

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ,
МОЛОДІ ТА СПОРТУ УКРАЇНИ**

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Климнюк В. Є.

ІНЖЕНЕРНА І КОМП'ЮТЕРНА ГРАФІКА

Навчальний посібник

Харків. Вид. ХНЕУ, 2013

УДК 004.92(075.8)

ББК 65.973я73

К49

Рецензенти: докт. техн. наук, професор, завідувач кафедри поліграфічного виробництва і комп'ютерної графіки Української інженерно-педагогічної академії *Гордєєв А. С.*; канд. техн. наук, доцент Харківського гуманітарного університету "Народна українська академія" *Козиренко В. П.*

Рекомендовано до видання рішенням вченої ради Харківського національного економічного університету.

Протокол № 2 від 22.10.2012 р.

Климнюк В. Є.

К49 Інженерна і комп'ютерна графіка : навчальний посібник / В. Є. Климнюк. – Х. : Вид. ХНЕУ, 2013. – 92 с. (Укр. мов.)

Подано основні положення щодо застосування векторного графічного редактора AutoCAD для створення й обробки креслень та тривимірних фото реалістичних моделей виробів. Розглянуто особливості побудови й редагування простих і складних 2D-креслень, а також методи побудови твердотільних 3D-об'єктів.

Рекомендовано для студентів напряму підготовки 6.051501 "Видавничо-поліграфічна справа".

ISBN

УДК 004.92(075.8)

ББК 65.973я73

© Харківський національний економічний університет, 2013

© Климнюк В. Є., 2013

Вступ

Навчальна дисципліна "Інженерна і комп'ютерна графіка" має за мету надання студентам теоретичних основ, практичних і методичних рекомендацій із застосування технологій векторної графіки в галузі поліграфії та мультимедійного видавництва і забезпечує у комплексі інженерну складову їх освіти.

Основні завдання навчальної дисципліни полягають у такому:

формуванні у студентів вмінь і навичок розв'язання інженерних задач графічними способами як вручну, так і за допомогою комп'ютерних систем автоматизованого проектування креслень;

розвиткові у студентів просторового мислення, здібностей до аналізу та синтезу просторових форм та їх відношень на основі графічних просторових моделей;

засвоєнні студентами необхідного інструментарію методів, які можуть бути застосовані в процесі вивчення складних технічних систем поліграфічного виробництва;

формуванні у студентів комплексу знань та вмінь, які допоможуть їм у майбутньому здійснювати діяльність пошукового і творчого характеру в процесі навчання;

підготовці студентів до самостійного освоєння нових програмних засобів необхідних для використання персональних комп'ютерів у ході навчального процесу і роботи відповідно до профілю підготовки;

формуванні у студентів навичок ефективної роботи з джерелами інформації.

Комп'ютерна графіка нині широко використовується, тому знання і володіння навичками роботи з сучасними графічними системами стали невід'ємною частиною графічної підготовки. Використання тривимірного моделювання має багато переваг і можливостей порівняно з двовимірною комп'ютерною графікою для створення рекламних продуктів, для кінематичного моделювання, одержання проектно-конструкторської документації, при експорті тривимірних моделей в інші програми комп'ютерної графіки тощо.

Комп'ютерна графіка дозволяє звільнити студента від трудомістких, однотипних креслярських робіт, які на комп'ютері виконуються якісніше,

точніше і швидше. Автоматизація інженерно-графічних робіт не лише прискорює процес проектування і розробки конструкторської документації, але і ставить його на більш високий професійний рівень. Слід зазначити, що якісно освоїти автоматизовані системи проектування неможливо без розуміння основ інженерної графіки.

Інженерна графіка дає студентові вміння і необхідні навички для виконання і читання технічних креслень, а також розвиває просторове мислення студента, розуміння взаємодії деталей машин поліграфічного виробництва, забезпечує підготовку до тривимірного моделювання найрізноманітніших виробів. У цьому навчальному посібнику питання інженерної графіки не розглядаються, але вони розкриті у методичних рекомендаціях до виконання практичних робіт [8].

Для набуття практичних компетентостей з комп'ютерної графіки передбачається обов'язкова робота студентів з графічним редактором AutoCAD, зокрема виконання лабораторних робіт згідно з методичними рекомендаціями [7].

Структура навчального посібника відповідає поставленій меті.

Так, у першому розділі "Принципи побудови графічних об'єктів" вивчаються основи векторної комп'ютерної графіки, можливості редакторів векторної графіки, а також особливості побудови і застосування елементарних об'єктів при створенні технічних креслень, а також засоби підвищення точності креслень.

Другий розділ "Методи побудови складних двовимірних і тривимірних графічних об'єктів" присвячений застосуванню можливостей програми AutoCAD з редагування простих та складних об'єктів, особливості роботи з шарами та розмірами. У темі 7 розділу розглядаються можливості редактора з побудови і редагування твердотілих тривимірних моделей.

Наприкінці кожної теми наводяться питання для самодіагностики.

Ряд тем пропонується для самостійного вивчення, зокрема особливості нового стрічкового інтерфейсу програми (тема 1), компонування аркушів і друкування креслень (тема 8). Ці питання розкрито в методичних рекомендаціях до самостійної роботи [9], де подаються довідкові матеріали, практичні завдання і запитання для самодіагностики.

Наприкінці посібника наведено глосарій основних термінів.

Електронну версію навчального посібника, методичних рекомендацій з виконання лабораторних, практичних та самостійних робіт можна знайти на сайті персональних навчальних систем ХНЕУ за електронною адресою <http://www.ikt.hneu.edu.ua/>.

Після вивчення навчальної дисципліни студенти набувають таких компетентностей згідно з Національною рамкою кваліфікацій:

Знання:

види й особливості комп'ютерної графіки, зокрема, векторної графіки; можливості комп'ютерних систем автоматизованого проектування креслень;

структуру, зміст та правила використання однієї з поширених графічних систем для персональних комп'ютерів;

основні вимоги Єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД) щодо виконання креслень виробів;

способи одержання графічних моделей просторових об'єктів, які базуються на основі ортогонального проектування;

методи побудови складних двовимірних і тривимірних графічних об'єктів;

властивості елементарних об'єктів і шарів;

методи візуалізації тривимірних моделей;

способи технічного документування за вимогами стандартів.

Уміння:

розв'язувати завдання за фахом графічними засобами;

читати креслення та схеми (уявляти об'єкт за його зображенням);

виконувати креслення на папері та за допомогою комп'ютерних систем автоматизованого проектування відповідно до вимог ЄСКД;

користуватись текстовими та розмірними стилями;

будувати двовимірні та тривимірні моделі виробів з використанням засобів комп'ютерної графіки;

проводити фотореалістичне тонування об'єктів.

Комунікації:

активна участь у команді учасників підготовки рекламних видань з пропозиціями вибору тієї або іншої технології створення зображень;

аргументована взаємодія з замовниками рекламних видань при підготовці фотореалістичних тривимірних моделей виробів;

творча взаємодія з дизайнером з вибору сцен, освітлення і матеріалів моделі виробів;

аргументоване переконання виробничників у необхідності проведення вдосконалень поліграфічного устаткування;

надання консультації робітникам з принципів роботи поліграфічного обладнання;

взаємодія з конструкторами та інженерно-технічним складом щодо аналізу роботи устаткування;

професійна допомога дизайнеру web-видання з публікації векторних зображень.

Автономність і відповідальність:

пошук сучасніших методів і засобів створення і обробки зображень;

вибір іншої технології створення і обробки при незадовільному результаті первинної технології;

консультації операторів поліграфічного обладнання;

самостійний вибір технології створення креслень і тривимірних моделей;

обґрунтування і ухвалення рішення про відмову і перегляд невдалої технології створення тривимірних моделей;

пошук і підключення зовнішніх модулів для підвищення ефективності векторного редактора;

підготовка різних варіантів моделювання і вибір найбільш вдалого рішення;

самостійне вивчення засобів автоматизації створення креслень.

Розділ 1. Принципи побудови графічних об'єктів

1. Введення до системи автоматизованого проектування AutoCAD

Ключові слова: комп'ютерна графіка, векторна графіка, растрова графіка, графічні редактори, примітив, командний рядок, стрічковий інтерфейс AutoCAD.

Основні питання

- 1.1. Види і особливості комп'ютерної графіки.
- 1.2. Основні відомості про автоматизовану систему AutoCAD.
- 1.3. Основи роботи в графічному інтерфейсі системи AutoCAD.
- 1.4. Використання команд у командному рядку.

1.1. Види і особливості комп'ютерної графіки

Комп'ютерна графіка (також машинна графіка) – область діяльності, в якій комп'ютери використовуються як інструмент для синтезу (створення) зображень, так і для обробки візуальної інформації, отриманої з реального світу. Також комп'ютерною графікою називають результат такої діяльності.

Для роботи з комп'ютерною графікою розроблено безліч класів програмного забезпечення, які постійно оновлюються і поліпшуються. Види комп'ютерної графіки розрізняються за технологіями створення й обробки цифрових зображень. Це *растрова графіка*, *векторна графіка* і *фракทัลна графіка*. Більш детально різновиди комп'ютерної графіки розглянуті в [11].

Розглянемо деякі особливості векторної графіки порівняно з растровою. Ці два види комп'ютерної графіки найбільш поширені у поліграфії і мультимедіа.

Растрову графіку застосовують при розробці електронних (мультимедійних) і поліграфічних видань. Зображення є мозаїкою з великого числа окремих точок (пікселів), які не розрізняються людським оком. У растровому вигляді можна уявити будь-яке зображення, проте при цьому потрібний великий об'єм пам'яті, необхідний для обробки і зберігання зображень, – розмір файлів для зберігання зображень може досягати декількох десятків мегабайт. Для растрової графіки неминучі спотворення при редагуванні та масштабуванні. Зокрема, збільшення геометричних

розмірів зображень супроводжується збільшенням геометричних розмірів пікселів, вони стають видимими, що призводить до появи "зубчиків" на зображенні. Для растрової графіки ускладнюються операції редагування, бо об'єкти для редагування доводиться виділяти вручну.

1.1.1. Векторна графіка

Програмні засоби для роботи з **векторною графікою**, навпаки, призначені, в першу чергу, для створення ілюстрацій і меншою мірою для їх обробки. Зображення векторної графіки складаються з набору геометричних примітивів, або об'єктів – точок, прямих, кривих, кіл, прямокутників тощо (рис. 1).

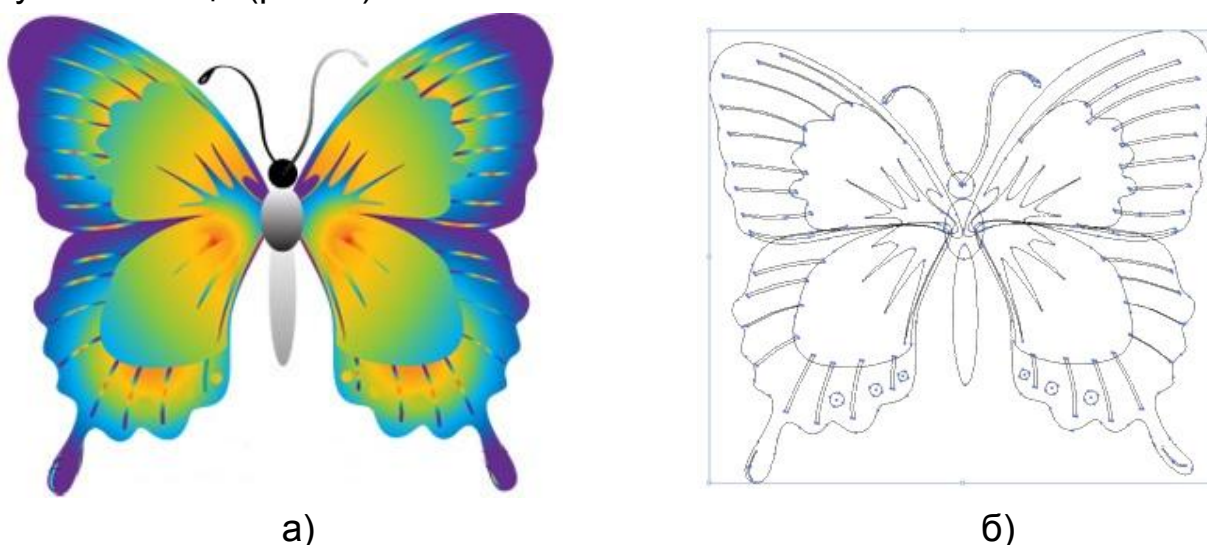


Рис. 1. Векторне зображення і його складові

На рис. 1а показане векторне зображення, а на рис. 1б – більше 50 кривих, які в цілому складають основу векторного зображення.

Форма кривих задається векторами [15] – звідси і назва "векторна графіка".

Кожний з примітивів описується своїм набором координат, векторів і атрибутів (товщина ліній, колір та ін.). Завдання дизайну, засновані на застосуванні шрифтів і найпростіших геометричних об'єктів, форма яких описана математично, вирішуються засобами векторної графіки набагато простіше. Необхідні елементи (примітиви) легко виділяти і тому зображення векторної графіки легко редагувати. Векторні об'єкти легко трансформуються без погіршення якості, тому зображення можна редагувати без втрат – масштабувати, повертати, деформувати тощо. Якщо для лінії задана певна товщина, то вона буде залишатися незмінною, незважаючи на збільшення чи зменшення зображення.

На рис. 2 показане одне і те ж зображення, створене засобами растрової і векторної графіки в різних масштабах.

Растрова графіка



Векторна графіка

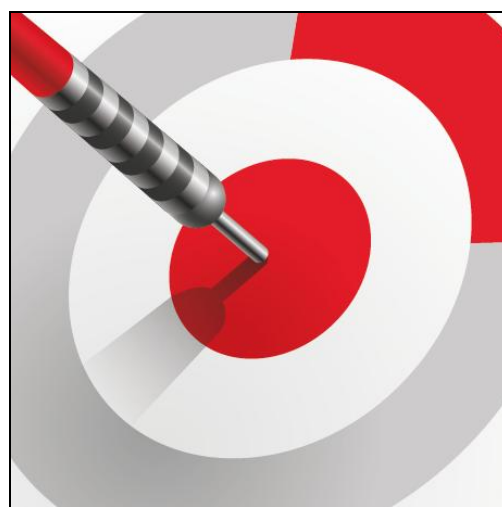


Рис. 2. Масштабування в растровій і векторній графіці

Якість друку векторних зображень не пов'язана з розміром зображення. Вони можуть бути надруковані з максимальною роздільною здатністю, яку мають різні пристрої друку.

Для зберігання одного об'єкта потрібні всього 20 – 30 байтів пам'яті. Це означає, що досить складні композиції, які налічують тисячі об'єктів, витрачають лише десятки і сотні Кбайт.

Хоча векторний формат компактніший, але абсолютно не придатний для зберігання якісних фотографічних зображень.

Векторна графіка і програми для її створення дуже широко застосовуються в області поліграфії і мультимедіа, для оформлювальних, креслярських і проектно-конструкторських робіт – систем автоматизованого проектування (САПР). Це креслення різної складності, діаграми, схеми, логотипи, шрифти, емблеми, фірмові знаки, зображення для упаковок, газетні й рекламні модулі, грошові знаки й цінні папери.

Окрема область векторної графіки – тривимірне моделювання – дозволяє створювати фотореалістичні статичні та динамічні моделі будь-яких пристроїв та виробів, які ще знаходяться на етапі проектування.

Векторна графіка лежить в основі flash-технології, яка застосовується для створення web-додатків або мультимедійних презентацій – рекламних банерів, анімації, ігор тощо.

Принципи векторної графіки застосовуються у мові розмітки масштабованої векторної графіки SVG (Scalable Vector Graphics), яка надходить у підмножину розширюваної мови розмітки XML і підтримує як статичну, так й анімовану інтерактивну графіку на web-сторінках.

1.1.2. Перетворення векторного зображення у растрове і навпаки

У зв'язку з тим, що екран монітора виводить зображення у вигляді набору точок (растру), то перед виведенням векторного зображення на екран програма робить обчислення координат екранних точок, тому векторну графіку часто називають обчислюваною графікою. Такі ж обчислення робляться і при виведенні зображень на принтері.

Перетворення векторного зображення у растрове називається *раструванням*. Відкриття векторного формату у редакторі растрової графіки, наприклад, Adobe Photoshop автоматично переводить зображення в растрове, виключення складають шрифти (які по суті є векторними об'єктами) за умови, що вони встановлені на цьому комп'ютері.

Таким чином, перетворення векторного зображення у растрове проходить досить легко.

Зворотний перехід набагато важчий. Неможливо отримати векторне зображення з растрового простим збереженням у векторному форматі. Векторні зображення можна або створювати від руки, або перетворювати з растрових зображень програмами трасування, які не забезпечує належної якості. Крім того, метод трасування потребує достатнього досвіду роботи як у векторній графіці, так і в растровій. Краще всього для

цієї мети підходить програма Adobe Illustrator з попередньою підготовкою зображення в редакторі Adobe Photoshop.

Таким чином, для векторних зображень можна виділити такі переваги:

легке масштабування без втрати якості;

величезна точність (до сотої частини мікрона);

невеликий розмір файлу порівняно з растровим зображенням;

висока якість друку;

відсутність проблем з експортом векторного зображення в растрове;

можливість редагування кожного елемента окремо;

недоліки:

створити складні художні векторні зображення дуже складно, це вимагає навичок і значних витрат часу;

неможливість застосування великої бібліотеки ефектів, які можуть використовуватись в роботі з растровими зображеннями.

1.2. Основні відомості про автоматизовану систему AutoCAD

Для створення комп'ютерної графіки використовуються спеціальні програми – графічні редактори.

Серед великої кількості апаратних і програмних комп'ютерних засобів створення комп'ютерної графіки необхідно вибирати ті, які оптимально підходять виконанню поставлених завдань.

Слід завжди розуміти, що програма є лише інструментом для вирішення кінцевих завдань, чи то видання журналу, розробка web-сайта, корекція цифрової фотографії, проектування, чи то створення креслення або тривимірної моделі, але власне задачі все одно повинен вирішувати користувач. Він повинен глибоко розуміти прийоми роботи з растровими і векторними зображеннями і застосовувати їх на практиці.

Для роботи з векторною графікою у різних областях діяльності сьогодні застосовується велика кількість векторних редакторів зі своїми форматами:

редактор Adobe Illustrator – формат .AI, .EPS;

редактор CorelDRAW – формат .CDR, .EPS;

редактор AutoCAD – формат .DWG, .DXF;

програма 3D Studio – формат .3DS, .PRG;

програма 3DsMax – формат .MAX;

програма Adobe Acrobat – формат .PDF;

Windows Metafile – формат .WMF, .EMF;

Умовно і формат .INDD програми Adobe InDesign можна назвати векторним форматом.

Формат .DWG є найбільш універсальним форматом. Відкрити його тим або іншим способом можна практично в усіх перелічених програмах векторної графіки і багатьох інших програмах для систем автоматичного проектування, наприклад, "Компас".

Можливості сучасних технічних і програмних засобів персональних комп'ютерів дозволяють ефективно автоматизувати конструкторську і технологічну підготовку виробництва. У даний час як фактичний стандарт на програмне забезпечення для випуску конструкторських креслень затвердилася система AutoCAD, компанії Autodesk, яка є безперечним лідером на ринку програмного забезпечення для САПР. Сучасні автоматизовані робочі місця (АРМ) конструктора використовують систему AutoCAD.

У цьому навчальному посібнику система AutoCAD визначена як основна програма роботи з векторною графікою для систем автоматичного проектування та проведення тривимірного моделювання.

AutoCAD – це графічний редактор, який підтримує процес креслення конструкторських документів на екрані ПК, ведення графічної бази даних і виведення документів на принтери і графічні пристрої. Програма також дозволяє будувати тривимірні моделі об'єктів будь-якої складності і здобувати їх фотореалістичні зображення з різноманітним освітленням, сценами тощо.

Програма AutoCAD володіє неперевершеними можливостями, високою швидкістю роботи, надійністю, зручним інтерфейсом, використовує найсучасніші технології проектування.

Існують три галузі знань, які треба опанувати, щоб стати кваліфікованим користувачем програми AutoCAD: проектування і креслення, операційна система і власне програма AutoCAD.

Проектування і креслення є областю строгої інформації, що вимагає використання точних графічних і накреслювальних вказівок. Правила креслення і конкретні дисципліни (архітектура, механіка, електрика, технологічний процес і так далі) перенеслися з традиційного креслення на дошці в автоматизоване креслення. Програма AutoCAD реалізує ці пра-

вила з множиною додаткових можливостей. Проте програма AutoCAD не вибирає автоматично правильний символ, розмір, тип лінії або інший аспект креслення, щоб застосувати його до поточного креслення. Користувач повинен знати, як імовірно повинен виглядати остаточний продукт. Потужність і швидкість комп'ютера не замінять професійних знань і не допоможуть дізнатися, як повинне виглядати остаточне креслення.

Власним форматом для AutoCAD, як уже було сказано, є формат .DWG, розроблений фірмою Autodesk спеціально для опису креслень.

Він підтримує обмін файлами інших векторних та таких растрових форматів, як: .DXF, .EPS, .BMP, .PCX і багатьох інших.

Ця система була створена на початку 80-х років. До теперішнього часу вона пройшла значний еволюційний шлях розвитку, безперервно удосконалюючись від версії до версії і в даний час вже вийшла система AutoCAD 2013. Система працює на персональних та планшетних комп'ютерах, під управлінням різних операційних систем Windows, Mac OS X, iOS, Android.

У сучасних версіях програми AutoCAD створений простий і зручний інтерфейс на основі меню і мови команд, що надає користувачеві зручні й ефективні засоби спілкування з комп'ютером при виготовленні креслень.

AutoCAD – це багатозадачне середовище проектування – Multiple Design Environment (MDE), повністю відповідна стандартам MS Windows, що використовує багатовіконний інтерфейс, який дає можливість проектувати безліч документів і спільно працювати з ними, тобто вирішувати безліч завдань з необмеженою кількістю креслень.

MDE надає безліч можливостей для скорочення числа рутинних операцій, таких, як:

- відкриття декількох креслень;
- перенесення і копіювання об'єктів усередині і між кресленнями;
- підтримка копіювання властивостей об'єктів (кольору, шарів, типів ліній, масштабу тощо) від одного креслення до іншого;
- вирізання, копіювання, вставка об'єктів з одного креслення в інше;
- послідовне виконання команд між кресленнями без відміни поточної команди в кожному з них.

1.3. Основи роботи в графічному інтерфейсі системи AutoCAD

Після запуску відкривається вікно програми AutoCAD. Крім стандартних елементів вікна *Заголовок*, *Рядок* меню тощо, у вікні є й інші елементи, властиві тільки програмі AutoCAD – створюється робочий простір (рис. 3).

