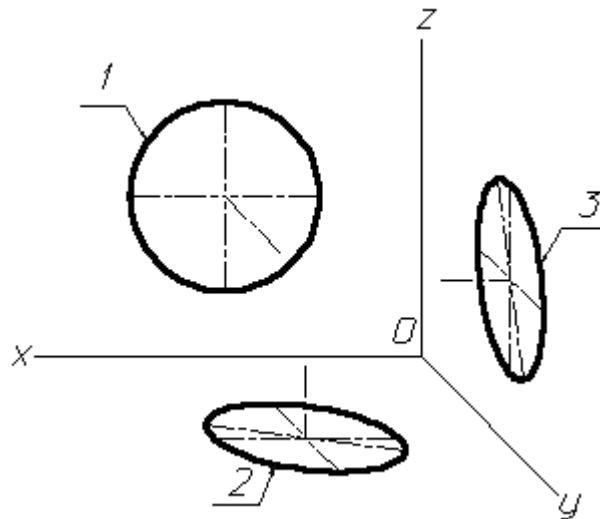


Рис. 7.16 Зображення окружності на фронтальній діаметричній проекції
1-окружність; 2-еліпс (більша вісь розташована під кутом $7^{\circ}14'$ до осі x); 3.-еліпс (більша вісь розташована під кутом $7^{\circ}14'$ до осі z)

Більша вісь еліпсів 2 і 3 дорівнює **1,07**, а мала вісь – **0,33** діаметра окружності. Приклад фронтальної діаметричній проекції деталі наведений на рис.7.17.

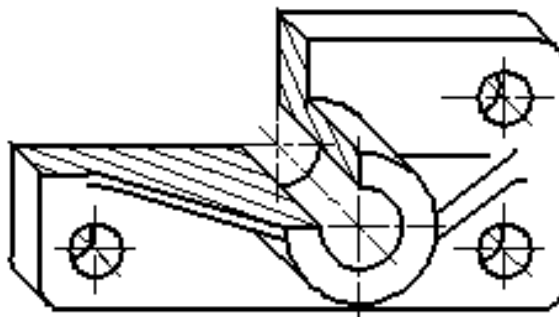


Рис. 7.17. Зображення деталі на фронтальній діаметричній проекції

Питання 3. Умовності й нанесення розмірів на аксонометричних проєкціях

Лінії штрихування перетинів в аксонометричних проєкціях наносять паралельно однієї з діагоналей проєкцій квадратів, що лежать у відповідних координатних площинах, сторони яких паралельні аксонометричним осям (рис. 7.18).

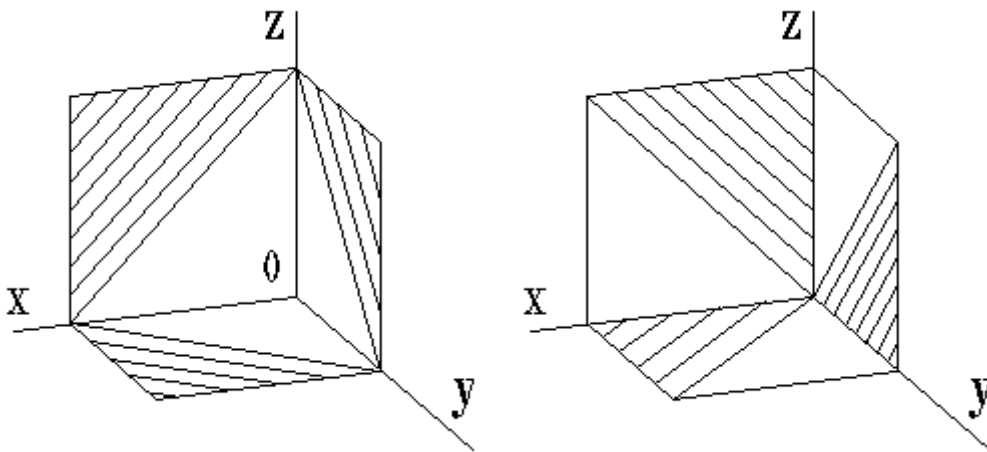


Рис. 7.18. Штрихування перетинів в аксонометричних проєкціях

При нанесенні розмірів виносні лінії проводять паралельно аксонометричним осям, розмірні лінії – паралельно вимірюваному відрізку (рис. 7.18).