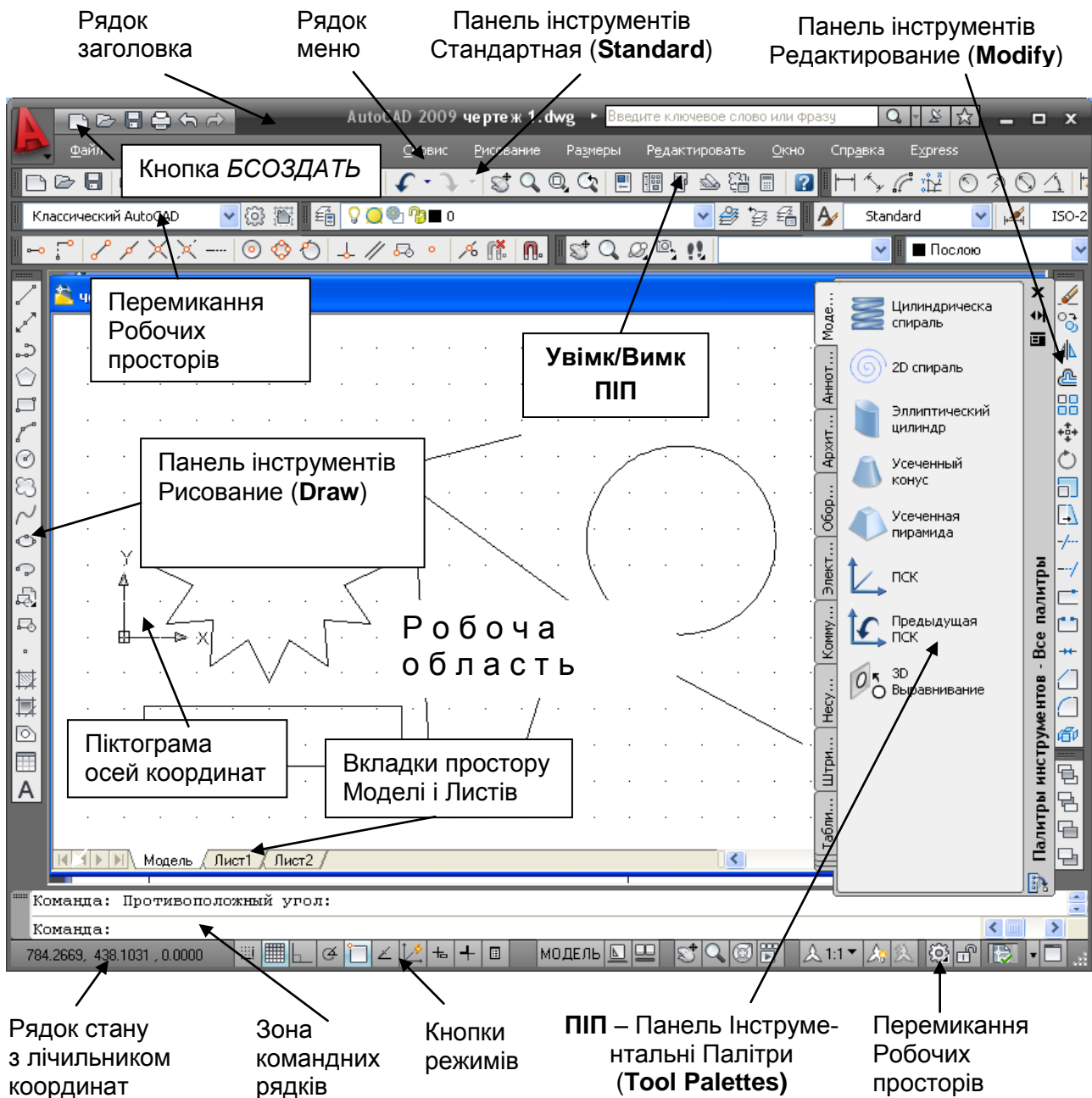


Рис. 3. Вікно програми AutoCAD після запуску (класичний AutoCAD)

Робочий простір – це набір меню, палітр, панелей інструментів і панелей, налаштованих на рішення певних задач, таких, як креслення в дво- або тривимірному просторі. Користувач легко може створювати власні робочі простори, пристосовані для вирішення певних завдань.

Для зручності побудови програма AutoCAD може перемикатися в різні робочі простори – *2D-побудова* (плоскі креслення), *3D-моделювання* (побудова тривимірних моделей) і *Класичний AutoCAD* (мінімальний набір найнеобхідніших інструментів). Вивчення програми AutoCAD доці-

льно починати з робочого простору *Класичний AutoCAD* (рис. 3), який практично не змінюється, починаючи з версії AutoCAD 2004.

Починаючи з AutoCAD 2009 окрім класичного інтерфейсу в системі з'явився стрічковий інтерфейс меню, який реалізує концепцію FUI (*Fluent User Interface* – гнучкий інтерфейс, призначений для користувача), запропоновану компанією Microsoft. Пункти меню і панелі інструментів представлені у вигляді стрічки (ribbon) меню, що складається з безлічі вкладок. Кожна з них включає тематичні панелі, які містять набори відповідних інструментів. Такий підхід спрощує пошук потрібної команди і дозволяє адаптувати робочий простір для ефективної роботи користувача. Стрічку можна розташувати як завгодно, мінімізувати або взагалі приховати, якщо необхідно максимально збільшити робочий простір. Панелі відділяються від стрічки, а також робляться постійно розгорненими, якщо потрібен багатократний і швидкий доступ до команд одній або декілька з них. За замовчуванням при запуску AutoCAD 2012 відкривається робочий простір **2D Рисование и аннотации (Drafting & Annotation)**.

Більш детально про елементи стрічкового інтерфейсу, налаштування робочого простору графічного редактора AutoCAD 2012 відповідно до характеру роботи можна дізнатися самостійно у [9].

1.4. Використання команд у командному рядку

Система AutoCAD створена для інтерактивної роботи користувача. Увесь діалог з системою йде на мові команд.

Є три основні способи введення команд:

1. Кнопка на панелі інструментів.
2. Вибір відповідного пункту меню (для класичного інтерфейсу).
3. У командному рядку.

Кнопка на будь-якій панелі інструментів дозволяє вибрати той чи інший примітив, команду або режим. Панелей інструментів у класичному режимі меню дуже багато і, щоб не заплутатись, слід підключати ті панелі, які в даний момент необхідні і вилучати ті, що у подальшому не є необхідними. Підключати і вилучати ті чи інші панелі інструментів можна зі списку, клацнувши правою кнопкою миші на будь-якій підключеній панелі інструментів. При затриманні миші на піктограмі інструмента, поруч з покажчиком спочатку з'явиться коротка інформація про команду, а потім більш детальна довідка.

Для стрічкового інтерфейсу до цієї інформації додається приклад застосування команди. В обох випадках повну довідкову інформацію можна дістати натисненням клавіші <F1>.

Для виконання будь-яких дій можна використати стрічку меню. Наприклад, щоб накреслити коло у класичному робочому просторі, необхідно виконати команду **Рисование-Круг-Центр, радиус**.

Після вибору будь-якої команди за допомогою панелей інструментів або меню, команда автоматично дублюється у командному рядку. Тому найбільш універсальний спосіб введення команд – це набір їх в командному рядку у відповідь на запрошення *Команда: (Command:)*. Найменування команд можете вводити у будь-якому регістрі (верхньому або нижньому). В російськомовній версії AutoCAD можна користуватися російськими іменами команд або англійськими з попереднім знаком підкреслення (так, наприклад, в російськомовній версії команду ОТРЕЗОК можна замінити командою `_LINE`. Крім того, в англійській версії також допускається форма команди з символом підкреслення.

У загальному випадку команди у командному рядку виглядають як запрошення, на які користувач повинен відповісти відповідними значеннями:

Центр круга или [3Т/2Т/ККР (кас кас радиус)]: 200,100

Радиус круга или [Диаметр] <363.8524>: 200.10:

На перше запрошення необхідно ввести координати X,Y для центру кола, наприклад 200, 100. У квадратних дужках показані альтернативні режими побудови кола, достатньо ввести тільки одну прописну літеру, якщо користувач вибрав альтернативний варіант. У наведеному прикладі замість слова *Диаметр* достатньо ввести літеру <д> чи <Д>. У кутових дужках показано запропоноване програмою значення параметра (радіуса) 363,854, але користувач змінив значення радіуса на 200,1.

Циклічний перебір команд з метою їх повторного використання здійснюється клавішами <↑>, <↓>.


Клацанням правої кнопки миші в області вікна командних рядків викликає контекстне меню, де можна вибрати останні шість команд.

Після набору команди на клавіатурі і натиснення клавіші <Enter> команда виконується. Поки клавіша <Enter> не натиснута, можна відредагувати набраний в командному рядку текст. Після натиснення клавіші <Enter> може бути запрошена додаткова інформація – координати точок параметри, режими – у командному рядку з'явиться наступне запрошення.

Перервати виконання будь-якої команди можна, натиснувши клавішу <Esc>.

Проглянути протокол роботи з поточним кресленням можна в *Текстовому вікні (Text Window)*, натиснувши функціональну клавішу <F2>. У вікні можна проаналізувати хід виконання креслення, знайти помилки, скопіювати ті чи інші команди для їх повторного використання тощо. Прибрати текстове вікно можна, натиснувши ще раз клавішу <F2> чи скориставшись стандартною кнопкою, розміщеною у верхньому правому кутку вікна.

Питання для самодіагностики

1. Які два способи представлення зображень ви знаєте?
2. Перелічіть переваги і недоліки векторної графіки.
3. Які формати векторної графіки ви знаєте?
4. Дайте визначення основних елементів стрічкового інтерфейсу – стрічка, вкладки, тематичні панелі, інструменти.
5. Назвіть режими відображення стрічки.
6. Що означає значок  в лівому верхньому куті програми?
7. Яким чином на робочий стіл виводяться додаткові панелі інструментів і окремі кнопки, необхідні для роботи?
8. Для чого існує два види вкладок – *Простір моделі* і *Простір архівів*?
9. Як відключити/підключити панель *Інструментальні Палітри (Tool Palettes)* при запуску програми?
10. Що відбувається при натисненні функціональних клавіш F1, F2, F7?
11. Як виконується запис файла на диск і вихід з системи AutoCAD?

2. Використання шаблонів і стандартів креслення

Ключові слова: шаблон, стандартні формати, система координат, МСК, ПСК.

Основні питання

- 2.1. Налаштування робочого середовища системи AutoCAD.
- 2.2. Створення нового креслення з використанням шаблонів.
- 2.3. Система координат. Поворот і переміщення системи координат.
- 2.4. Застосування прямокутних і полярних координат.

2.1. Налаштування робочого середовища системи AutoCAD

2.1.1. Запуск системи AutoCAD

Запуск програми AutoCAD можна здійснювати по-різному.

Якщо відкривається раніше підготовлене і збережене креслення (файл формату DWG), то всі параметри відкриття і налаштування робочого середовища залишаються такими, якими вони були при завершенні роботи.

При відкритті програми з "нуля", тобто для створення нового документа початок роботи може бути різний – все залежить від значення системною змінної STARTUP, яка приймає два значення:

0 – вікно *Создание нового чертежа* (рис. 4) не з'являється при створенні нових документів, і використовуються раніше встановлені налаштування;

1 – вікно *Создание нового чертежа* з'являється, і можлива попереднє налаштування креслень.

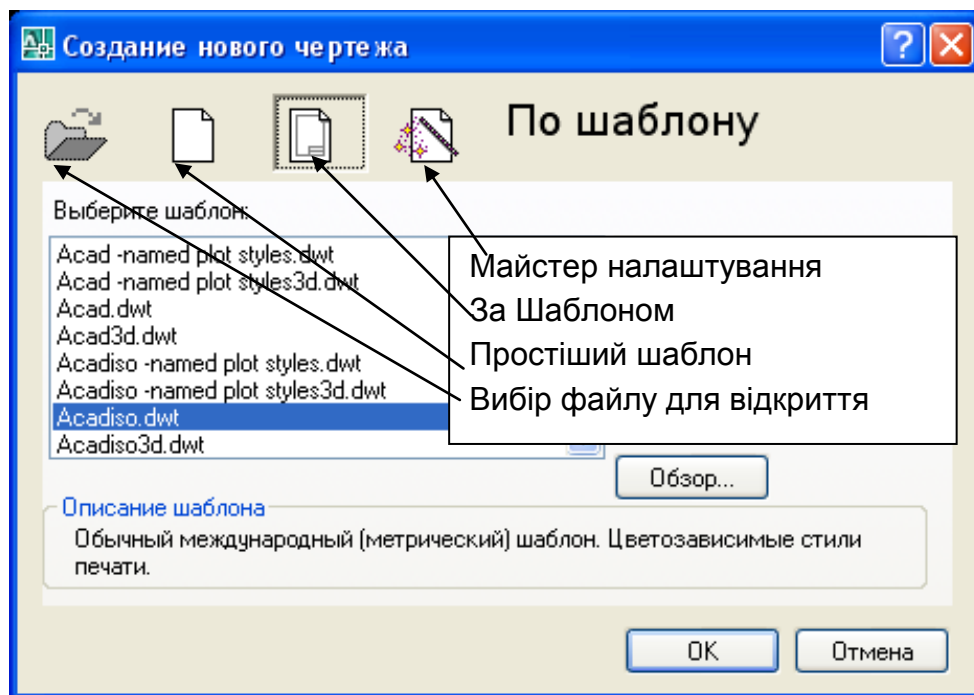


Рис. 4. Вікно *Создание нового чертежа*

За необхідністю AutoCAD дозволяє змінювати установки у ході подальшої роботи над кресленням.

Для зміни значення системної змінної необхідно ввести її ім'я (STARTUP) у командному рядку, натиснути клавішу <Enter> і змінити її значення.

У інших випадках необхідно провести попередні налаштування програми для комфортнішої роботи. Часто для створення нового креслення зручно використовувати готовий шаблон, який вже містить певні установки параметрів креслення і тому немає сенсу кожного разу втрачати час на однотипні початкові установки.

Крім того, шаблон може містити штампи і різні елементи креслення, які найчастіше використовуються при їх створенні.

Вибір шаблонів і початкові налаштування зручно проводити за допомогою Майстра налаштування, який запускається у вікні *Создание нового чертежа*.

У вікні *Майстра* можна провести *Швидке (Quick Setup)* і *Детальне (Advanced)* налаштування. Швидке налаштування дозволяє налаштувати тільки два параметри: одиниці вимірювання і розміри робочого поля.

Детальне налаштування дозволяє налаштувати одиниці вимірювання, розміри й орієнтацію робочого поля, а також кутові величини.

За необхідністю пізніше розміри можна змінити командою **Формат-Лимиты чертежа**. Слід мати на увазі, що розміри поля впливають тільки на область друку, в просторі моделі можна створювати креслення в будь-якому місці, навіть за межами розмірів робочого поля.

Для того, щоб створити креслення, використовуючи шаблон, необхідно в діалоговому вікні *Создание нового чертежа* натиснути кнопку *По шаблону*.

При цьому AutoCAD виведе у вікні список доступних шаблонів. За замовчуванням пропонується шаблон *Acadiso.dwt*. Після вибору потрібного шаблону AutoCAD відразу привласнить новому кресленню ім'я за замовчуванням *Чертеж 1 (Drawing 1)* і створить нове креслення з параметрами і вмістом шаблону.

Якщо відкрити наступне креслення, то йому буде привласнено ім'я *Чертеж 2 (Drawing 2)* і так далі. При зміні і збереженні створеного креслення шаблон залишається незмінним.

Після запуску програми AutoCAD для більш ефективною роботи доцільно правильно налаштувати робочий простір відповідно до завдань, що вирішуються. Наприклад, набір панелей інструментів для 3D модулювання відрізняється від набору панелей для 2D креслення. Як вже було сказано, користувач може застосовувати класичний або сучасний стрічковий інтерфейс. Перемикання інтерфейсів здійснюється вибором зі списку *Рабочее пространство* (рис. 5).

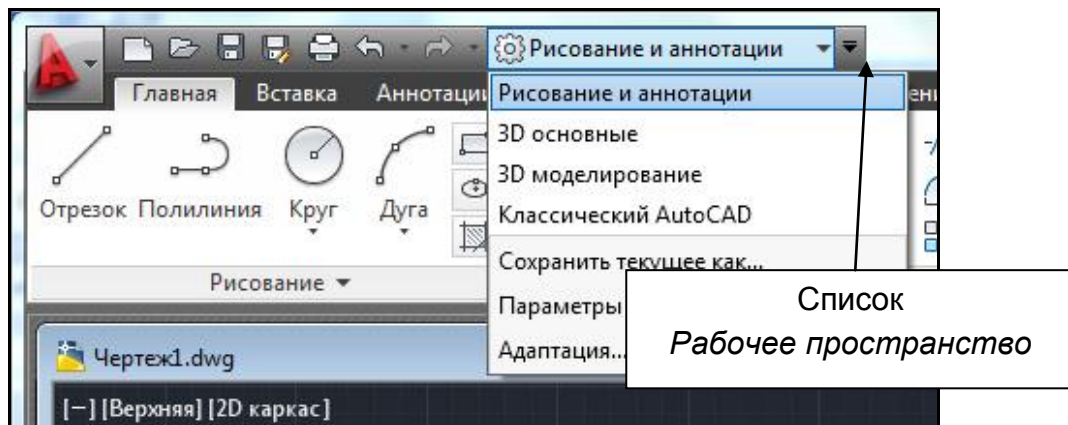


Рис. 5. Вибір інтерфейсів

Налаштування робочого середовища AutoCAD здійснюється у діалоговому вікні *Настройка (Options)*, яке викликається за командою у командному рядку НАСТРОЙКА або вибором команди **Настройка** з контекстного меню на робочому полі креслення, у класичному інтерфейсі можна також застосувати меню **Сервис-Настройка**.

Діалогове вікно *Настройка* містить декілька вкладок, на яких можна установити різні параметри від загальних (системних) до індивідуальних (користувацьких). Так, на вкладці *Экран* можна підключити або вимкнути смуги прокрутки, налаштувати кольори робочого вікна простору *Моделі і Листа*, якість відображення кривих і багато чого іншого. На вкладці *Пользовательские* налаштувати функції правої кнопки миші, одиниці вимірювання тощо.

2.2. Створення нового креслення з використанням шаблонів

Серед готових шаблонів AutoCAD немає жодного, який задовольняв би вимоги Єдиної системи конструкторської документації. За необхідності користувач може модифікувати стандартний шаблон або створити власний, використовуючи стандартний шаблон як прототип і внести до нього необхідні зміни – накреслити рамку та штамп з внесеними написами згідно з вимогами ЄСКД.

Після внесення всіх змін необхідно зберегти його командою **Файл–Сохранить как** з типом файла шаблон AutoCAD (*.DWT), потім замінити попереднє ім'я шаблону на нове (наприклад, *Мій шаблон А4*).

У діалоговому вікні *Параметри шаблону* можна ввести довільний текст опису нового шаблону.

Надалі для виконання креслень, що мають формат А4 і що містять рамку і штамп, досить вибрати із списку шаблонів *Мій шаблон А4*.

Для того, щоб не викликати діалогове вікно *Создание нового чертежа* кожного разу при створенні нових креслень, необхідно системній змінній STARTUP повернути значення 0.

Тепер при кожному запуску програми AutoCAD або при створенні нового документа клацанням на кнопці *СОЗДАТЬ* завжди буде створюватись новий документ згідно з вибраним шаблоном. Якщо створювати новий документ за командою меню **Файл-Создать**, то буде викликатись список усіх можливих шаблонів.

2.3. Система координат. Поворот і переміщення системи координат

У системі AutoCAD усі креслення й моделювання виконуються стосовно певної системи координат. У двовимірному просторі положення точки визначається на площині XY, яка називається площиною побудови. Найбільш широко застосовуються прямокутні (Декартові) і полярні системи координат (рис. 6). У прямокутній системі координат положення точки 1 визначається її проекціями x_1 , y_1 на вісі X, Y. У полярній системі координат положення точки 1 визначається відстанню від початку системи координат r_1 до точки та кутом від напрямку вісі X до напрямку від початку координат до точки.

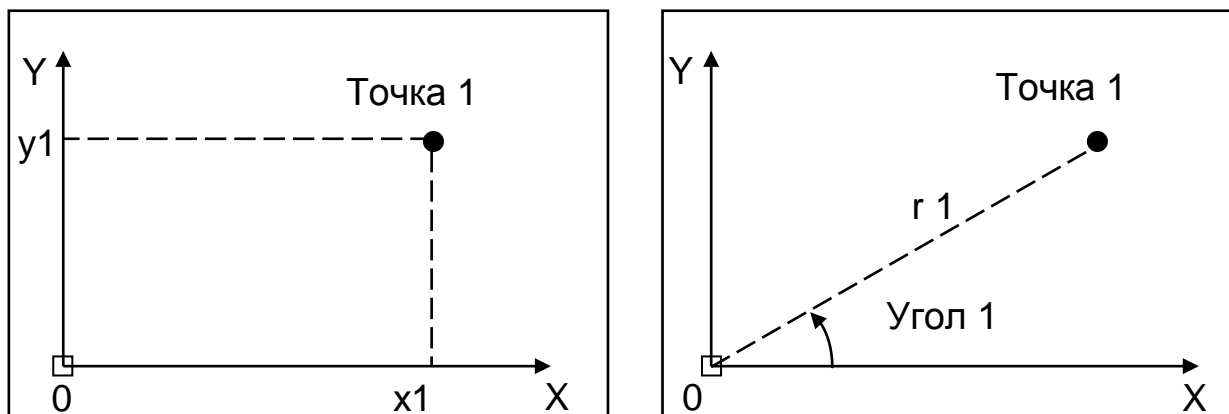


Рис. 6. Прямокутна та полярна система координат

Вибір прямокутної або полярної системи координат здійснюється після введення координат першої точки креслення послідовним клацанням мишею у рядку лічильника координат.

Кількість прямокутних та полярних систем координат не обмежена.

Одна з них – основна – називається світовою системою координат (Мировой Системой Координат – МСК), співпадає з площиною графічного екрана. Третя вісь Z МСК розташована перпендикулярно екрана і спрямована від екрана до користувача. В якості ознаки світової системи координат піктограма осей має прямокутник в точці початку координат. Після запуску AutoCAD в робочому вікні в лівому нижньому кутку зображується піктограма МСК.

Усі інші системи координат називаються призначеними для користувача (Пользовательскими Системами Координат – ПСК). ПСК можна зсувати відносно МСК, переміщати, повертати на будь-який кут. Між усіма системами координат легко перемикається.

Розглянемо приклад застосування ПСК. Нехай на вже накресленому заданому прямокутнику необхідно накреслити декілька кіл із заданими параметрами (рис. 7). Якщо використовувати світову систему координат (МСК), то буде дуже важко нарахувати й указати координати центрів кіл.

Завдання є дуже простим, якщо ввести користувацьку систему координат (ПСК) з вісями X' , Y' , пов'язаними з прямокутником.

Для створення ПСК і роботи з ними слугують дві панелі інструментів ПСК ПСК-1 та ПСК-2.

За допомогою інструментів панелі ПСК-2 можна створити і вирівняти користувацьку систему координат, пов'язану з заданим прямокутником, як на рис. 7 (кнопка *Объект*). Кнопка *Именованные ПСК* на панелі ПСК дозволить задати ім'я новій користувацькій системі.

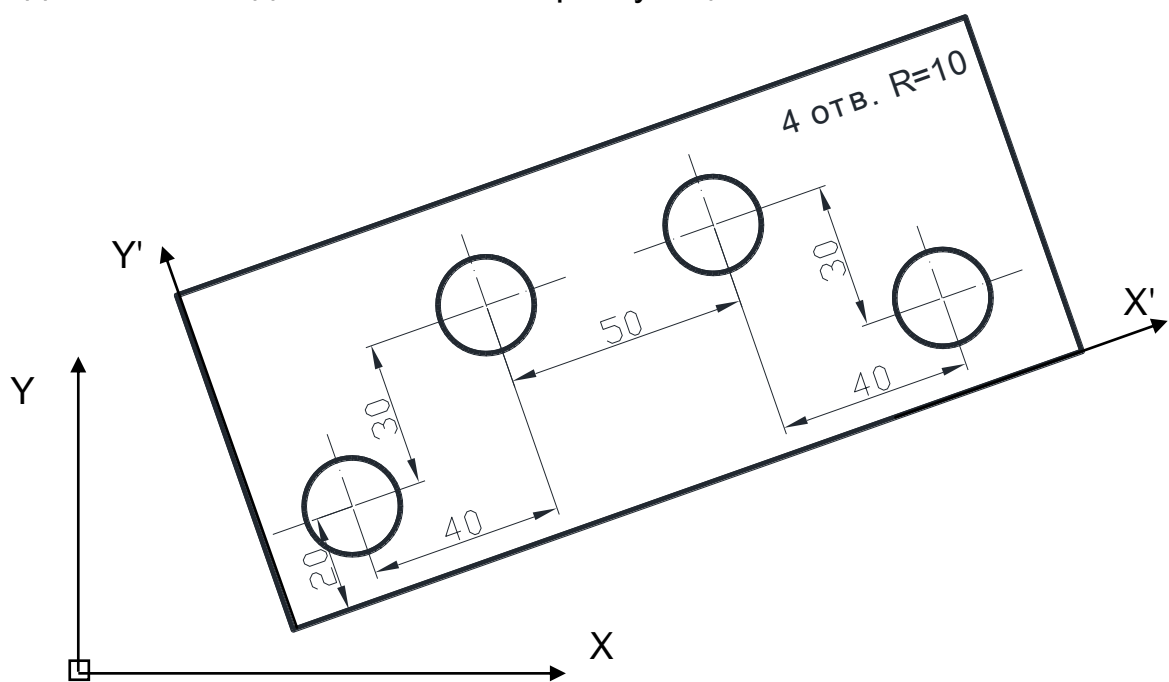


Рис. 7. Застосування користувацької системи координат (ПСК)

Тепер, якщо вибрати створену систему, буде легко накреслити всі необхідні кола. Перемикайтесь на МСК або ту чи іншу користувацьку систему можна за допомогою списку *Управление ПСК* на панелі ПСК.

2.4. Застосування прямокутних і полярних координат

2.4.1. Прямокутна система координат

У AutoCAD застосовуються *абсолютні* і *відносні* координати. Абсолютні координати прив'язані до початку базової системи координат. У відносній системі координат координати точок задаються щодо точок раніше побудованих об'єктів креслення.

Абсолютні прямокутні координати. Коли задається команда **Отрезок** і у відповідь на запрошення вводяться координати початкової і кінцевої точок відрізка, вони відкладаються від точки початку системи координат 0,0. Спершу відкладається координата X, а потім координата Y (у вигляді X,Y). При необхідності може бути додана третя координата – Z. За замовчуванням вона дорівнює нулю. Дробові частини від цілих відділяються комою.

Відносні прямокутні координати. Вони задають зміщені координати, що відраховуються щодо останньої введеної точки. Ознакою приналежності координат до типу відносних прямокутних координат є наявність символу @ (комерційне "a") перед значеннями координат: @ X,Y.

Приклад 1. Розглянемо застосування відносної системи прямокутних координат для побудови прямокутника зі сторонами, представленіми у вигляді відрізків ліній завдовжки 70 мм і 40 мм (рис. 8).

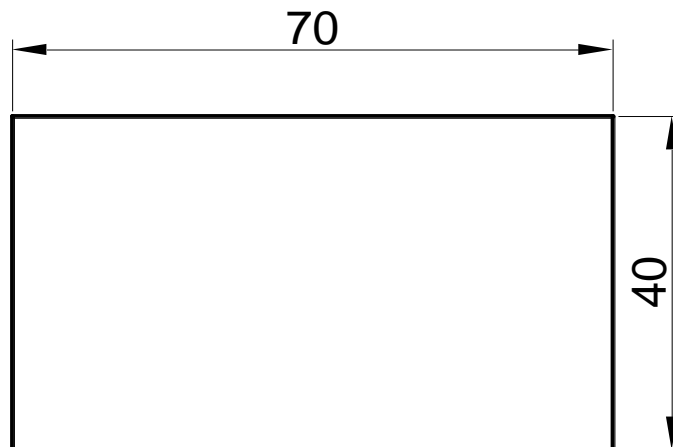


Рис. 8. Прямокутник

Можливий порядок дій:

Викликати команду **Отрезок (_Line)** або клацнути на піктограмі *Відрізок* панелі інструментів *Рисование* або вибрати команду **Рисование-Отрезок**.

У командному рядку задати абсолютні координати першої точки прямокутника (припустимо: 50,50). Натиснути <Enter>.

Задати відносні координати другої точки @70,0. Натиснути <Enter>.

Ввести третю точку @0,40. Натиснути <Enter>.

Ввести четверту точку @-70,0. Натиснути <Enter>.

Ввести точку @0,-40 або з контекстного меню вибрати **Замкнеть (Close)**, яка дозволяє замкнути першу і останню точку фігури.

У результаті буде побудований прямокутник шириною 70 мм і заввишки 40 мм, зміщений відносно початку координатної сітки по X на 50 мм і по Y на 50 мм.

Зверніть увагу на те, що у відносній системі координат координати кожної подальшої точки задаються щодо координат попередньої точки, що дозволяє швидко створювати креслення.

2.4.2. Полярні координати

Якщо відомі напрям і довжина відрізка від початку координат або від попередньої точки побудови, то для побудови об'єктів зручно використовувати полярні координати, які також можуть бути абсолютними або відносними.

Абсолютні полярні координати. Координати точки в полярній системі прийнято задавати за допомогою двох параметрів:

відстані від початку координат до точки;

кута між нульовим напрямом і лінією, що сполучає початок координат і точку, що вводиться.

Напрямок кута 0° і напрям відрахування задається в діалоговому вікні початку роботи. За замовчуванням напрям кута 0° співпадає з напрямом осі X, а кут відлічується проти годинникової стрілки.

Запис полярних координат у командному рядку при їх введенні з клавіатури виконується таким чином: вводиться значення відстані до точки, а потім знак < (кутова дужка) і значення кута. Всі дані вводяться без пропусків між ними.

Приклад 2. За допомогою введення абсолютних полярних координат побудувати трикутник (рис. 9).

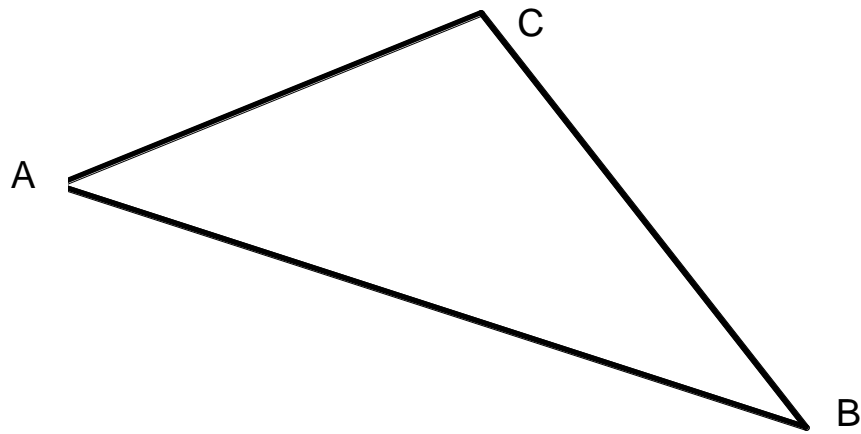


Рис. 9. Побудова трикутника

Ввести команду **Отрезок (_Line)**.

Ввести точку 150,50 – точка А.

Ввести точку 300<0 – точка В.

Ввести точку 250<20 – точка С.

Ввести точку 150,50 або з контекстного меню вибрати команду

Замкнуть (Close).

Відносні полярні координати. Відносні полярні координати також задаються у форматі *відстань-кут*, але відраховуються від раніше введеної точки. Пара відносних полярних координат повинна починатися з символу @. Наприклад: @110<30. Точка буде побудована шляхом відкладання кута, рівного 30 градусів, і відстані 110 від попередньої точки.

Приклад 3. За допомогою відносних полярних координат побудуємо шестикутник зі сторонами, рівними 40 (рис. 10).



Рис. 10. Побудова шестикутника

Послідовність побудови така.

Активізувати команду **Отрезок** і ввести координати лівої нижньої точки фігури: 170,120. Надалі обхід фігури виконується проти годинникової стрілки.

Ввести точку @40<0.

Ввести точку @40<35.

Ввести точку @40<155.

Ввести точку @40<180.

Ввести точку @40<215.

Ввести точку @40<335 (або з контекстного меню вибрати команду

Замкнуть (Close).

Питання для самодіагностики

1. Чим відрізняються інженерні і наукові одиниці вимірювання?
2. Для чого потрібні шаблони?
3. Що визначає системна змінна STARTUP?
4. Як створити свій власний шаблон і "примусити" AutoCAD при відкритті нових документів завжди відкривати цей шаблон?
5. Як виконується визначення формату листа та необхідної точності одиниць вимірювання?
6. Чи можна змінити чорний фон вікна графіки для простору моделі?
7. Що відображають числа в рядку стану (зліва)?
8. Чим відрізняються полярні і прямокутні координати?
9. Які методи введення координат точок ви знаєте?
10. Перетворіть прямокутні координати точки, яка знаходиться на відстані 50 мм по осі X і 40 мм по осі Y, в полярні координати. Запишіть координати точки в різних системах координат.
11. Чим відрізняються абсолютні і відносні координати?
12. Назвіть неправильно задані координати:
 - 27.27,27,27;
 - 27,27.27,27;
 - 27,27,27,27;
 - 27.27.27.27.
13. Назвіть правильно задані координати:
 - @27.27,27,27;
 - @27,27<27,27;

- @27.27,<27.27;
- @27.27@<27.27.

14. Для побудови точки введені координати @100,100. Де буде розташована точка?

15. Побудований відрізок. Далі для побудови нової точки введена відносна координата @100<30. Відносно чого відраховується кут: 1) від лінії продовження відрізка; 2) від напрямку осі X?

16. Чи можуть при введенні координат точки використовуватися "змішані" координати – по осі X абсолютна, по осі Y відносна?

17. Для побудови початку і кінця відрізка введені координати 17.3,17,3 і 34,6,34.6. Чи буде побудований відрізок?

3. Особливості побудови елементарних об'єктів

Ключові слова: елементарні об'єкти, параметри командного рядку, фаска, спрягання, сплайн, полілінія.

Основні питання

- 3.1. Побудова відрізків.
- 3.2. Допоміжні точки та лінії будування (пряма, промінь).
- 3.3. Побудова прямокутників.
- 3.4. Побудова багатокутників.
- 3.5. Побудова криволінійних об'єктів.
- 3.6. Штрихування.

Елементарними об'єктами є використовувані в AutoCAD примітиви. На їх основі створюються креслення складних об'єктів. Всі вони представлені на панелі *Рисование*. Виклик будь-якого з примітивів здійснюється одним з таких способів:

- натисненням кнопки примітиву на панелі інструментів *Рисование*;
- командою з назвою примітиву в меню **Рисование**;
- введенням у командний рядок команди з назвою примітиву.

Після введення команди у командному рядку з'явиться запрошення з пропозицією вибрати режими побудови об'єктів, ввести координати характерних точок побудови об'єктів тощо. Після підтвердження команди об'єкт буде побудовано автоматично або з'явиться наступне уточнююче запрошення.

Розглянемо особливості побудови деяких з примітивів.

3.1. Побудова відрізків

Відрізки – це найпростіші об’єкти в AutoCAD. Вони можуть бути поодинокими або об’єднуватися кінцевими точками в ламану лінію. Кожен відрізок є самостійним об’єктом AutoCAD, навіть якщо він входить до складу іншого об’єкта.

На команду ОТРЕЗОК (_LINE) у командному рядку з’являється запрошення програми AutoCAD :

Команда: _line Первая точка:

Ввести прямокутні або полярні координати першої точки. Можна вказати першу точку клацанням миші. З’являється друге запрошення:

Следующая точка или [Отменить]:

Ввести прямокутні або полярні координати другої точки.

По суті відрізок вже побудований, але програма знову запросить введення координат чергової точки, бо команда **Отрезок** є однією з тих команд програми AutoCAD, які повторюються автоматично. Команда використовує кінцеву точку одного відрізка як початкову точку для наступного відрізка, продовжуючи виводити підказки для введення кожної подальшої кінцевої точки. Для завершення цієї можливості повторення необхідно натиснути клавішу <Enter> або клацнути правою кнопкою миші і в контекстному меню вибрати команду **Enter**. І хоча послідовність відрізків намальована з використанням єдиної команди **Отрезок**, кожен відрізок є окремим об’єктом.

Після того, як були намальовані два і більше відрізків прямої за допомогою однієї команди **Отрезок**, у запрошенні з’являється параметр **Замкнуть (Close)**. Вибір цього параметру побудує кінцевий відрізок **Г** від кінця останнього відрізка до начала першого, і таким чином буде побудована замкнута фігура (рис. 11).

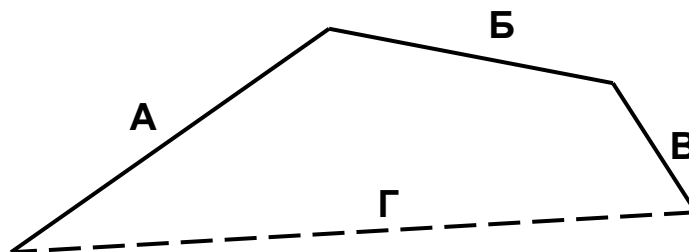


Рис. 11. Побудова відрізків

Закінчити побудову відрізків можна натисненням клавіші <Esc>.

3.2. Допоміжні точки та лінії будування (пряма, промінь)

Іноді в процесі роботи над кресленням доводиться будувати допоміжні точки та лінії, які можна використати при побудові інших об'єктів.

3.2.1. Точка

Точка вводиться за командою ТОЧКА (`_POINT`) або вказівкою двовимірних (тривимірних) координат, або клацанням миші. За однією командою точки будуть вводиться багаторазово до натиснення клавіші `<Esc>`.

За замовчуванням на екрані точка відображається у вигляді крапки (`·`), і вона не дуже помітна на кресленні. Можна зробити так, що точка відображатиметься, як `+`, `×`, `○`, `⊕`, `□` або як будь-який інший символ, доступний за командою **Формат-Отображення точек**. У діалоговому вікні (рис. 12) вибрати необхідний стиль відображення точок. Там же можна встановити розмір символу точки.

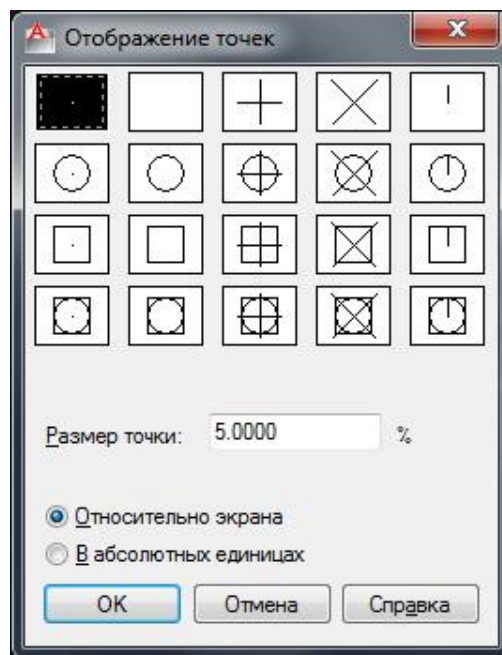


Рис. 12. Діалогове вікно *Отображение точек*

3.2.2. Допоміжні лінії

До допоміжних ліній відносяться прямі і промені. Вони не мають кінця в одному або обох напрямках.

Пряма викликається за командою ПРЯМАЯ (`_XLINE`). Відрізняється від відрізка тим, що нескінченна, тобто автоматично подовжується в обох

напрямах. У запрошені можна вибрати режим її побудови – горизонтально, вертикально, по заданому куту, по бісектрисі, зміщенню.

Промінь аналогічний прямій, але обмежений з одного боку. Викликається за командою **ЛУЧ(_RAY)**.

3.3. Побудова прямокутників

Команда ПРЯМОУГ(_RECTANGLE) дозволяє будувати прямокутник за двома протилежними вершинам (рис. 13а).

Після введення координат першого кута можна визначити параметри побудови прямокутників. З усіх параметрів (*Фаска/Уровень/Сопряжение/Высота/Ширина*), найбільш часто застосовуються параметри *Фаска (Chamfer)* і *Сопряжение (Fillet)*.

Параметр *Фаска* встановлює значення фасок (скосів) для прямокутника (рис. 13б).

Параметр *Сопряжение* задає радіус закруглення кутів мальованого прямокутника (рис. 13в).

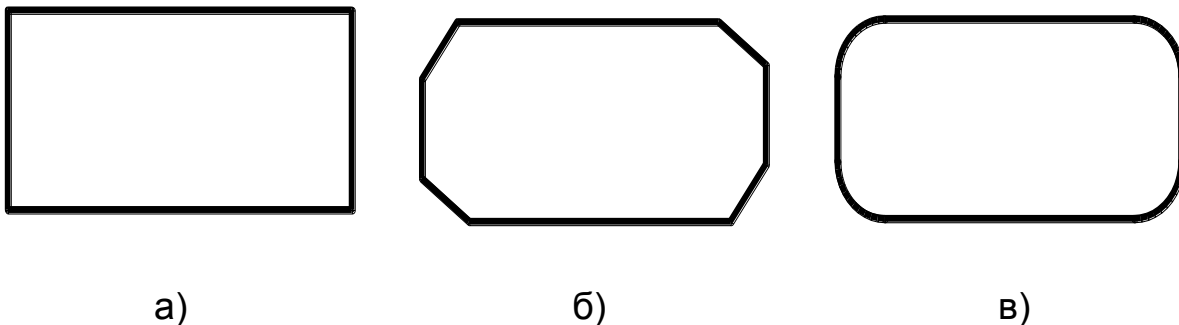


Рис. 13. Прямокутники

Параметр *Ширина (Width)* дозволяє задати товщину ліній прямокутника.

Параметр *Уровень* використовується для тривимірних побудовань – задає рівень прямокутника над площиною XY по вісі Z.

Параметр *Высота* змінює товщину прямокутника по вісі Z. Застосовується, щоб імітувати 3-вимірний об'єкт – паралелепіпед. Насправді прямокутник залишається плоским об'єктом, він тільки виглядає як паралелепіпед.

Після введення координат першого кута можна вибрати й інші режими побудови прямокутників – за заданими розмірами або площиною, а також повернути прямокутник на заданий кут.

3.4. Побудова багатокутників

Багатокутник – це примітив, що є замкнутим контуром з ребрами рівної довжини. Допустима кількість сторін може бути від 3 до 1024.

У разі виклику команди МН-УГОЛ (POLYGON) потрібно вказати число сторін багатокутника, а потім його центр і способи його побудови:

вписати багатокутник у коло (вершини багатокутника стосуються кола) – режим **Вписаний** (задати радіус кола) (рис. 14а);

описати багатокутник біля кола (сторони багатокутника стосуються кола) – режим **Описаний** (задати радіус кола) (рис. 14б).

Багатокутник можна побудувати також за заданою стороною (режим **Сторона** (задати розмір сторони багатокутника).

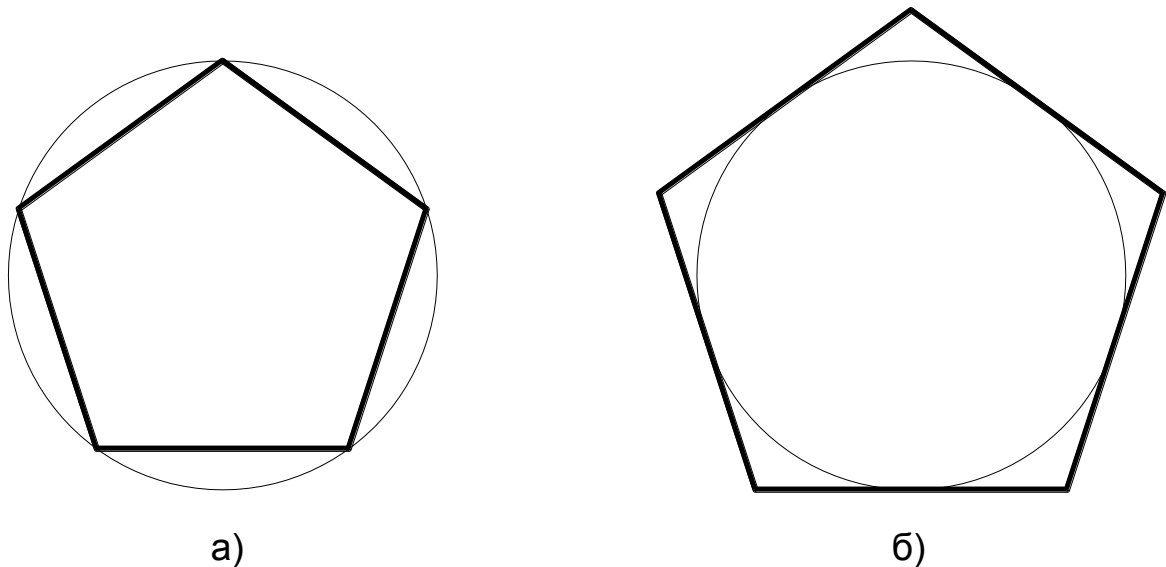


Рис. 14. Вписаний і описаний багатокутники

3.5. Побудова криволінійних об'єктів

3.5.1. Кола

Коло – це один з найпоширеніших об'єктів на кресленнях. Коло будується командою КРУГ (_CIRCLE). У AutoCAD передбачено 6 способів побудови кола:

1. За заданим центром і радіусом кола.
2. За заданим центром і діаметром кола.
3. За двома точками (2Т). Побудова кола за двома заданими точками, які лежать на кінцях діаметру.
4. За заданими трьома точками, які не лежать на одній прямій (3Т).

5. За двома точками – дотичними і заданим радіусом (*ККР – кас кас радиус*). Суть цього способу полягає в тому, що будується коло, дотичне до двох інших об'єктів, наприклад, до відрізка й іншого кола, які вже є на кресленні (рис. 15а). Спочатку необхідно задати будь-яку точку на першому об'єкті (відрізок) – з'явиться маркер *Затримана дотична*, далі поспідовно задати будь-яку точку на другому об'єкті (кола) – на ній також з'явиться маркер *Затримана дотична*.

Після запиту команди задати необхідний радіус кола і натиснути <Enter>.

Можна побудувати безліч кіл дотичних до двох об'єктів, і які будуть відрізнятися своїми радіусами (кола 1, 2, 3 на рис. 15а).