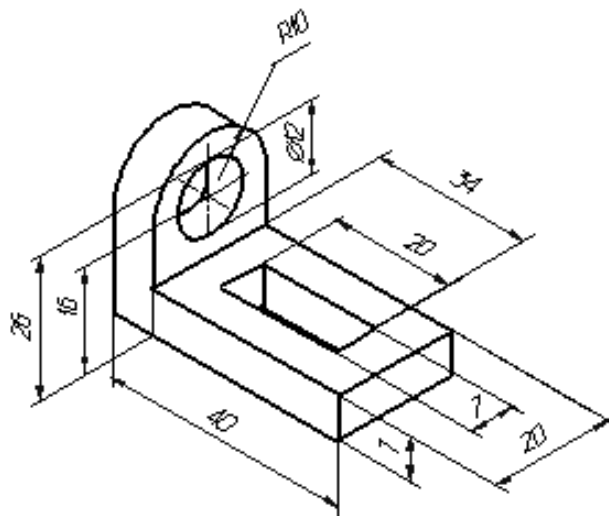


Рис. 7.18. Нанесення розмірів на аксонометричних проєкціях

Різьблення в аксонометричних проекціях зображують згідно ГОСТ 2.311-68. Допускається зображувати профіль різьблення повністю або частково, як показано на рис. 7.19. У необхідних випадках допускається застосовувати інші теоретично обґрунтовані аксонометричні проекції.

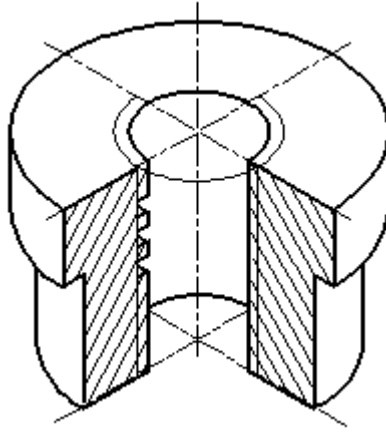


Рис. 7.19. Зображення різьблення в аксонометрії

Висновок за лекцією

В даній лекції ми ознайомилися з методами побудови як проекційних креслень складних геометричних тіл, так й паралельних наочних зображень просторових об'єктів із будь-якої точки простору та розрахунку їх аксонометричних параметрів. Це дозволяє довести твердження про єдність всіх паралельних зображень

Розглянули методи побудови стандартних аксонометричних проекції за ГОСТ 2.317-69 і зробили висновок, що аксонометрії за своєю суттю є наочні зображення, але їх ручні побудова дуже трудоміська по зрівнянню з комплексними кресленнями.

Список використаної літератури:

1. В.Є. Михайленко, В.М. Найдиш, І.А. Скидан, А.М. Підкоритов. Інженерна та комп'ютерна графіка: Підручник. К.: Вища шк., 2001. 350 с.
2. Інженерна та комп'ютерна графіка: Методичні вказівки з організації самостійної роботи студентів при вивченні дисципліни: Розділ: теоретичні основи побудови креслень. С.В. Васильєв, Г.В. Морозова, О.О. Ковальов. Х.: НУЦЗУ, 2013 . 63 с.
URL: <http://books.nuczu.edu.ua/download.php?rec=4950&mode=1>
3. Інженерна та комп'ютерна графіка: Методичні вказівки до виконання графічних робіт. С.В. Васильєв, А.Я. Калиновський, О.О. Ковальов та ін. Х.: НУЦЗУ, 2018. 48 с.
URL: <http://books.nuczu.edu.ua/download.php?rec=6429&mode=1>
4. Інженерна та комп'ютерна графіка: Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічних робіт слухачами заочної форми навчання: Розділ: Теоретичні основи побудови креслень. Х.: НУЦЗУ, 2011. 24 с.
URL: <http://books.nuczu.edu.ua/download.php?rec=4373&mode=1>
5. Васильєв С.В., Грицина Н.І., Калиновський А.Я. Методичні вказівки до виконання завдань з розділу "Комп'ютерна графіка". Харків: УЦЗУ, 2008. 36 с.
6. ДСТУ ISO. Національний стандарт України. Київ: Держспоживстандарт України, 2006.
7. Слободянюк О.В., Мокін В.Б., Мокін Б.І. Формування вмінь студентів з інженерної та комп'ютерної графіки в умовах дистанційного навчання. Монографія, Вінниця: ВНТУ, 2016, 208 с.
8. Коливання маятника, точка підвісу якого обертається навколо вертикальної осі. Л. М. Куценко, О. М. Семків. Сучасні проблеми моделювання. 2016. Вип. 7. С. 81-86.
URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6166>
9. Куценко Л.М. Модель підвіски з двома вантажами для компенсації вертикальних коливань візка при русі по шляху синусоїдального профілю.

Куценко Л.М., Калиновський А.Я., Васильєв С.В., Семків О.М., Болібрух Б.В.
Зб. наук. праць «Проблеми надзвичайних ситуацій». Харків : НУЦЗУ, 2019. Вип.
1(29). С. 139-151.

URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/10441>

10. Семків О. М., Калиновський А.Я., Сухарькова О.І. Графічні комп'ютерні технології проектування нехаотичних механічних систем. Сучасні проблеми моделювання: зб. наук, праць. Мелітополь: Видавництво МДПУ ім. Б. Хмельницького, 2022. Вип. 24. С. 169-178.

URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/16777>