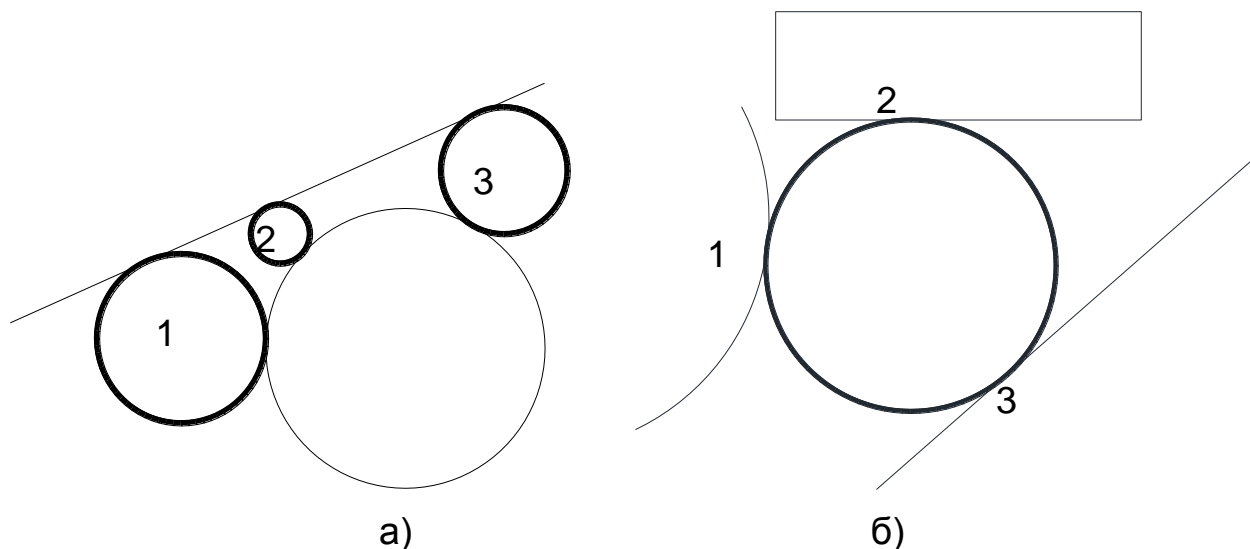


Рис. 15. Приклади побудови кіл способом ККР та трьома дотичними

6. За трьома дотичними. Аналогічний способу *3Т*, тільки заданим точками є точки дотику до вказаних об'єктів (рис. 15б). Тут також при вказівці об'єктів з'являється маркер *Затримана дотична*.

3.5.2. Дуги

Дуга будується командою *ДУГА (_ARC)*. Оскільки дуга є частиною кола, то для креслення дуги необхідно використовувати параметри як кола, так і дуги (рис. 16).

AutoCAD має в своєму розпорядженні широкий набір методів побудови дуги (рис. 17). Детально ці методи розглянуті в [9]. Розгляньте їх самостійно.

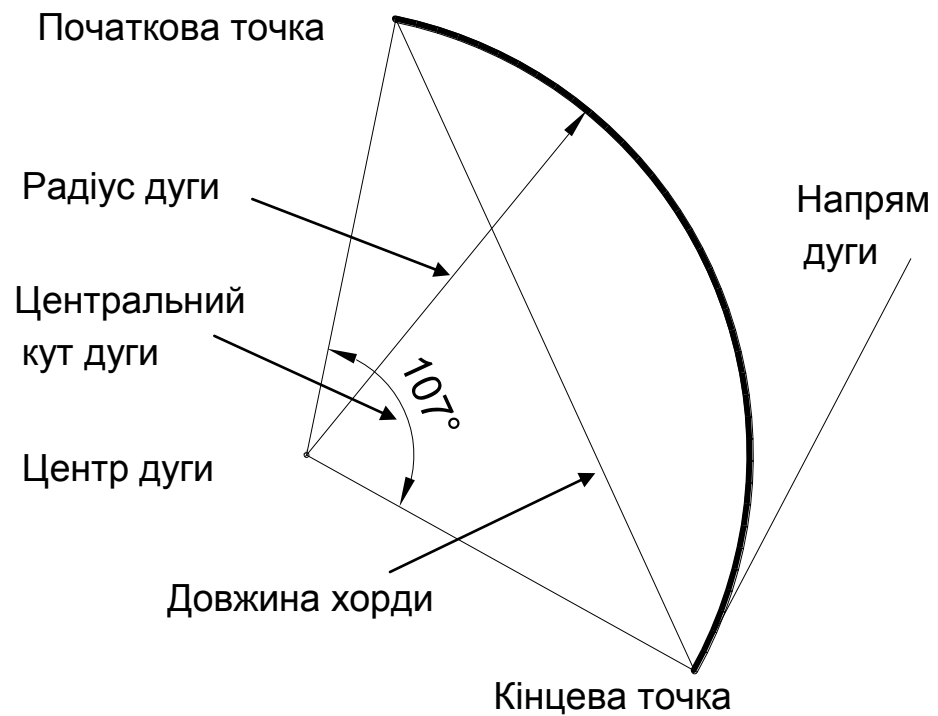


Рис. 16. Параметри дуги

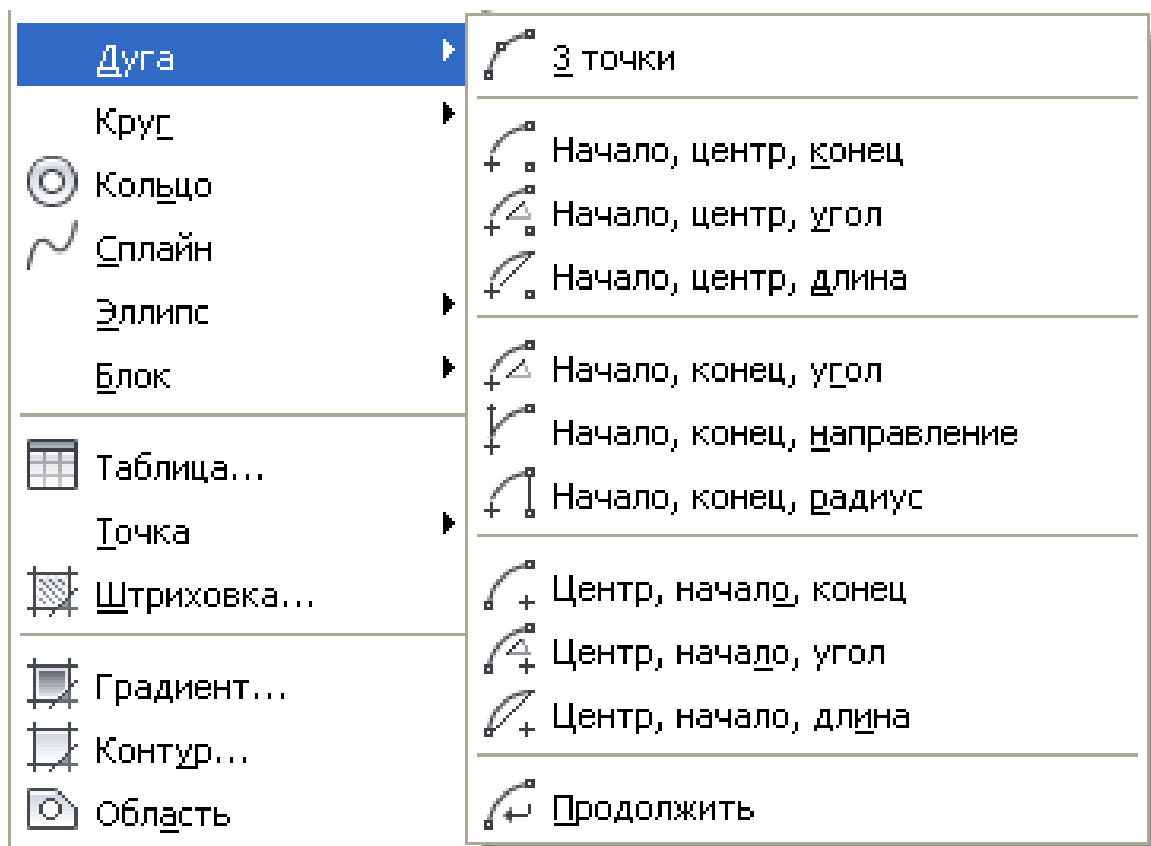


Рис. 17. Способи побудови дуг

3.5.3. Еліпси

Еліпс будується за командою ЕЛИПС (_ELLIPSE).

За замовчуванням побудова еліпсів здійснюється шляхом завдання двох кінцевих точок першої вісі і третьої точки, що визначає відстань від середини першої вісі до краю еліпса, що складає половину другої вісі (рис. 18). Перша вісь може бути проведена під будь-яким кутом до горизонталі.

Інший спосіб побудови еліпсів полягає в задаванні координат його центру і розмірів двох його напіввісей. Параметр *Поворот* задає відношення довжин осей еліпса шляхом повороту кола відносно першої осі. Чим більше кут повороту **A**, тим більше відношення малої осі до великої. Кути повороту із значеннями від 89,4 до 90,6 градусів є недопустимими, оскільки еліпс у цьому випадку виглядатиме як пряма лінія. Значення, кратні цим значенням кута повороту, приводять до дзеркального ефекту через кожних 90 градусів.

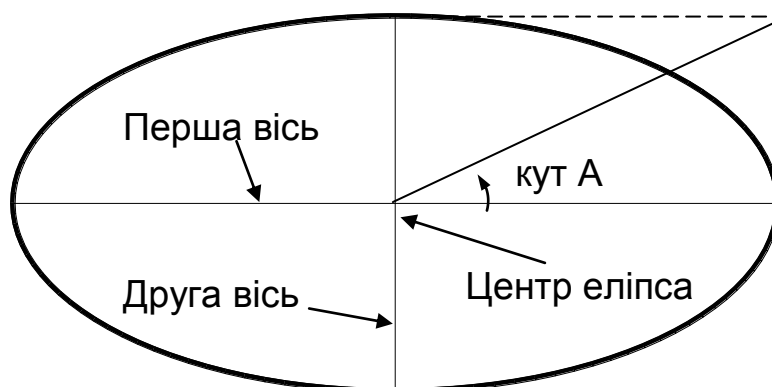


Рис. 18. Параметри побудови еліпса

3.5.4. Еліптична дуга

Будується за тією ж командою і такими ж правилами, як і еліпс. Додаткові параметри *Начальный угол* і *Конечный угол* завдають початкову та кінцеву точки еліптичної дуги.

3.5.5. Сплайни

Сплайн – гладка крива, що проходить через вказані точки. Може застосовуватися для апроксимації кривих, точна побудова яких вимагає великих трудовитрат. Наприклад, за допомогою сплайнів можуть бути побудовані складні лінії перетину тіл. У традиційному (паперовому) кресленні декілька вузлових точок (від 3 до 7) будуються точними методами (наприклад, методами накреслювальної геометрії), а для побудови усієї

кривої використовуються шаблони. На рис. 19а і 19б за заданими 5 точками за допомогою сплайна будується гіпербола і парабола. Сплайни також застосовуються для креслення кривих довільної форми, наприклад при проектуванні автомобілів.

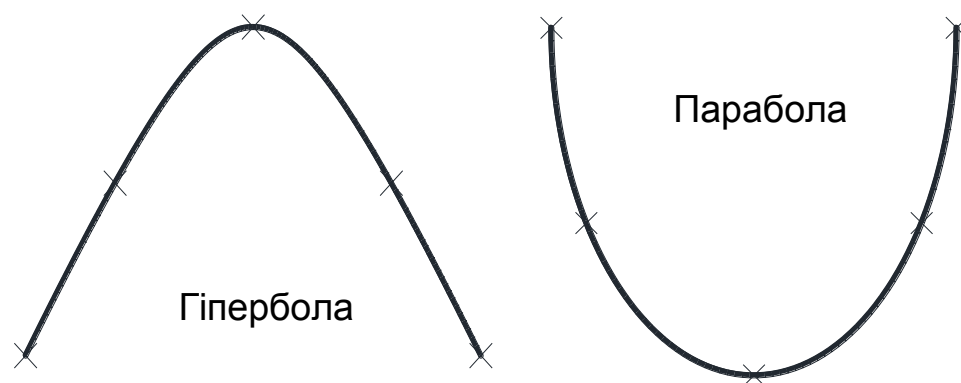


Рис. 19. Сплайни

Сплайн формується за командою СПЛАЙН (`_SPLINE`) вказівкою всіх точок, які необхідно згладити. Сплайн може бути замкнутим.

3.5.6. Полілінії

Полілінія є єдиним об'єктом, в якому комбінуються лінійні сегменти і дуги (рис. 20а). Полілінія може бути замкнутою і розімкнутою. Полілініями зручно користуватися для створення тривимірних об'єктів. Креслення полілінії здійснюється командою ПЛІНІЯ (`_PLINE`). Перемикання між дуговими і лінійними сегментами полілінії задаються відповідними параметрами (**Д** і **Л**).

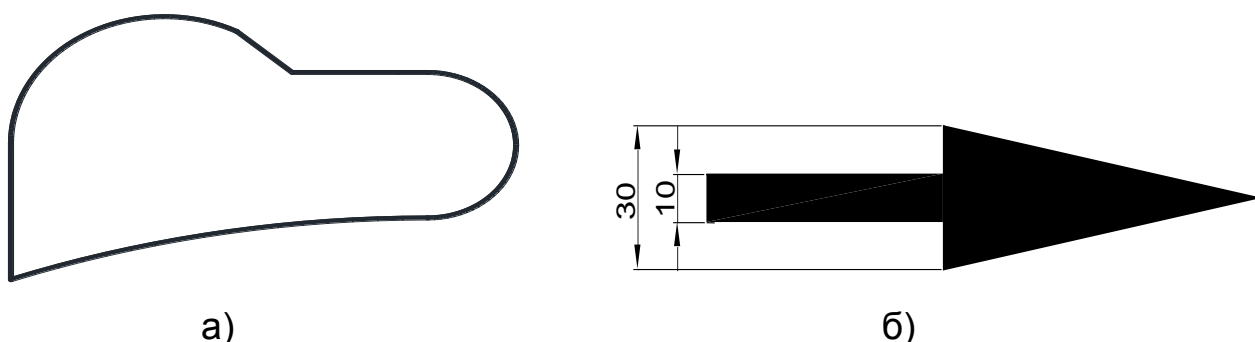


Рис. 20. Полілінії

З інших параметрів можна виділити **Полуширина** (*Halfwidth*). Задає напівширину полілінії, тобто відстань між центром полілінії і її кромкою. За допомогою цієї опції можна задавати незвичайні лінії (рис. 20б).

3.6. Штрихування

У AutoCAD є можливість завдання різних типів штрихувань (рис. 21). Штрихування характеризуються двома властивостями. По-перше, вони є блоками, тобто всі лінії, які знаходяться усередині області, є частинами єдиного об'єкта. По-друге, вони асоціативні, тобто при зміні форми об'єкта штрихування оновлюється і підганяється під нову форму даного об'єкта.

Для нанесення штрихування необхідно виконати команду ШТРИХОВКА (_HATCH). У діалоговому вікні *Штриховка і градиент* вибрати один з типів штрихування: *Стандартный*, *Из линий*, *Пользовательский*. При виборі типу штрихування в режимі *Стандартный* вид штрихування вибирається з палітри штрихування в полі *Образец*. При бажанні можна встановити кут нахилу штрихування і масштаб.

Після завдання типу штрихування необхідно перейти до виділення областей, які потрібно заштрихувати. Існує два способи виділення: вказати точки області штрихування, що знаходиться всередині, і вибрати об'єкт.

Після вибору типа і параметрів штрихування і виділення областей для штрихування підтвердити команду натисненням кнопки <ОК>.

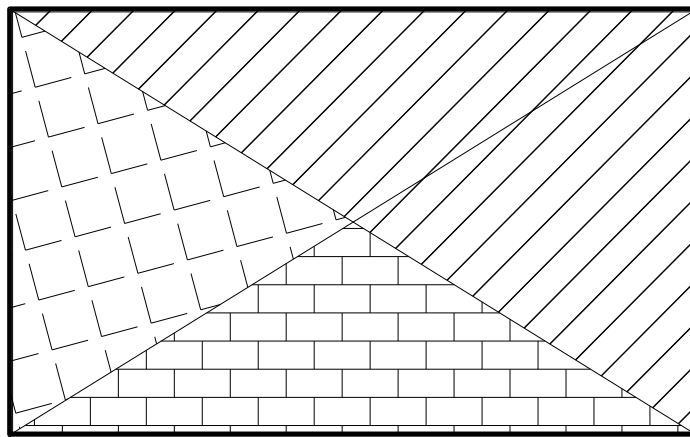


Рис. 21. Види штрихування

Питання для самодіагностики

1. Що є примітивом у системі AutoCAD?
2. Яку максимальну довжину відрізка можна встановити в AutoCADi?

3. Що визначає параметр *Фаска* для прямокутників? Чи може фаска бути різною для різних сторін прямокутника?
4. Для чого застосовуються полілінії?
5. Наведіть приклади застосування сплайнів.
6. Чи можна описати коло біля довільного чотирикутника, використовуючи тільки одну команду?
7. Чи можна вписати коло в нерівносторонній трикутник, використовуючи тільки одну команду?
8. Чи можна побудувати коло, що проходить через кінці відрізка?
9. Скільки кіл можна побудувати, які проходять а) через 2 точки; б) через 3 точки?
10. Скільки існує всього засобів побудови дуг?
11. Назвіть складові дуги, за якими вона може бути побудована.
12. Як зміниться форма дуги, якщо ввести від'ємне значення довжини хорди?
13. Як зробити дугу з кола?
14. Накресліть еліпс під кутом 60° .
15. Які типи штрихувань ви знаєте?
16. Чи можна штрихувати відразу декілька контурів за одну команду **Штриховка**?

4. Відстеження та прив'язка об'єктів

Ключові слова: прив'язка, полярне відстеження, об'єктне відстеження, опорні кути, ортогональність.

Основні питання

- 4.1. Крокова прив'язка й сітка.
- 4.2. Полярне відстеження.
- 4.3. Прив'язка до характерних точок об'єктів.
- 4.4. Об'єктне відстеження.

Щоб швидко і, головне, точно задавати і перевіряти координати точок на кресленні в AutoCAD застосовуються засоби прив'язки поточних координат до координат опорних точок. AutoCAD пропонує декілька способів виконання цієї операції:

прив'язка до прямокутної координатної сітки (крокова прив'язка);
полярне відстеження – прив'язка до ортогональних або заданих полярних кутів;

об'єктна прив'язка – прив'язка координат до різних точок вже створених об'єктів креслення;

об'єктне відстеження – розширює і доповнює можливості об'єктної прив'язки. У цьому режимі автоматично будуються лінії відстеження щодо характерних точок інших об'єктів, що дозволяє більш простими способами будувати об'єкти, що мають певну геометричну залежність від інших об'єктів.

4.1. Крокова прив'язка й сітка

При побудові різних об'єктів креслення часто застосовується прив'язка до прямокутної координатної сітки.

Регулювати параметри сітки можна на вкладці *Шаг і Сетка* діалогового вікна *Режимы рисования* (рис. 22), яке відкривається командою **Настройка** в контекстному меню кнопок управління режимами у рядку стану вікна AutoCAD – *Шаговая привязка, Отображение сетки, Полярное отслеживание, Объектная привязка, Объектное отслеживание*.

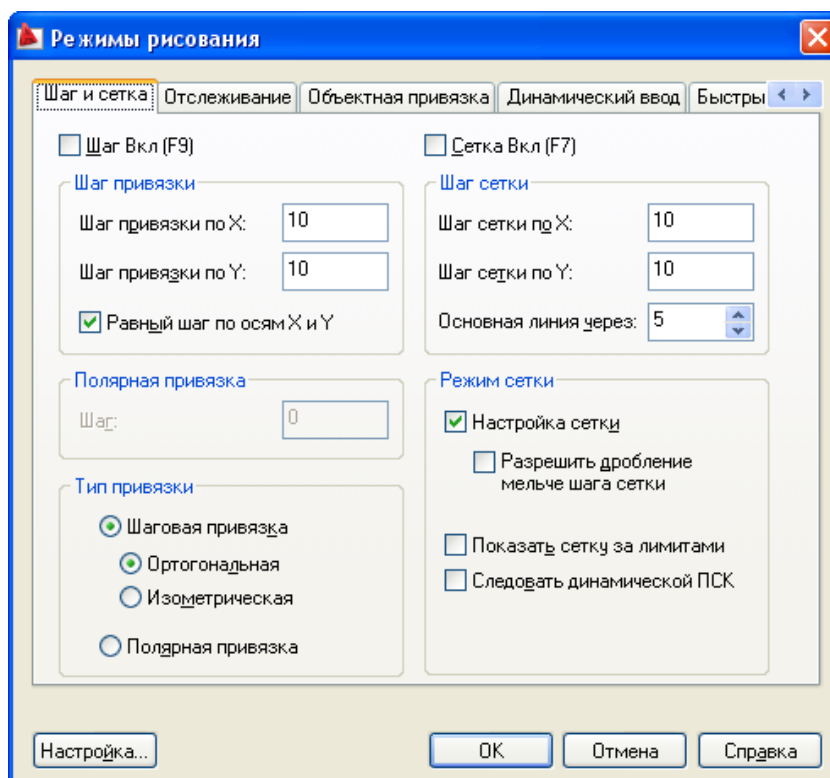


Рис. 22. Параметри сітки і прив'язки

Послідовність установки параметрів крокової прив'язки така.

У зоні *Тип привязки* вибрати режими *Шаговая привязка* і *Ортогональная привязка*. Далі слід ввести крок переміщення курсора по осях X і

У в полях *Шаг привязки по X* і *Шаг привязки по Y*. Наприклад, при заданні значення 30 буде створена невидима сітка, в якій графічний курсор може переміщатися по вузлах сітки, які відстоять по вертикалі і горизонталі на відстані 30.

Включити або вимкнути режим крокової прив'язки можна декількома способами:

встановивши або знявши прапорець в *Шаг Вкл* на вкладці *Шаг и сетка* діалогового вікна *Режимы рисования*;

натисненням клавіші <F9>;

клацанням на кнопці *Шаговая привязка* в рядку стану.

Приклад 1. Використовуючи режим крокової прив'язки (прив'язку до сітки), побудуємо прямокутник 100 x 75.

У вікні *Режимы рисования* на вкладці *Шаг и сетка* встановити крок прив'язки по X рівний 20, а по Y рівний 25.

Включити крокову прив'язку і відображення сітки. Для контролю побудови доцільно включити режим *Динамический ввод*.

Викликати команду **Отрезок**. Тепер при побудові прямокутника курсор як би прилипає до вузлів сітки (крокує) через 20 одиниць по X і 25 по Y, що дозволяє швидко і точно накреслити прямокутник.

4.2. Полярне відстеження

4.2.1. Задавання точок методом "напряма – відстань"

Одним з простих і зручних методів визначення положення точки на кресленні є безпосереднє введення довжини відрізка. Цей метод називається методом "*Напряма – відстань*". Координати вводяться комбінованим способом, при якому з клавіатури задається лише відстань від деякої точки відліку до створюваної точки, а кут AutoCAD визначає автоматично за напрямом, вказаним курсором. Переваги цього методу вигідно виявляються в режимі <ОРТО> і режимі відстеження полярних кутів. Лінії, спрямовані уздовж осі ординат, тобто під кутом 0, 90, 180, 270 градусів, називаються ортогональними. У AutoCAD є можливість встановити ортогональний режим, при якому система примусово проводить тільки ортогональні лінії побудови. Цей режим також впливає на переміщення елементів креслення по вертикалі або горизонталі. Включення режиму <ОРТО> здійснюється при натисненні кнопки <ОРТО> у рядку стану. Якщо при включеному режимі <ОРТО> здійснюється введення координат у

командному рядку з клавіатури, то таке введення має вищий пріоритет і сприймається системою AutoCAD незалежно від режиму <ОРТО>. Хід дій для побудови раніше побудованого прямокутника зі сторонами 100×70 при використанні методу "Напря́м – відста́нь" виглядатиме приблизно так.

Увімкнути режим <ОРТО>.

Вибрати піктограму *Відрізок* на панелі інструментів.

Ввести з клавіатури координати першої точки 0,50. Натиснути <Enter> (і надалі не забувати натискати її).

Для візуального стеження за зміною відносних полярних координат потрібно встановити режим відображення динамічних полярних координат (відстань від точки <кут>), клацнувши на лічильнику координат.

Помістити курсор праворуч від цієї точки і ввести довжину сторони 100.

Помістити курсор вгору від отриманої точки і ввести довжину сторони 70.

Помістити курсор ліворуч від точки і ввести довжину сторони 100.

Помістити курсор вниз від точки і ввести довжину сторони 70.

Відносні координати також використовуються при включеному Активному введенні (режим <ДИН>). Той же прямокутник у режимі <ОРТО> і <ДИН> можна накреслити набагато швидше, клацаючи мишею, досягаючи потрібних величин.

За необхідності в режим <ДИН> можна використати і абсолютні координати, ввівши перед 1 значенням префікс #.

4.2.2. Режим відстеження опорних полярних кутів

У режимі відстеження опорних полярних кутів користувач може прив'язатися в ході побудови елементів креслення до певних кутів, які називаються опорними. За замовчуванням системою опорними встановлені кути 0, 90, 180, 270 градусів.

Користувач за бажання може встановити інші значення кутів прив'язки. Для цього необхідно вибрати вкладку *Отслеживание* у вікні *Режимы рисования* (рис. 23), яке відкривається командою **Сервис-Режимы рисования** або ж командою **Настройка** в контекстному меню кнопки <ОТС-ПОЛЯР> рядку стану. У зоні *Полярные углы* можна розкрити список пропонованих значень кроку зміни кута (5,10,15,18,22.5,30, 45, 90) у градусах і вибрати зі списку або задати довільне значення кроку.

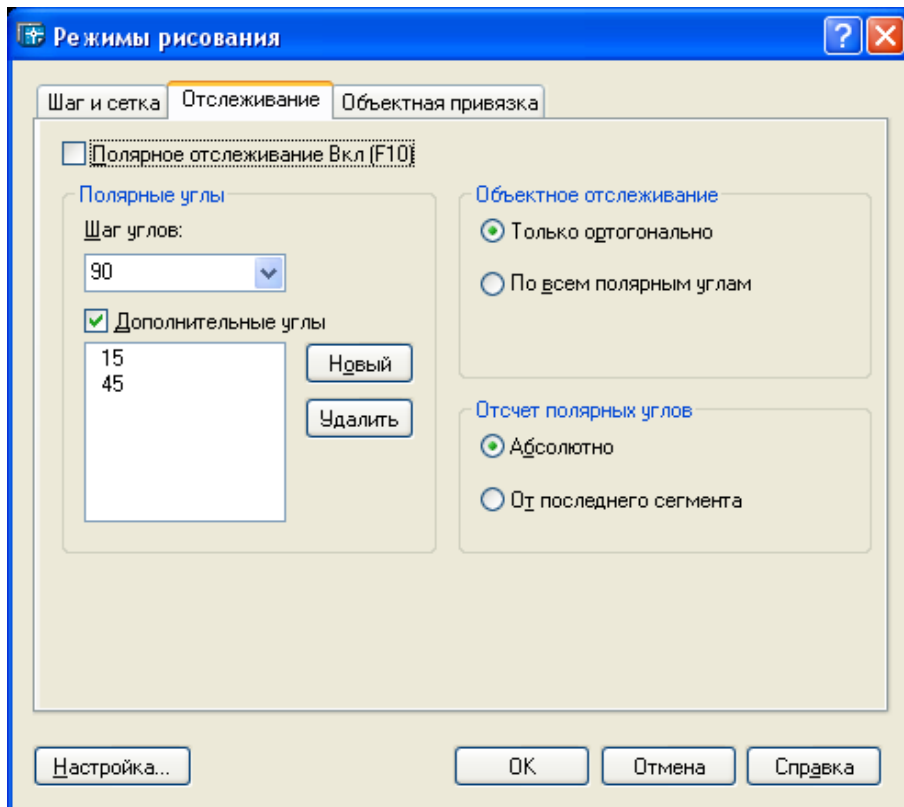


Рис. 23. Окно "Режимы рисования"

Окрім цього, є можливість задавати для прив'язки інші значення кутів. З цією метою встановити прапорець *Дополнительные углы* і натиснути кнопку *Новый*. Після цього можна задати в полі додаткових кутів значення кута (наприклад, 12) і натиснути кнопку <ОК>. Якщо додаткових кутів багато, то їх необхідно ввести по черзі.

Тепер полярні кути відзначатимуться на екрані лінією напряму з інтервалом, рівним вибраному кроку, а, крім того, лінією відзначатиметься і кут 12 градусів та інші, якщо вони введені.

У області *Объектное отслеживание* перемикач *Только ортогонально* здійснює прив'язку тільки до кутів 0, 90, 180, 270 градусів. Перемикач *По всем полярным углам* здійснює прив'язку до усіх кутів, заданих в параметрах полярного кута.

4.3. Прив'язка до характерних точок об'єктів

Часто нові об'єкти на кресленні повинні бути прив'язані до раніше викреслених об'єктів. Наприклад, новий відрізок повинен починатися з крайньої точки або з середини раніше викресленого відрізка. У AutoCAD є режим об'єктної прив'язки, яка дозволяє задавати нові точки щодо точок вже існуючих об'єктів. Це полегшує і прискорює процес графічних

побудов. Об'єктна прив'язка відстежується в AutoCAD у будь-який момент, коли та або інша команда запрошує в рядку введення команд, введення координат точки. Для вибору точки об'єктної прив'язки необхідно наблизити покажчик миші до передбачуваної точки прив'язки і клацнути у момент підсвічування відповідного маркера на об'єкті, який креслиться. Для кожної об'єктної прив'язки визначений свій вид маркера, що дозволяє візуально визначити, яка з прив'язок може бути використана.

Увімкнути або вимкнути режим постійної об'єктної прив'язки можна кнопкою *Объектная привязка* в рядку стану або натисненням клавіші <F3>.

Тип об'єктної прив'язки можна вибрати по-різному:

1. Підключити панель інструментів *Объектная привязка* і на ній вибрати потрібний тип прив'язки (рис. 24).




Рис. 24. Панель інструментів об'єктної прив'язки


2. Вибрати потрібну об'єктну прив'язку з контекстного меню, що викликається при сумісному натисненні правою кнопкою миші і <SHIFT>.


Встановлювати необхідні режими прив'язки можна на вкладці *Объектная привязка* діалогового вікна *Режими малювання* (рис. 20), яке відкривається командою **Настройка** в контекстному меню кнопок *Шаговая привязка*, *Отображение сетки*, *Полярное отслеживание*, *Объектная привязка*, *Объектное отслеживание*.

При включеному режимі прив'язки, AutoCAD під час наближення прицілу до точки прив'язки відображає в ній відповідний маркер і спливаючу підказку. Вибрати потрібну точку серед близько нанесених точок прив'язки різних об'єктів допоможе послідовне натиснення на клавішу <Tab>.


Розглянемо деякі режими об'єктної прив'язки програми AutoCAD.

Точка відстеження  створюється тимчасова точка, пов'язана з іншими точками креслення. Після вказівки тимчасової точки для неї включається режим відстеження (відстежуються всі кути, вказані в налаштуванні *Полярного відстеження*), і, вибравши потрібний напрям, можна вказати відстань від тимчасової точки і тим самим визначити потрібну точку. Можна також після вибору першої тимчасової точки і визначення опорного напрямку, вказати другу тимчасову точку, вибрати інший опорний напрям, і тоді точка ставиться на перетині двох опорних напрямів. Найчастіше використовуються ортогональні опорні напрямки.


Зсув  дозволяє встановити тимчасову базову точку для побудови наступних точок. Зазвичай режим зсуву використовується у поєднанні з іншими режимами об'єктної прив'язки і відносними координатами, оскільки досить часто потрібно визначити точку, у якої відомі координати щодо деякої точки вже намальованого об'єкта.


Кінцева точка . Прив'язка вмикається, коли приціл вибору підводиться до об'єкта (відрізку, дузі), ближче до того кінця, до якого необхідно виконати прив'язку.


Середина . Прив'язка до середини об'єкта.


Центр . Прив'язка до центру об'єкта (круг, еліпс і дуга). Для цього необхідно зловити прицілом межу відповідного об'єкта. У центрі об'єкта з'явиться хрестик, це і буде мітка центру.


Вузол . Прив'язка до об'єкта *Точка*.


Квадрант . Прив'язка проводиться до точки на об'єкті (кругу, еліпсі й дузі), яка утворюється при перетині об'єкта з найближчою лінією, паралельної осі координат.

Перетин . Прив'язка включається у тому випадку, коли під будь-яким кутом стикаються два об'єкти.

Продовження лінії . Встановити приціл у кінцеву точку об'єкта. Потім, переміщаючи курсор уздовж пунктиру, що виходить з вибраної крапки, клацанням миші вказати необхідну точку.

Нормаль . Прив'язка до точки об'єкта, яка лежить на нормалі, до іншого об'єкта або до його уявного продовження. Точка, яка знаходиться на об'єкті, є точкою, до якої можна побудувати перпендикуляр від попередньої точки.

Паралельно . Режим прив'язки, який дозволяє побудувати відрізок з указаної точки паралельно існуючому відрізку. Для цього необхідно після вибору команди **Отрезок** вказати початок відрізка, потім викликати режим *Паралельно*, захопити прицілом відрізок і після появи підтвердження "Паралельно", відвести покажчик миші у напрямі майбутнього відрізка до появи пунктирної лінії. Клацнути на пунктирній лінії в тому місці, де повинен знаходитися другий кінець відрізка.

Дотична . Прив'язка до точки на дузі, колі, еліпсі або сплайні, в якій пряма стосується вказаних об'єктів.

Нічого . Відміна всіх режимів об'єктної прив'язки.

Приклад 1. Задано коло. Використовуючи режим об'єктної прив'язки, побудувати відрізки 1, 2, 3, 4, як показано на рис. 25а.

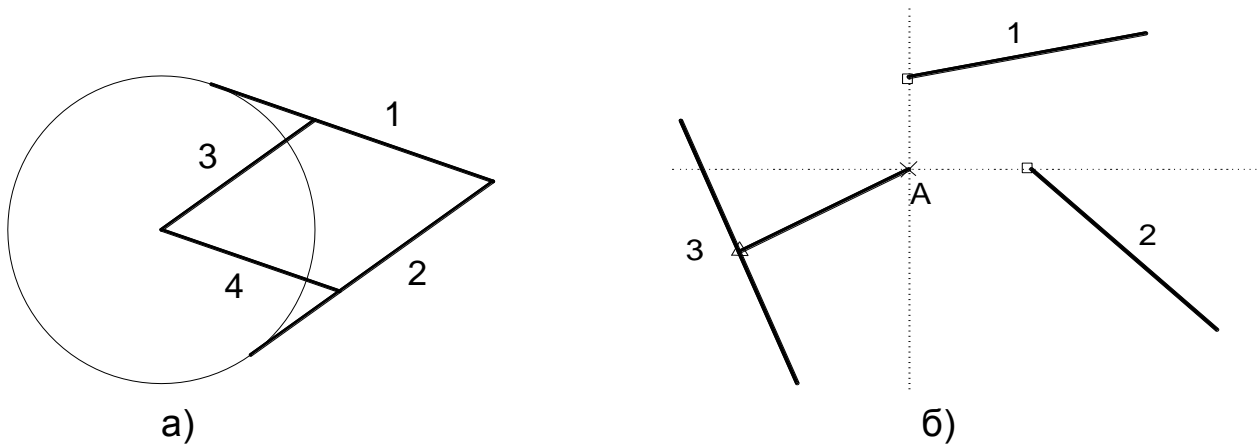


Рис. 25. Об'єкти, побудовані за допомогою об'єктної прив'язки

Порядок побудови такий.

Увімкнути режим *Об'єктна прив'язка*.

Набудувати об'єктну прив'язку – підключити режими *Конточка*, *Центр*, *Перетин*, *Дотична*.

Вибрати команду *ОТРЕЗОК*, підвести курсор до кола, дочекатися маркера прив'язки *Задержанная касательная* і встановити початок відрізка 1 в будь-якому місці на колі. Кінець відрізка встановити в будь-якому місці поза колом. Відрізок 2 почати з точки, що вийшла. Курсор підвести до кола, дочекатися маркера прив'язки *Дотична* і встановити кінець відрізка. Початок відрізка 3 встановити в центр кола (прив'язка *Центр*), підвести курсор до відрізка 2, дочекатися появи маркера *Паралельно*, "зловити" мишачу пунктирну паралельну лінію прив'язки і встановити кінець відрізка 3 на відрізку 2 (маркер прив'язки *Перетин*). Відрізок 4 будується паралельно відрізку 1 аналогічно відрізку 3.

Приклад 2. Використовуючи режими об'єктної прив'язки, побудувати відрізок від точки А, утвореною за допомогою координат кінців відрізків 1 і 2, до точки на середині відрізка 3 (рис. 25б).

Порядок побудови такий.

Увімкнути режим *Об'єктна прив'язка*.

Набудувати об'єктну прив'язку – підключити режими *Конточка*, *Середина*.

Вибрати команду *Отрезок*, вибрати об'єктну прив'язку *Точка отслеживания* підвести мишу по черзі до лівих кінців відрізків 1 і 2, дочекатися маркерів *Конточка* і відзначити їх. Потім підвести мишу в область

точки **A** (рис. 25а) і на перетині горизонтальною і вертикальною опорних ліній (воно буде відмічено хрестиком) встановити початок відрізка. Далі другий кінець відрізка встановити на середині відрізка 3.

Приклад 3. Використовуючи режими об'єктної прив'язки, побудувати відрізок 2, кінець **A** якого відстоїть від кінця відрізка 1 на 50 мм під кутом 60 градусів, а кінець **B** відстоїть від середини відрізка на 50 мм під кутом (-60) градусів (рис. 26).

Включити і встановити режими об'єктної прив'язки *Конечная точка і Середина*.

Для побудови точки **A** викликати команду **Отрезок**. Вибрати прив'язку *Сдвиг*. Вказати як базової ліву кінцеву точку відрізка 1 і ввести @50<60.

Для побудови точки **B** вибрати прив'язку *Сдвиг*, вказати середину відрізка 1 і ввести @50<-60.

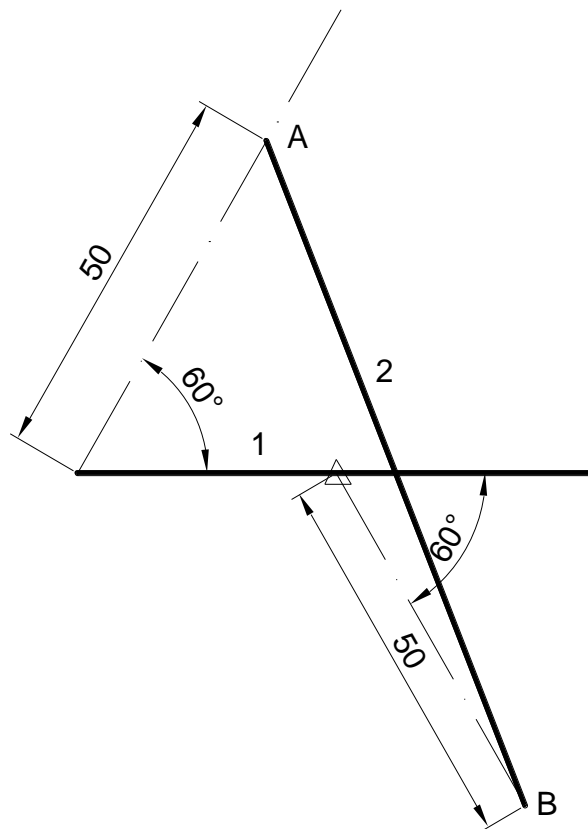


Рис. 26. Побудова відрізків за допомогою об'єктної прив'язки

4.4. Об'єктне відстеження

Режим об'єктного відстеження дозволяє створювати нові об'єкти, розташовані в заданій позиції відносно вже наявних об'єктів. При використанні відстеження об'єктної прив'язки практично відпадає необхід-

ність у допоміжних побудовах, оскільки нові точки задаються в інтерактивному режимі, виходячи з розташування вибраних об'єктів.

Щоб включити режим відстеження об'єктної прив'язки, необхідно натиснути кнопки *Объектная привязка* і *Объектное отслеживание* в рядку стану. Налаштування відстеження об'єктної прив'язки виконується в діалоговому вікні *Режимы рисования* на вкладці *Отслеживание*.

На рис. 27а показано, як за допомогою режиму об'єктного відстеження об'єктної прив'язки поставити точку в середині прямокутника. Для цього необхідно по черзі підвести покажчик миші до середин відрізків і при появі маркерів прив'язки до середини відрізка, злегка зрушити мишу вниз з горизонтального відрізка і вліво з вертикального. На кресленні з'являться дві опорні лінії з точкою перетину.

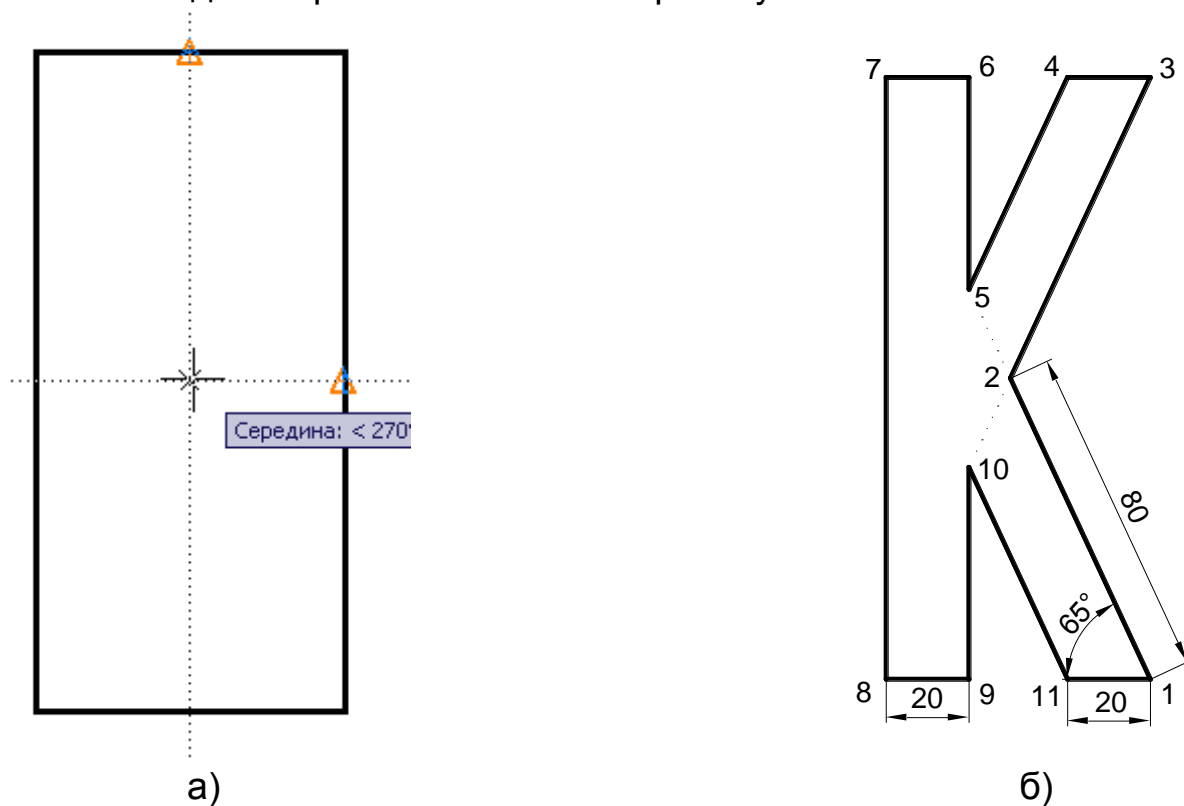


Рис. 27. Об'єкти, побудовані за допомогою об'єктного відстеження

Приклад 4. Використовуючи режими відстеження і об'єктної прив'язки, вирішити завдання, що і в *прикладі 3*. Спочатку потрібно увімкнути режими *Объектная привязка* і *Объектное отслеживание*.

Для визначення точки початку відрізка (точка **A**) необхідно по черзі підвести покажчик миші до кінцевих точок відрізків 1 і 2 і при появі маркерів прив'язки до кінцевих точок, злегка зрушити мишу вниз (для відрізка 1) і вліво (для відрізка 2). На кресленні з'являться дві опорні лінії, з точкою перетину. Кінець відрізка "зловити" на середині відрізка 3.

Самостійно вирішити завдання побудови відрізків (приклад 2, рис. 22б), використовуючи об'єктне відстеження.

Приклад 5. Використовуючи режими відстеження і об'єктної прив'язки, накреслити букву **К**, як вказано на рис. 24б. При кресленні використовувати тільки одну полілінію і не застосовувати ніяких додаткових побудов.

Встановити режими *Объектная привязка* і *Объектное Отслеживание*. На вкладці *Отслеживание* вікна *Режимы рисования* (рис. 15) встановити необхідні додаткові кути відстеження (65° , 115° , 245° , 295°).

Побудова об'єкта починається, наприклад, з точки 1 (т. 1).

Вибрати команду ПЛИНИЯ і встановити почало полилинии в т. 1.

1. "Зловити" опорний кут 115° і ввести 80 (т. 2).

2. "Зловити" кут 65° і ввести 80 (т. 3).

3. "Зловити" кут 180° і ввести 20 (т. 4).

4. "Зловити" кут 245° , встановити курсор в т. 1 і "зловити" кут 115° .

На перетині опорних ліній 245° і 115° ввести т. 5.

5. "Зловити" кут 90° , встановити курсор в т. 4 і "зловити" кут 180° .

На перетині опорних ліній 90° і 180° ввести т. 6.

6. "Зловити" кут 180° і ввести 20 (т. 7).

7. "Зловити" кут 270° , встановити курсор в т. 1 і "зловити" кут 180° .

На перетині опорних ліній 270° і 180° ввести т. 8.

8. "Зловити" кут 0° і ввести 20 (т. 9).

9. "Зловити" кут 90° , встановити курсор в т. 2 і "зловити" кут 245° .

На перетині опорних ліній 90° і 245° ввести т. 10.

10. "Зловити" кут 295° , встановити курсор в т. 1 і "зловити" кут 180° .

На перетині опорних ліній 295° і 180° ввести т. 11.

11. З'єднати з т. 1. Фігура побудована.

Питання для самодіагностики

1. Чи буде працювати крокова прив'язка без увімкнення сітки?
2. Як ви гадаєте, крокова прив'язки і крок сітки повинні співпадати?
3. Чи правильне твердження "Точка відстеження" дозволяє відстежувати відносні координати точки?
4. Назвіть всі способи включення режиму об'єктної прив'язки.

5. Чи правильне твердження "Прив'язка Зсув" дозволяє прив'язатися до точки, яка відстоює від існуючої точки на деякій відстані в заданому напрямі?

6. Чи можна використовувати прив'язку *Перпендикуляр* до дугових об'єктів?

7. Як правильно будувати перпендикуляр – від точки до прямої або від прямої до точки?

8. Чи можна використовувати прив'язку *Паралельно* до дугових об'єктів?

9. Назвіть способи вибору типу об'єктної прив'язки.

10. Від якого напрямку відлічується кут при *Абсолютному* полярному відстеженні?

11. Як встановити дробові кути при полярному відстеженні?

12. Від якого напрямку відлічується кут при *Відносному* полярному відстеженні?

13. Для чого застосовується об'єктне відстеження?

14. Накресліть коло з центром, який співпадає з центром прямокутника без додаткових побудовань.

15. Наведіть свій приклад використання об'єктного відстеження.

Розділ 2. Методи побудови складних двовимірних і тривимірних графічних об'єктів

5. Методи редагування простих та складних об'єктів

Ключові слова: рамка, січна рамка, базова точка, масив, фаска, сполучення, ручки.

Основні питання

5.1. Методи вибору та виділення об'єктів.

5.2. Копіювання і переміщення об'єктів, масиви об'єктів.

5.3. Дзеркальне відбиття об'єктів. Подібність об'єктів. Обертання об'єктів.

5.4. Редагування форми та розмірів об'єктів.

5.5. Редагування за допомогою ручок.

Програма AUTOCAD дозволяє не тільки креслити об'єкти, але і редагувати вже накреслені об'єкти.

У AutoCAD є дуже багато засобів редагування креслень, представлене командами меню **Правка**, **Редактировать** і кнопками спеціальної панелі інструментів *Редактирование*. Панель містить такі кнопки: *Стереть*, *Копировать*, *Зеркальное отражение*, *Подобие*, *Массив*, *Переместить*, *Повернуть*, *Масштаб*, *Растянуть*, *Обрезать*, *Удлинить*, *Разорвать в точке*, *Разорвать*, *Фаска*, *Сопряжение*, *Расчленить* (кнопки перераховані у тому порядку, як на рис. 28).



Рис. 28. Панель інструментів *Редактирование*

Далі розглядаються приклади реалізації деяких операцій, що виконуються цими кнопками.

5.1. Методи вибору та виділення об'єктів

Усі операції редагування починаються з вибору об'єктів. Об'єкти можна *виділити* мишею або *вибрати* за запитом *Выберите объекты* після початку редагування.

Вибрати об'єкти можна також по команді **ВЫБРАТЬ** (`_SELECT`).

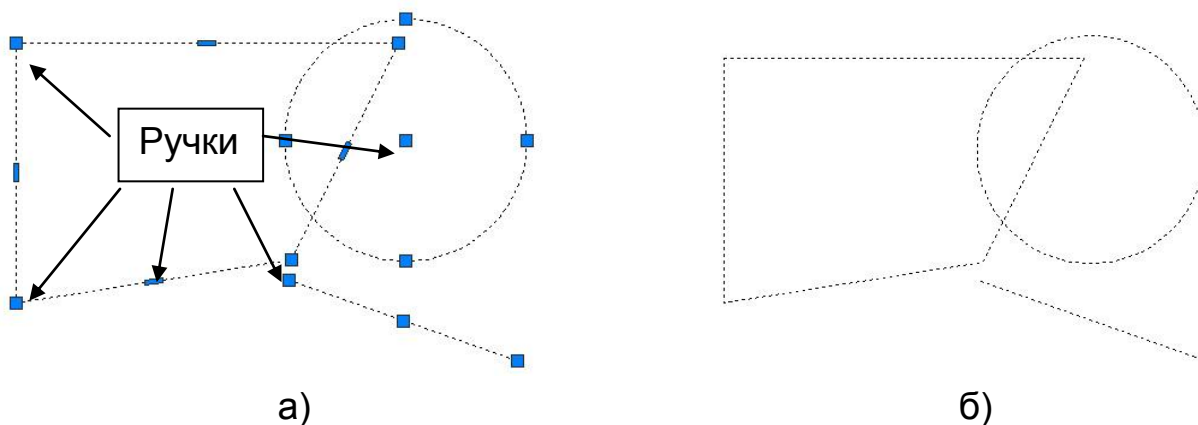


Рис. 29. Виділені (а) і вибрані (б) об'єкти

Виділені і вибрані об'єкти відображаються пунктирними лініями, у виділених об'єктів, крім того, в характерних крапках з'являються *ручки* – невеликі сині квадратики і прямокутники (рис. 29а). За допомогою ручок можна також проводити основні операції редагування.

Іноді буває складно вибрати об'єкти, що знаходяться близько один біля одного або які лежать зверху іншого об'єкта. Щоб циклічно перемикатися між об'єктами для вибору, потрібно підвести мишу на це місце,

натиснути і утримувати клавішу <Shift>. Послідовним натисненням клавіші <Пробел> висвітити потрібний об'єкт і підтвердити клацанням миші. Для вибору можна також використовувати послідовні клацання миші, при натиснутих клавішах <Shift> і < Пробел >.

Відмінити виділення окремих об'єктів можна клацанням миші з натиснутою клавішею < Shift>.

Вибирати і виділяти об'єкти за допомогою миші поодиноці або відразу декілька об'єктів допомогою різних методів вибору.

Існує декілька різних способів вибору об'єктів для роботи. Варіанти вибору об'єктів включають *Рамка (Window)*, *Секущая рамка (Crossing)*, *Многоугольная рамка (Window Polygon)*, *Секущий многоугольник (Crossing Polygon) (CP)*, *Линия выбора (Fence)*, *Предыдущий (Previous)*, *Последний (Last)*, *Единственный (Single)* і *Все (All)*. Модифікатори режимів вибору включають *Добавить (Add)*, *Удалить (Remove)* и *Отменить (Undo)*.

Розглянемо найбільш часто використовувані методи вибору об'єктів.

Режим *Рамка (Window)* для вибору об'єктів дозволяє вибирати всі об'єкти, що повністю знаходяться в прямокутній рамці. Охоплююча суцільна рамка формується переміщенням покажчика **зліва-направо** від першої точки. Поле рамки залите напівпрозорим *синім кольором*.

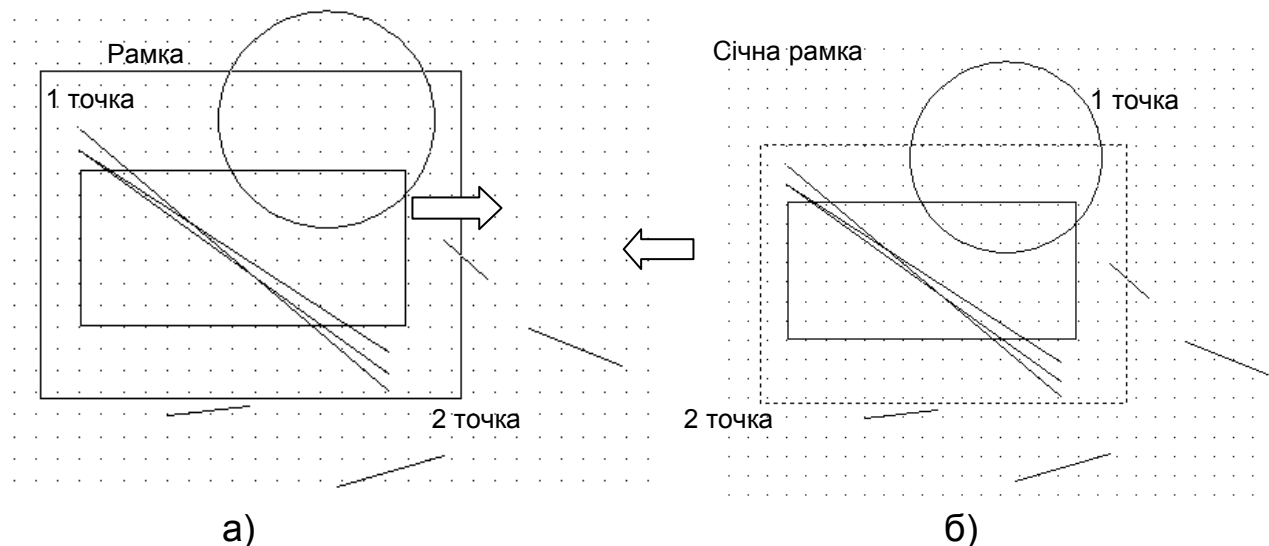


Рис. 30. Вибір рамкою (а) і січною рамкою (б)

Якщо об'єкт не повністю знаходиться усередині прямокутної області, то цей об'єкт *не включається* в набір вибору. На рис. 30а в набір вибору будуть включені тільки 3 довгих відрізка і прямокутник. Коло і корот-

кий відрізок будуть не вибрано, оскільки частина кола і короткого відрізка знаходяться за межами прямокутної області з суцільними *межами*.

Режим *Секущая (січна) рамка (Crossing)* дозволяє вибирати всі об'єкти, які перетинаються рамкою, і об'єкти, які повністю знаходяться усередині рамки. Перетинаючий прямокутник з *пунктирними межами* формується переміщенням покажчика **ліворуч від** першої точки (рис. 30б). Поле рамки залите напівпрозорим *зеленим кольором*.

Режим *Многоугольная Рамка (Window Polygon)* схожий на режим *Рамка*, проте він дозволяє формувати область у вигляді багатокутника послідовною вказівкою крапок біля об'єктів, які необхідно вибрати. Багатокутник може мати будь-яку форму, але його сторони не можуть перетинатися між собою. Будуть вибрані тільки ті об'єкти, які повністю знаходяться усередині заданого багатокутника.

Щоб вибрати режим цей, у відповідь на запрошення *Выберите объекты* ввести команду РМн-кут (`_WP`).

Секущий (Січний) многоугольник (Crossing Polygon) схожий на режим *Многоугольная Рамка*, проте вибираються всі об'єкти, що знаходяться усередині багатокутника або перетинаються їм.

Щоб вибрати режим цей, у відповідь на запрошення *Выберите объекты* ввести команду СМн-кут (`_CP`).

Інші способи вибору об'єктів розгляньте самостійно.

5.2. Копіювання і переміщення об'єктів, масиви об'єктів

5.2.1. Копіювання і переміщення

Ці операції (команди КОПИРОВАТЬ, ПЕРЕНЕСТИ) відрізняються лише тим, що при переміщенні об'єкт переміщується на нове місце, а при копіюванні залишається і новий, і старий об'єкт, крім того, можна створити декілька копій, оскільки операція копіювання триває до її відміни.

Після вибору об'єктів при копіюванні і переміщенні потрібно вказати базову точку (що не обов'язково належить об'єкту), відносно якої відбудеться копіювання (переміщення).

5.2.2. Розмноження об'єктів у вигляді масиву

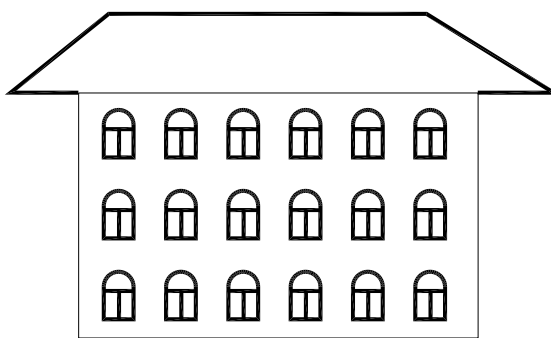
Команда МАССИВ (`_ARRAY`) рівномірно розмножує вибрані об'єкти і розташовує все у формі прямокутного масиву, кругового масиву або масиву за заданою траєкторією на площині або 3D просторі (рис. 31).

Вибір типу масиву і параметрів взаємного розташування об'єктів визначаються у вікні *Массив*.

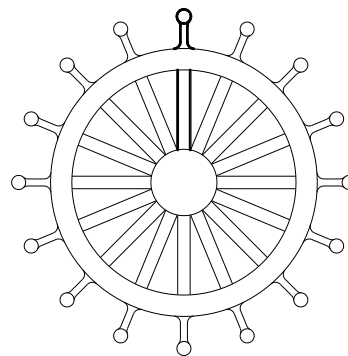
Для *прямокутного масиву* (команда `_ARRAYRECT`) можна задати число рядків, стовпців, а також рівнів масиву, відстань між рядками і стовпцями, а також кут повороту масиву об'єктів відносно траєкторії.

Для *кругового масиву* (команда `_ARRAYPOLAR`) визначається кількість об'єктів, центр, навколо якого вони розташовуватимуться, кут заповнення, спосіб заповнення масиву – з поворотом об'єктів або без повороту.

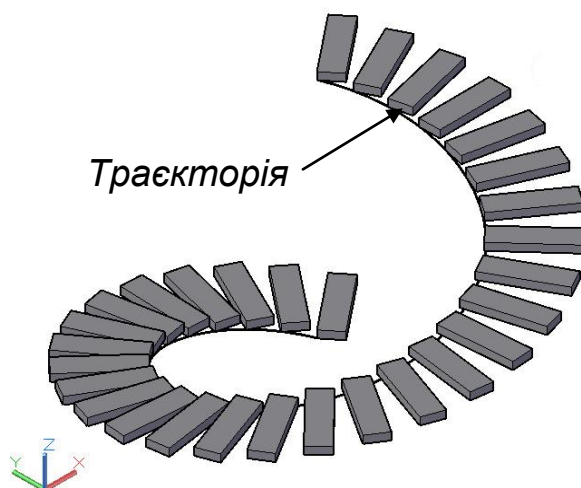
Для масиву *за траєкторією* (команда `_ARRAYPATH`) обирається довільна (2D або 3D траєкторія), визначається кількість об'єктів, відстань між ними, а також орієнтацію об'єктів.



Прямокутний



Круговий



За траєкторією

Рис. 31. Массиви

Важливо! Слід пам'ятати, що всі елементи масиву сприймаються як єдиний об'єкт – масив. Щоб можна було діяти з кожним елементом масиву окремо, слід розділити масив на окремі елементи за командою `РАСЧЛЕНИТЬ`. За даною командою можна також розділити й інші об'єкти, включаючи блоки, полілінії та області.

5.3. Дзеркальне відбиття об'єктів. Подібність об'єктів. Обертання об'єктів

5.3.1. Дзеркальне відбиття об'єктів

У багатьох кресленнях присутні симетричні об'єкти. Часто буває зручно створювати половину або навіть чверть креслення об'єкта, а частину, якої бракує, формувати шляхом дзеркального відображення викресленого фрагмента (рис. 32).

Після вибору об'єктів за командою ЗЕРКАЛО необхідно вказати координати точок осі віддзеркалення і чи потрібно видаляти старі об'єкти після віддзеркалення.

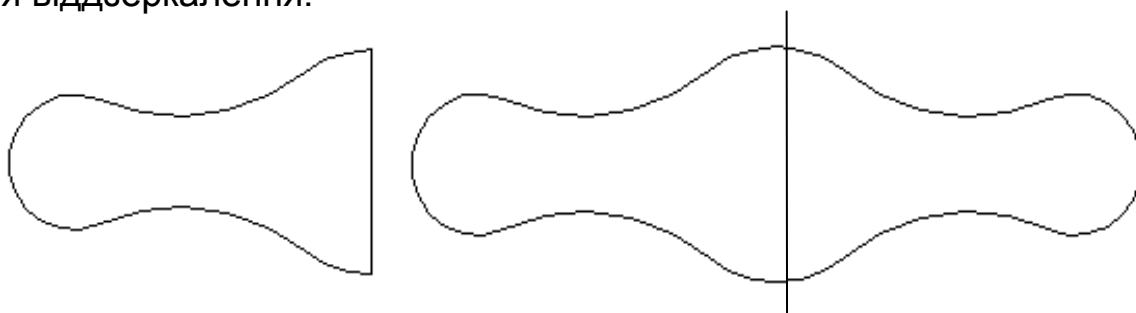


Рис. 32. Використання команди *Дзеркальне відбиття*

5.3.2. Створення подібних об'єктів

Команда ПОДОБИЕ призначена для викреслювання прямолінійних і криволінійних відрізків, зміщених по нормалі на фіксовану відстань від заданих. Це дозволяє проектувати еквідистантні об'єкти. При застосуванні такої команди потрібно вказати відстань, через яку буде побудований подібний об'єкт, вибрати об'єкт, з якого будуватиметься подібний до нього об'єкт і вказати сторону, де він будуватиметься (рис. 33).

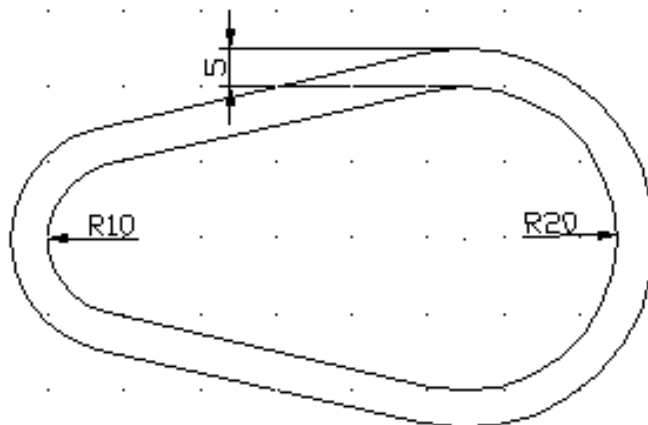


Рис. 33. Подібність

5.3.3. Обертання об'єктів

Команда ПОВЕРНУТЬ (_ROTATE) змінює орієнтацію існуючих об'єктів, повертаючи їх навколо вказаної точки, що називається базовою точкою. За замовчуванням позитивне значення кута повертає об'єкт у напрямі проти годинникової стрілки, а негативне значення кута повертає об'єкт у напрямі за годинниковою стрілкою.

Базова точка може знаходитися у будь-якому місці малюнка. Кут повороту визначає, на скільки градусів об'єкт буде повернений навколо базової точки. На рис. 34 наведений приклад повороту вибраних прямокутників на кут 270° відносно базової точки.

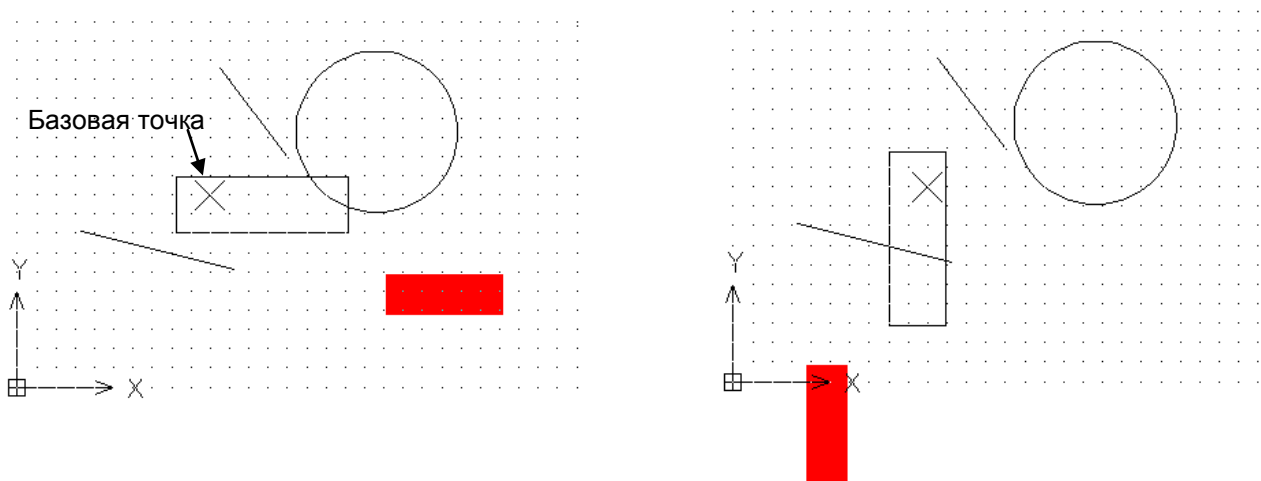


Рис. 34. Використання команди ПОВЕРНУТЬ

Обертання з використанням відносного кута

Часто необхідно випрямити об'єкт або вирівняти його з іншими елементами креслення, наприклад, прямокутник на рис. 35 необхідно повернути так, щоб нижня його сторона стала паралельно відрізку.

Для цього при виконанні команди ПОВЕРНУТЬ після вказівки базової точки необхідно вибрати параметр *Опорный угол*. Опорний кут визначається початковою орієнтацією (кутом повороту) прямокутника вказівкою двох точок, наприклад, перша точка – це базова точка, а друга – права нижня вершина прямокутника. Потім визначається новий кут, що визначає кінцеву орієнтацію прямокутника, – вибирається параметр *2Т* і вказується початкова точка відрізка і його кінцева точка. Програма AutoCAD автоматично обчислить кут повороту і відповідним чином поверне об'єкт. Якщо новий кут встановити рівний нулю, то початковий об'єкт займе горизонтальне положення.

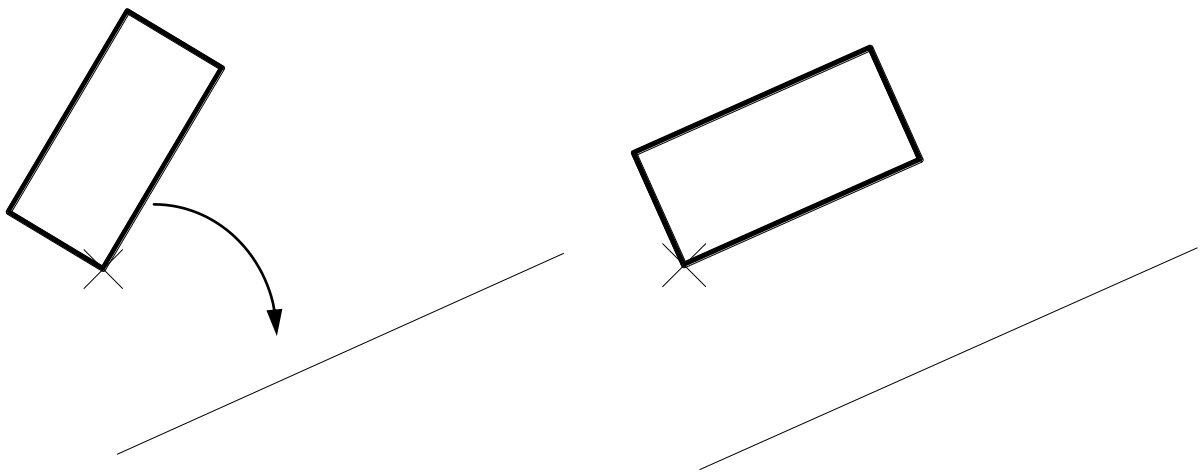


Рис. 35. Використання опорного кута

5.4. Редагування форми та розмірів об'єктів

5.4.1. Обрізання і подовження ліній

Команди ОБРЕЗАТЬ і ПРОДОЛЖИТЬ дуже схожі. Вони дозволяють обрізати об'єкт (об'єкти) за допомогою інших об'єктів, що перетинають його або подовжити його до потрібного об'єкта (рис. 36).

Спочатку потрібно вказати ріжучі кромки (об'єкт, за яким потрібно обрізати або подовжити об'єкт, що редагується), а потім вказати сам об'єкт, що обрізається (продовжується), з тих боків, де його необхідно обрізати.

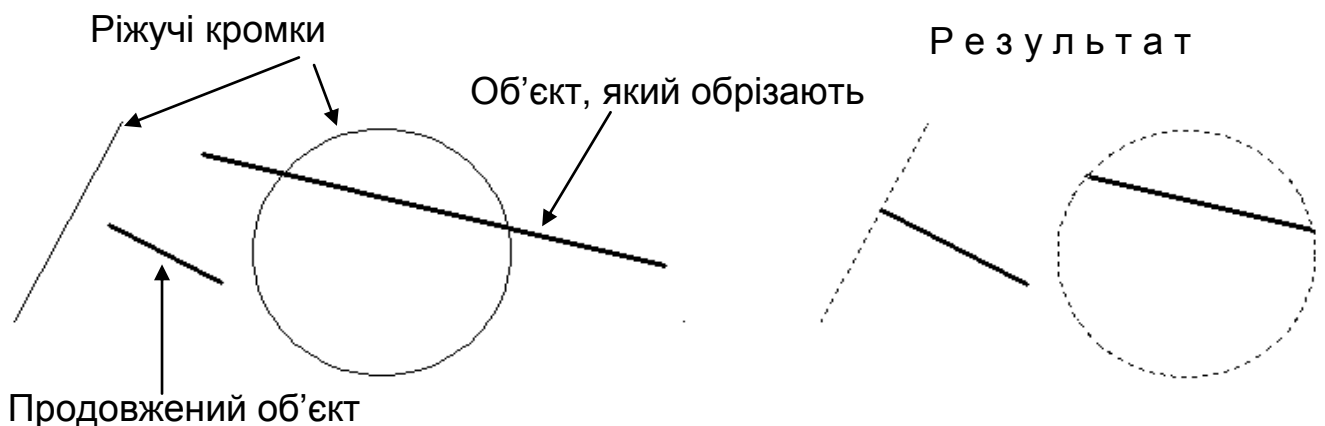


Рис. 36. Обрізання та подовження об'єктів

5.4.2. Створення фасок і сполучень

Команда ФАСКА (_CHAMFER) виконує операцію підрізування двох непаралельних прямолінійних об'єктів на заданих відстанях від точки їх

перетину (зняття фаски), будуючи при цьому новий відрізок, що сполучає точки підрізування. Команда виконується як над пересічними, так і над непересічними, відрізками (при цьому відрізки спочатку подовжуються до перетину).

Команда СОПРЯЖЕНИЕ (_FILLET) використовується для створення сполучень об'єктів (наприклад, відрізків, дуг і кіл) дугою заданого радіусу. Команда за своїми режимами аналогічна команді ФАСКА (_CHAMFER).

Важливо! При використанні сполучення не забудьте задати радіус сполучення. Прийом *Сопряжение* дуже часто використовується під час креслення різних деталей.

5.4.3. Масштабування об'єктів

Команда МАСШТАБ(_SCALE) дозволяє змінити розмір вибраних об'єктів одночасно по осях X, Y, Z відповідно до коефіцієнта масштабування. Коефіцієнт масштабування множить розміри вибраних об'єктів на вказаний масштаб. Значення коефіцієнта масштабування більше 1 збільшує об'єкти, значення менше 1 – зменшує.

Базова точка може знаходитися у будь-якому місці малюнка. Якщо вибрана базова точка знаходиться на вибраному об'єкті, вона стає точкою прив'язки для масштабування.

5.4.4. Розтягування об'єктів

Команда РАСТЯНУТЬ (_STRETCH) призначена для зміни форми об'єкта методом розтягування.

Команда зазвичай виконується над полілінією (хоча вона може розтягувати і дуги, еліптичні дуги, сплайни й інші лінійні примітиви), коли потрібно перемістити декілька її вершин паралельно вектору, що задається двома точками, а інші вершини полілінії потрібно залишити на місці і таким чином перетворити геометрію об'єкта.

Важливо! Вершини, які необхідно переміщати, вибираються січною рамкою або січним багатокутником.

Після вибору вершин вказується базова точка і кінцева точка розтягування (визначається вектор переміщення вершин).

У результаті виконання команди вершини полілінії, що не потрапили в рамку, залишаються на старих місцях, а вершини, вибрані січною рамкою, переміщуються паралельно заданому вектору.

5.5. Редагування за допомогою ручок

Вибрані об'єкти можна швидко відредагувати за допомогою ручок – маленьких квадратиків, які висвічуються у визначальних точках вибраних об'єктів (рис. 37). Параметри ручок встановлюються на вкладці *Вибір* діалогового вікна *Настройка* (п. 2.2).

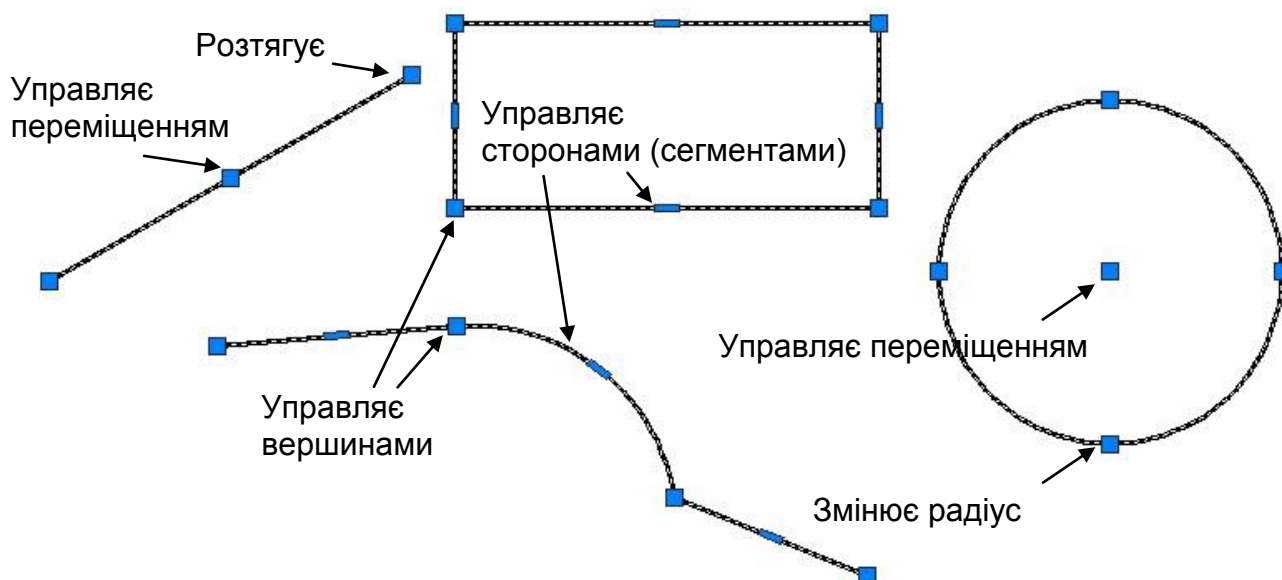


Рис. 37. Приклади примітивів з ручками

При роботі з ручками вибір об'єктів здійснюється до редагування, а маніпуляції з ними виконуються за допомогою покажчика миші або ключових слів. Деякі ручки (показані на рис. 37) дозволяють безпосередньо впливати на об'єкт.

При наведенні миші на ручку її колір змінюється на ненасичений червоний, і біля неї з'являється список можливих операцій редагування. При виборі ручки колір ручки міняється на насичений червоний, вона стає базовою, і тепер можна вибрати один з режимів редагування:

МАСШТАБ
ЗЕРКАЛО
РАСТЯГИВАНІЕ
ПЕРЕНЕСТИ
ПОВОРОТ

Перемикання режимів здійснюється циклічно, послідовним натисненням клавіші <Пробел> чи <Enter>. Операцію копіювання можна вибрати в списках режимів будь-якої з цих команд. Щоб вийти з режиму роботи з ручками, необхідно натиснути клавішу <Esc>.

Найбільш зручний спосіб вибору режиму редагування за допомогою ручок – використання контекстного меню ручки (рис. 38). Режим копіювання можна вибрати з контекстного меню – пункт *Копировать*. Режим багатократного копіювання залишається активним до того часу, поки не буде вибраний інший поточний режим ручок або натиснута клавіша <Enter> для завершення операції.

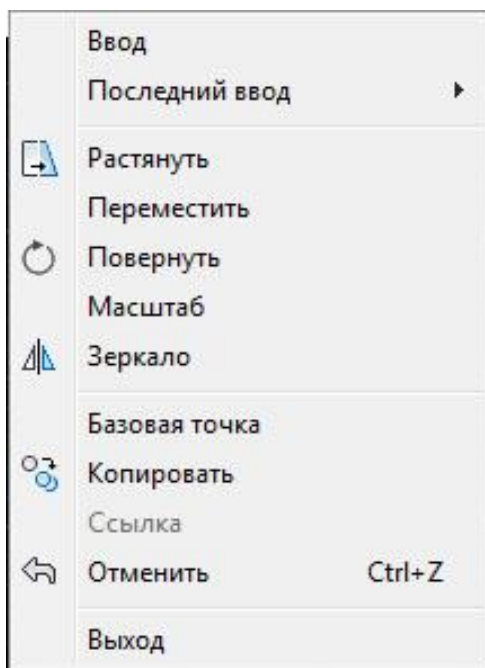


Рис. 38. Контекстне меню ручки

Блоки теж мають ручки. За бажанням користувача можна підключати одну ручку для блоку в цілому у точці вставки блоку, або ручки для кожного окремого об'єкта блоку. Ці параметри для ручок блоку також встановлюються на вкладці *Выбор* діалогового вікна *Настройка* прапорцем *Ручки внутри блока* (про блоки [9], с. 20–27).

Питання для самодіагностики

1. Перелічіть команди редагування.
2. Які способи вибору об'єктів ви знаєте?
3. У яких випадках доцільно використовувати масиви об'єктів?
4. Чи може прямокутник використовуватися як січна кромка?
5. Чи може прямокутник використовуватися як об'єкт, що продовжується?
6. Як можна видалити частину примітиву?
7. Чи можуть сполучатися два кола?

8. Як поєднати декілька окремих сполучених об'єктів (відрізків, дуг) у єдиний об'єкт – полілінію?
9. Назвіть відмінності між командами ПРОДОЛЖИТЬ, УВЕЛИЧИТЬ І МАСШТАБ.
10. Поясніть, в чому полягає обрізання непересічних відрізків (команда ФАСКА).
11. Якими елементами визначається сполучення?
12. Чи можна сполучити два кола?
13. Як редагуються об'єкти за допомогою ручок?

6. Особливості роботи з шарами й текстовими стилями

Ключові слова: властивості об'єктів, моделі кольорів, шари.

Основні питання

- 6.1. Установка властивостей об'єктів.
- 6.2. Шари та їх властивості.
- 6.3. Нанесення на малюнок лінійних і кутових розмірів.
- 6.4. Текстові стилі та їх модифікація.

6.1. Установка властивостей об'єктів

Кожен створений об'єкт визначається своїми властивостями. Це *геометричні властивості* – координати характерних точок об'єкта, довжина, площа, об'єм, положення в просторі; *загальні властивості* – колір, тип і товщина ліній; *способи візуалізації* та інші.

6.1.1. Геометричні властивості

Періодичний контроль властивостей об'єктів зменшує кількість помилок при побудові і скорочує загальний час створення і редагування креслень.

Для перегляду геометричних властивостей об'єктів можна використати панель інструментів *Сведения* (кнопки *Геометрия і масса*, *Список і Координаты*) або команду **Сервис-Сведения**. Дані видаються у вигляді текстового вікна. Ці дані можна зберегти, але не можна змінити.

Зручний спосіб контролю і редагування властивостей надає палітра *Свойства* (рис. 39а).

Вікно палітри розділене на групи властивостей *Общие*, *Геометрические* й інші. Великою перевагою є те, що при необхідності можна змінити ті або інші властивості об'єктів безпосередньо у вікні палітри.

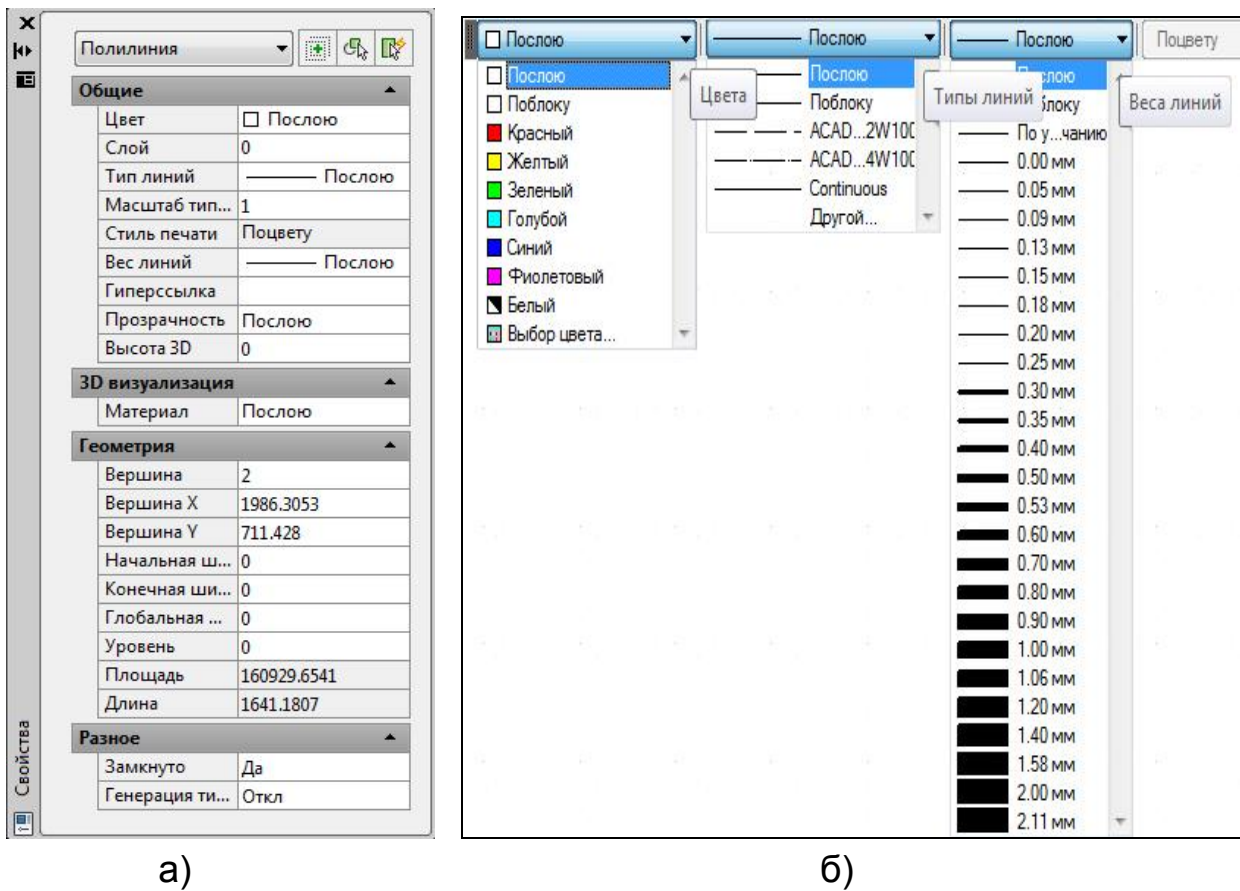


Рис. 39. Палітра *Свойства* і панель інструментів *Свойства*

6.1.2. Загальні властивості

До загальних властивостей об'єктів належать кольори, типи і товщина ліній.

Стандартна практика призначення кольорів, типів і товщини ліній об'єктів здійснюється за шарами, тобто за замовчуванням властивості об'єктів встановлюються відповідно до властивостей шарів.

За необхідності властивості об'єктів можна змінити за командою **Формат** або за допомогою палітри *Свойства* (рис. 39а) або панелі інструментів *Свойства* (рис. 39б). Панель має списки властивостей *Цвета*, *Типы линий*, *Вес линий*, з яких і вибираються необхідні значення. На рисунку всі списки показані розкритими. Зміни властивостей об'єктів здійснюється аналогічно зміні властивостей шарів. Змінені властивості стають поточними для всіх знов створюваних об'єктів до їх зміни.

Зі списку *Цвета* можна вибрати сім (за замовчуванням) стандартних кольорів. Пункт *Выбор цвета* дозволяє вибрати будь-який колір за номером кольору індексної палітри системи AutoCAD, альбомів кольорів для поліграфії, або зі всієї палітри кольорів. Кольори всієї палітри представлені моделями RGB і HSL [8, с. 11–14]. У міру вибору нових кольорів палітра стандартних кольорів розширюється.

Список *Типы линий*. За замовчуванням AutoCAD встановлює тип ліній – суцільна. Список дозволяє вибрати інший необхідний згідно з ЄСКД тип лінії, наприклад, *пунктирна лінія* і *штрих-пунктирна лінія*. Якщо потрібний тип ліній відсутній, необхідно його встановити. З цією метою слід клацнути на кнопці *Другой* і вибрати потрібний тип лінії у диспетчері типів лінії (кнопка *Загрузить*).

Список *Вес линий* дозволяє вибрати товщину ліній, з якою вона буде виводитись на пристрій друку. За замовчуванням товщина ліній дорівнює 0,25 мм. У списку можна вибрати товщину ліній від 0 до 2,11 мм.

Важливо! Щоб побачити на екрані реальну товщину ліній, необхідно натиснути кнопку *Отображение линий в соответствии с весами* у рядку режимів.

У просторі моделі в режимі відображення ваг ліній товщина зображення будь-якого об'єкта не залежить від коефіцієнта масштабування і при зумуванні не змінюється. У просторі листа і в режимі попереднього перегляду видима на екрані товщина зображення окремого об'єкта пропорційна значенню ваги ліній і поточному коефіцієнту масштабування. Тому при зумуванні видима товщина об'єктів змінюється.

6.2. Шари та їх властивості

Шари – це засоби AutoCAD, направлені на спрощення організації представлення складних креслень на екрані і поліпшення їх сприйняття. Шари визначаються, виходячи з вимог до креслення. Кожен об'єкт на кресленні повинен належати певному шару, а кожен шар повинен мати свій колір, тип і товщину ліній. Колір, тип і товщина ліній називаються властивостями об'єкта креслення.

У більшості випадків установка властивостей проводиться за шарами. Існує можливість легко змінювати властивості об'єктів, а також управляти видимістю шарів. Так, наприклад, зробивши той або інший шар невидимим, можна зосередити увагу саме на тих об'єктах, які необхідно відкоригувати або накреслити.

6.2.1. Створення нового шару і типів ліній

Щоб створити новий шар, треба натиснути кнопку *Диспетчер свойств слоев* на панелі інструментів *Слой*. У вікні Диспетчера перераховані елементи управління шарами, існуючі шари і їх властивості (рис. 40). При створенні нового креслення створюється спеціальний шар з ім'ям 0, який не може бути ні видалений, ні перейменований. Нові шари доцільно перейменувати відповідно до їх призначення.

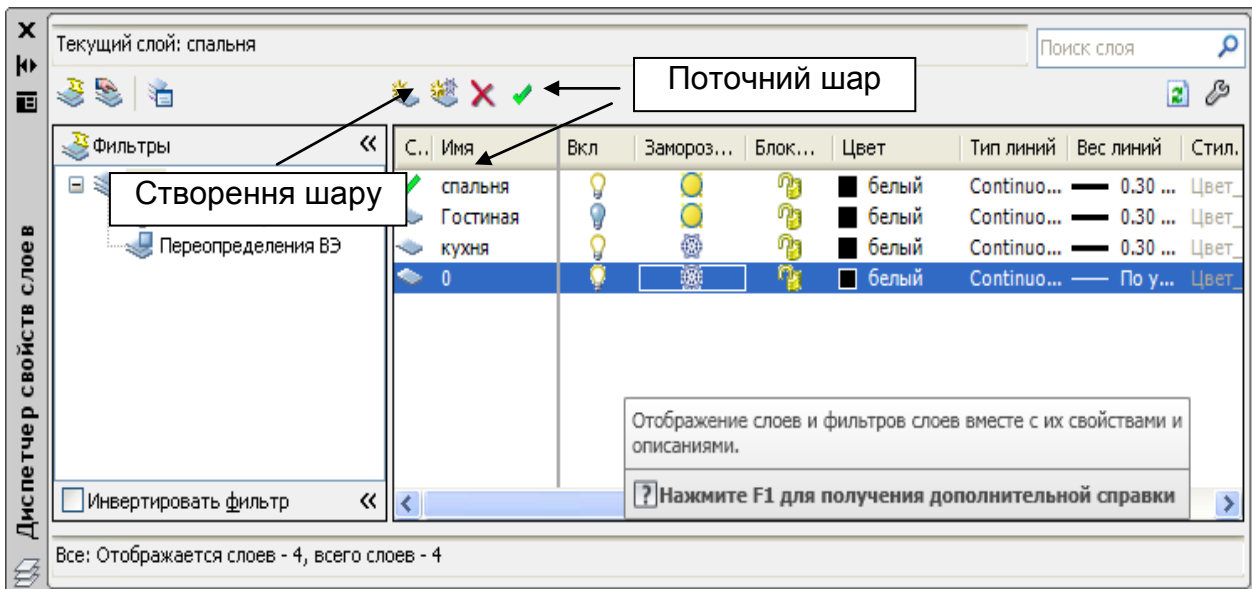


Рис. 40. Властивості шарів у вікні *Диспетчер свойств слоев*

Один з шарів може бути *поточним шаром*, на якому проводяться побудови необхідних для даного шару елементів.

При створенні нового шару необхідно задати *колір, тип і товщину* лінії клацанням у відповідних стовпцях (*Цвет, Типы линий, Вес линий*) того або іншого шару вікна диспетчера. У діалоговому вікні встановити потрібну властивість. Властивості шару налаштовуються точно так же, як і властивості об'єктів.

6.2.2. Управління видимістю шарів

Для всіх шарів передбачено декілька режимів стану, які управляють видимістю шарів, можливістю їх регенерації і внесення зміни. Вибір режиму здійснюється у відповідних стовпцях шару вікна диспетчера (рис. 48) послідовним клацанням миші на відповідному значку.

Включить/Отключить. Включені шари за замовчуванням є видимими. Відключені шари (навіть поточний) невидимі, тобто не виводяться на екран і друк, проте беруть участь у регенерації креслення.

Размороженный/Замороженный. Розморожений шар за замовчуванням є видимим. Заморожений шар невидимий. Поточний шар не може бути заморожений.


Блокированный/Разблокированный. Розблоковані шари за замовчуванням є видимими і можуть коректуватися. Блоковані шари також видимі, але редагувати на них не можна. Блокування використовується для захисту об'єктів шару від неумисної зміни деяких об'єктів. На блокованих шарах можна створювати нові об'єкти і навіть користуватися об'єктною прив'язкою.

Печать/Не печатать. Шари, що не виводяться на друк, заморожені або вимкнені, виводитися на друк не будуть.

6.3. Нанесення на креслення лінійних і кутових розмірів

Матеріал цієї теми вивчається самостійно за "Методичними матеріалами до самостійної роботи ..." [9, с. 28–34].

Питання для самодіагностики

1. Які властивості об'єктів ви знаєте?
2. Перелічіть засоби редагування властивостей об'єктів.
3. Що означає властивість *За шаром, За блоком*?
4. Як змінити колір блоку?
5. У чому відмінність моделі RGB від моделі HSL?
6. Скільки різних кольорів можна описати моделлю RGB і моделлю HSL?
7. Як перенести об'єкти з одного шару на другий?
8. Що означає позначка  для шару? Чи можна прив'язуватись до об'єктів цього шару?
9. Наведіть елементи розмірів.
10. Розмір об'єкта 100, а потрібно, щоб стояв розмір 187. Чи можна це зробити, не змінюючи розмір об'єкта?
11. Для чого використовуються стилі розмірів?
12. Що означає символ \emptyset і коли він ставиться?
13. Як повернути виносні лінії розміру?
14. Що означає символ \square і як його вставити до значення розміру.

7. Побудова і редагування твердотілих тривимірних моделей

Ключові слова: область, тіло, поверхня, просторові примітиви, рівень, види, витискування, візуальні стилі, тонування, перетин, розріз.

Основні питання

7.1. Тривимірна система координат. Види.

7.2. Области та тіла Створення, об'єднання, вилучення та перетинання областей.

7.3. Особливості елементарних тривимірних об'єктів.

7.4. Методи побудови твердотілих об'єктів.

7.5. Редагування тіл. Об'єднання і вилучення тіл.

7.6. Перетини та розрізання тіл площиною.

7.7. Візуалізація тривимірних моделей. Тонування моделей.

7.8. Здобуття комплекту двовірних креслень з тривимірної моделі.

Об'ємне моделювання застосовується з різною метою.

1. Додаткова ілюстрація, що дозволяє побачити виріб, що максимально відповідає дійсному виду, маючи можливість розглянути його з будь-якої точки з різними варіантами освітлення і навіть з перспективними спотвореннями.

Цей напрям від плоского креслення до об'ємного образу.

2. Інший напрям – протилежний, коли використати об'ємну модель виробу для подальшому представленні у вигляді плоских видів і перетинів, необхідних для класичного креслення (отримання комплекту конструкторської документації).

На практиці можна використати і той, і інший варіант; все визначається поставленим завданням.

3М моделювання має ряд переваг. Головні з них такі:

можливість розгляду моделі з будь-якої точки;

створення фотореалістичних зображень;

автоматична генерація основних і додаткових 2М видів;

побудова 2М перерізів;

пригнічення прихованих ліній і реалістичне тонування;

перевірка взаємодій;

експорт моделі в анімаційні застосування;

інженерний аналіз;

здобуття характеристик, необхідних для виробництва.

7.1. Тривимірна система координат. Види

Система AutoCAD може будувати раніше розглянуті примітиви не тільки в площині XY, яка до цих пір була єдиною площиною побудов, але і в будь-якій площині тривимірного простору. Для наочності при роботі в тривимірному просторі знак МСК стає трибарвним: вісь X – червона, вісь Y – зелена і вісь Z синя (рис. 41).

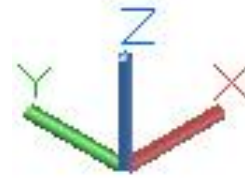


Рис. 41. Знак МСК у тривимірному просторі

Хоча багато команд побудови об'єктів допускають введення тривимірних координат, при побудові на площині третю координату по осі Z, можна не вводити, за замовчуванням вона рівна 0.

Наприклад, для декартової системи координат допустимі координати точки у вигляді 114,47,200, де $X = 114$, $Y = 47$ і $Z = 200$.

Варіант відносного введення координат точок у декартових координатах теж допускає використання трьох координат, наприклад: @28,10,44 – точка, що будується, зміщена щодо попередньої по осі X на 28 мм, по осі Y – на 10 мм, а по осі Z – на 44 мм.

Можливе введення координат у вигляді відносних полярних (сферичних) координат. Наприклад, запис у вигляді @73<35<57 означає, що відрізок спочатку будується в площині XY, утворюючи кут 35 градусів щодо позитивного напрямку осі X, потім відрізок нахилиється щодо площини XY на 57° і, на промені, що визначився таким чином, кінцева точка відрізка зміщується щодо початкової на 73 мм.

7.1.1. Рівень і висота

Положення площини побудови двовимірних об'єктів визначається діючою системою координат і *рівнем* – зсувом площини побудов уздовж осі Z щодо площини XY системи координат. Значення рівня для вибраного об'єкта легко змінити в палітрі *Свойства* (рис. 39а).

Слід мати на увазі, що для різних об'єктів цей зсув може визначатися не параметром *рівень*, а іншими, наприклад, для кола це може бути координата центру по осі Z. Якщо змінити параметр Центр Z з 0 на 250, то це означає, що коло перемістилося вгору на 250 мм.

Рівень площини побудови можна змінити за командою РІВЕНЬ.

Наступний параметр – *висота* характеризує товщину (висоту) тривимірних об'єктів по осі Z.

Для плоских об'єктів за допомогою цього параметра імітують вид тривимірного об'єкта. Наприклад, якщо привласнити значення висоти для кола, рівне 200, то це означатиме, що коло виглядатиме як тривимірний циліндр заввишки 200 мм, насправді залишаючись плоским колом.

7.1.2. Види і видові екрани

Бажано при побудові тривимірних об'єктів контролювати процес побудови на різних етапах, розглядаючи об'єкти з різних боків – *видів*.

Вид – зображення зверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета.

Види розділяються на *основні, місцеві і додаткові*.

Основні види – зображення, що отримуються на основних площинах проєкцій – гранях куба (рис. 42):

вид спереду (головний вид);

вид зверху;

вид зліва;

вид справа;

вид знизу;

вид ззаду.

Зручно аналізувати тривимірні побудови в ізометричних видах, в які добре помітні модифікації примітивів по всіх трьом осям.

AutoCAD крім основних видів додатково забезпечує проглядання об'єктів в чотирьох ізометричних видах:

південно-західна (ЮЗ ізометрія);

південно-східна (ЮВ ізометрія);

північно-східна (СВ ізометрія);

північно-західна (СЗ ізометрія).

Найчастіше застосовують ЮЗ ізометрію як найбільш звичну користувачеві.

При виборі ізометричних видів піктограма осей МСК стає тривимірною і розгортається так, що в проєкції кут між осями буде вже не прямим, а 120° .

Вибір основних видів і ізометричних видів здійснюється по команді **Вид-3D види**.

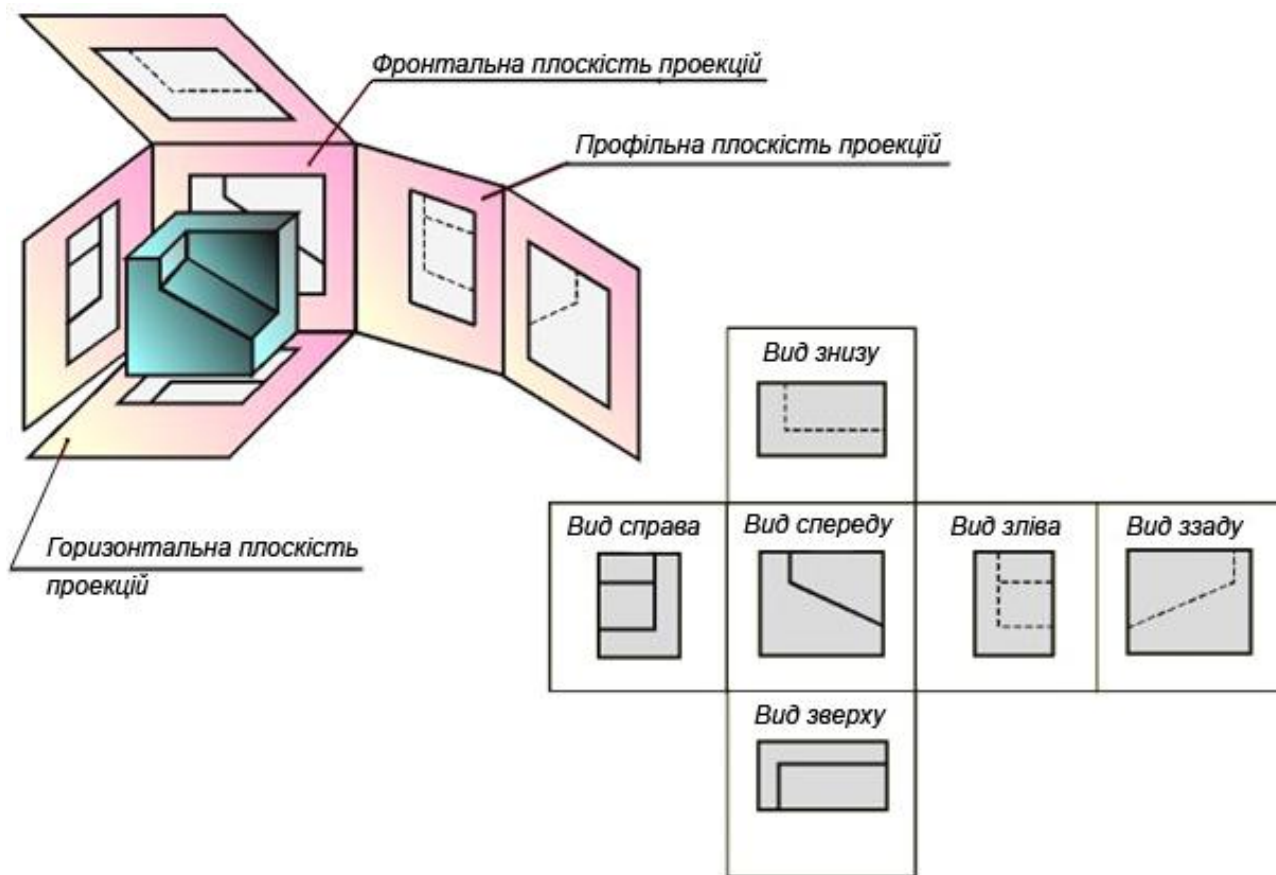


Рис. 42. Основні види за ГОСТ 2.305–68

AutoCAD дозволяє розділити екранний графічний простір на окремі частини, в кожній з яких можна встановити свій окремий вид. Окрема частина екранного простору називається *видовий екран*. За допомогою видових екранів зручно проглядати об'єкти з багатьох сторін. У видовому екрані можна встановлювати той або інший вид і задавати масштаб відображення. Усі видові екрани синхронізовані – будь-які зміни на одному з них тут же відображаються і на інших. Вибір видових екранів здійснюється з меню **Вид-видовые Экраны-Новые ВЭ** або за командою ВЭКРАН в командному рядку.

Видовий куб є зручний інструмент для управління орієнтацією 3D видів.

Засоби управління видовим екраном відображаються в лівому верхньому кутку кожного видового екрану. Ці засоби представлені трьома списками, за допомогою яких легко управляти видовими екранами, змінювати види і візуальні стилі, також підключати додаткові засоби навігації – *видовий куб, штурвали* тощо.

Ще одна цікава можливість управління видом – різні види *Orbit* – інструмента 3D навігації, який дозволяють динамічно змінювати вид три-

вимірних об'єктів за допомогою покажчика миші. Викликаються орбіти за командою **Вид-Орбіта**.

Особливий інтерес представляє *Свободная орбіта*, що дозволяє переміщати, змінювати видимий розмір, обертати, орієнтувати в просторі і довільним чином розглядати об'єкт під будь-яким кутом.

Безперервна орбіта, яка забезпечує безперервне обертання об'єкту. Напрямок і швидкість обертання об'єкта задаються переміщенням миші.

7.2. Области та тіла. Створення, об'єднання, вилучення та перетинання областей

При тривимірному моделюванні велике значення мають такі об'єкти, як області та тіла.

Область – замкнута частина площини, отримана шляхом перетворення існуючих двовимірних примітивів (кругів, багатокутників, еліпсів, кілець і смуг) та двовимірних замкнутих поліліній.

Для перетворення об'єктів на область необхідно на панелі *Рисование* вибрати *Область* і вказати необхідні об'єкти.

Тіло – частина простору, обмежене замкнутою поверхнею і що має певний об'єм. У деяких випадках для створення тіл використовуються області.

З тіл і областей можна створювати більш складні об'єкти застосуванням геометричних операцій *об'єднання*, *віднімання* або *перетину*. На рис. 43а зображені 6 областей – 4 кола і 2 прямокутника. Фігура на рис. 43б здобута шляхом об'єднання великого прямокутника з усіма колами, потім від результуючої фігури вилучився малий прямокутник.

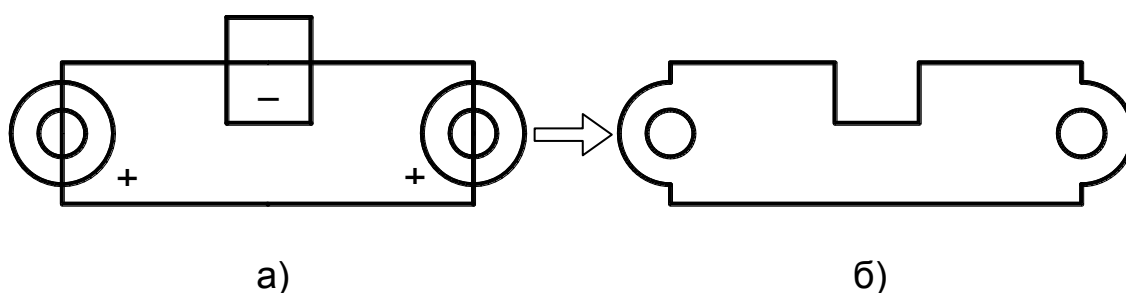


Рис. 43. **Взаємодія областей**

Для областей і тіл можна, окрім геометричних властивостей, розрахувати і фізичні властивості – маса, об'єм, положення центру мас, моменти інерції та інші (кнопка *Геометрия и масса* панелі *Сведения*).

7.3. Особливості елементарних тривимірних об'єктів

У своїй основі об'ємне моделювання має три різновиди (рис. 44).

1. **Каркасні моделі.** Створювана модель є скелетним описом 3М об'єкта і формується тільки лініями припинення різних поверхонь. Каркасна модель не має граней і складається тільки з крапок, відрізків і кривих, що описують ребра об'єкта. Оскільки кожний з складових такої моделі об'єктів повинен малюватися і розміщуватися незалежно від інших, витрати часу на моделювання часто бувають у край великі.

Подібні моделі – спочатку прозорі ("безтілесні") і створюються прийомами, аналогічними формуванню двовимірних креслень, але вводиться ще третій параметр, координата по осі Z.

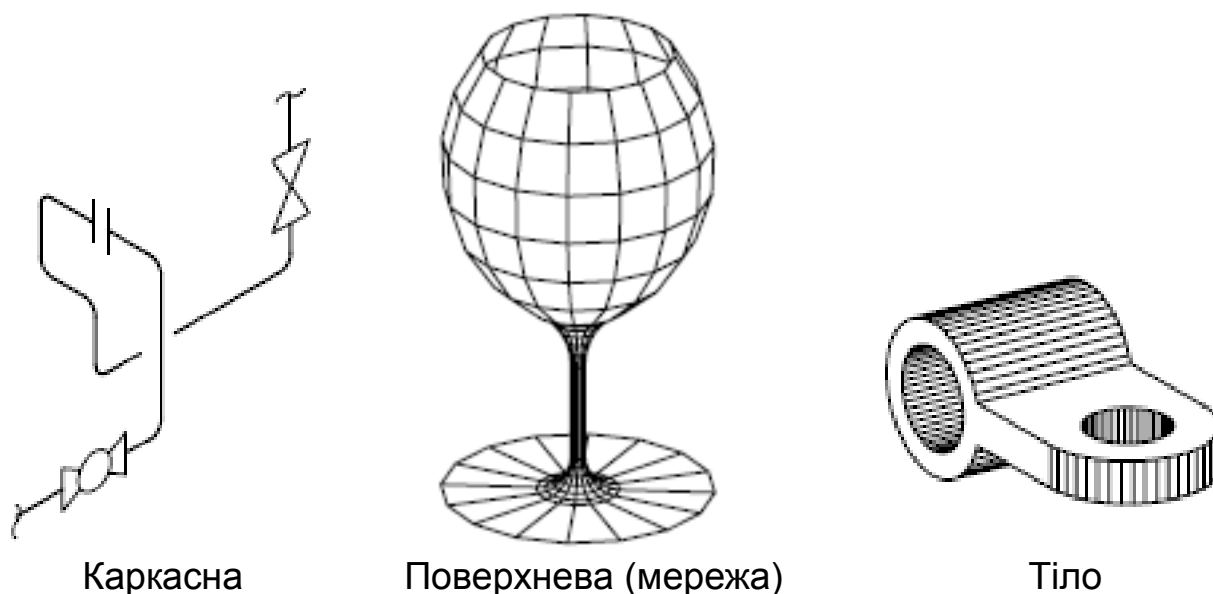


Рис. 44. Види тривимірних моделей

2. **Поверхневі моделі.** Створюються плоскими поверхнями. Подібні моделі – непрозорі, але внутрішнього змісту ("маси") у них немає. Поверхні, складені з плоских ділянок, часто називають *мережами*. Оскільки грані мережі є плоскими, представлення криволінійних поверхонь проводиться шляхом їх апроксимації. Для створення таких моделей використовуються власні команди і прийоми (**Рисование-Моделирование-Сети**). Ці моделі достатньо легко формуються з двовимірних креслень. Моделювання за допомогою поверхонь є складнішим процесом, оскільки тут описуються не тільки ребра 3М об'єкта, але і його грані.

3. **Об'ємні або твердотільні моделі.** Створюються формуванням об'ємних елементів, що мають "фізичну" масу (твердотільний об'єм).

Створення твердотільних моделей – це найпростіший у використанні вид 3D моделювання. Формуються вони за допомогою спеціальних команд.

У тіл можна аналізувати масові властивості: об'єм, момент інерції, центр мас тощо. За допомогою засобу AutoCAD тіло можна розрізати на дві частини або отримати його двовимірний перетин.

Важливо! Оскільки кожен тип моделювання має свої методи створення просторових моделей і свої особливості для способів редагування, не рекомендується змішувати декілька типів в одному малюнку. У AutoCAD є обмежені можливості перетворення тіл у поверхні і поверхонь в каркасні моделі, проте зворотні перетворення недопустимі.

7.4. Методи побудови твердотільних об'єктів

Процедура створення об'ємної моделі розпадається на окремі етапи, такі, як:

- створення простих фрагментів моделі;
- зміна їх орієнтації;
- перенесення на потрібне місце;
- редагування;
- об'єднання їх з іншими фрагментами;
- розфарбовування й інші процедури.

Для проведення об'ємного моделювання доцільно перейти з робочого простору *Класичний AutoCAD* у робочий простір *3D моделювання*, стрічка *Головна вкладка*. У цьому просторі зібрано всі необхідні інструменти для створення, редагування і візуалізації 3D моделей. У міру необхідності можна підключати й інші панелі інструментів.

Засоби AutoCAD з моделювання тіл дозволяють створювати тривимірні об'єкти за допомогою декількох способів:

на основі базових просторових форм – *твердотільних примітивів* (паралелепіпедів, конусів, циліндрів, сфер, клинів, торів і ін.);

витискування 2M об'єкта;

зрушення 2M об'єктів уздовж заданого вектора;

обертання 2M об'єктів навколо осі;

за перетинами.

Далі з отриманих елементарних об'єктів шляхом їх об'єднання, віднімання і перетину будуються складніші просторові тіла.

7.4.1. Формування твердих тіл з твердотільних примітивів

За допомогою кнопок на ПІ вкладок *3D Моделирование* і *Рисование* стрічки *Головна вкладка*. Тут можна створювати твердотільні примітиви: паралелепіпед, (ящик), циліндр (круг, еліптичний), піраміда, куля, тор, спіраль, тривимірні полілінії. Дії з створення твердотільних примітивів достатньо прості і практично однакові – вибирається потрібний примітив, а потім за запитом вводяться необхідні для його побудови параметри.

7.4.2. Формування твердих тіл методом витискування

Здійснюється по команді **Выдавить** або кнопкою *Выдавить* на ПІ *Моделирование*. При витискуванні створюються тіла з двовимірних примітивів. Витискування відбувається по осі Z (об'єктам додається висота) або по заданій траєкторії в просторі. При витискуванні кут звуження тіла може змінюватися.

Тіло, представлене на рис. 45б, було отримане так.

Спочатку в класичному робочому просторі було накреслено коло і два прямокутники, що перетинають коло внизу і справа. Потім ці об'єкти були перетворені в області по команді **Рисование-Область**.

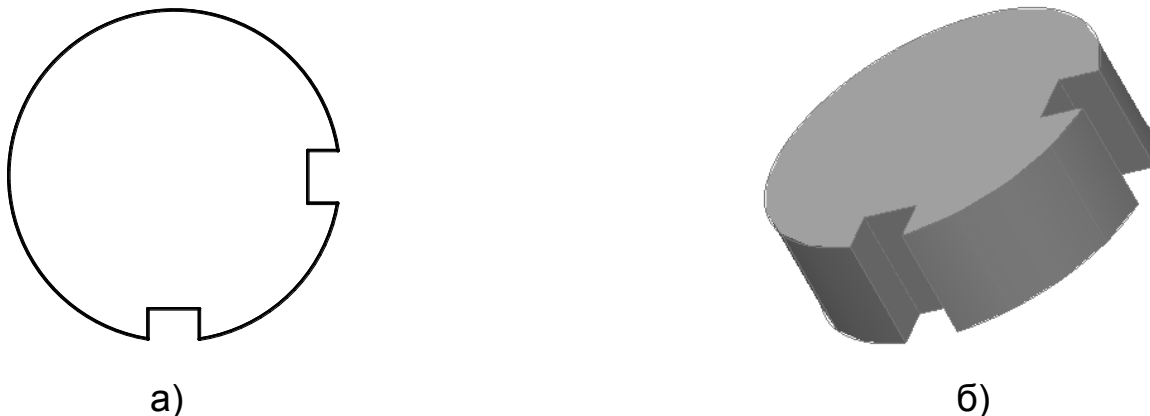


Рис. 45. Витискування

Після перетворення в області, до них була застосована геометрична операція віднімання – з кола відняли два прямокутники за командою **Редактировать-Редактирование Тела-Вычитание**. У результаті вийшла нова область (рис. 45а).

Після переходу в робочий простір *3D моделювання* до даної області була застосована операція *Выдавить* (вкладка *3D моделювання* головної стрічки).

Хоча операція витискування забезпечує процес витискування за наперед заданою довільною траєкторією, все ж таки витискування за траєкторією краще проводити командою **Сдвиг**.

На рис. 51 показана порожниста трубка, зігнута у вигляді спіралі, яка будувалася таким чином:

Спочатку було побудовано 2 кола. Після перетворення їх в області з них було отримано кільце, відніманням однієї області з іншої.

Потім була побудована траєкторія зрушення у вигляді 3D спіралі з використанням панелі інструментів вкладки *Рисование* головної стрічки (рис. 46а).

По команді **Сдвиг** (або кнопка на ПІ *3D моделювання*) вибрано кільце і спіраль як траєкторія зрушення (рис. 46б).

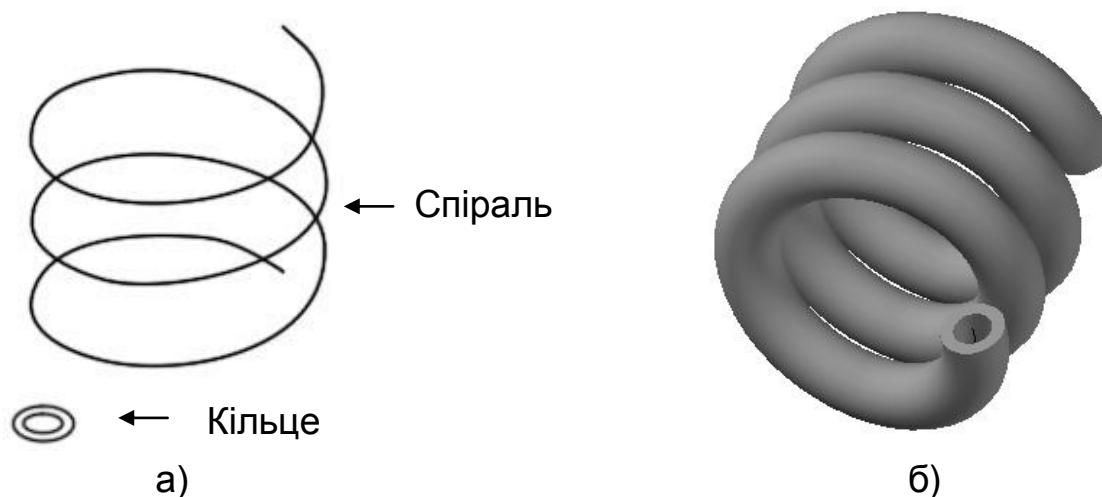


Рис. 46. **Зрушення**

Якщо використовувати для витискування незамкнуті двовимірні примітиви або замкнуті об'єкти, що складаються з окремих примітивів, то в результаті витискування виходять поверхні (без дна і кришки). При використанні замкнутих примітивів виходять повноцінні тіла, обмежені з усіх боків поверхнями.

7.4.3. Формування твердих тіл методом обертання

Команда **Врацать**, кнопка на ПІ *3D моделирование* формує твердотільні об'єкти шляхом обертання існуючих двовимірних об'єктів або областей на заданий кут (аж до 360°) навколо осі, орієнтованої довільно в просторі (рис. 47).

Команда дозволяє обертати полілінію, багатокутник, прямокутник, круг, еліпс, область.

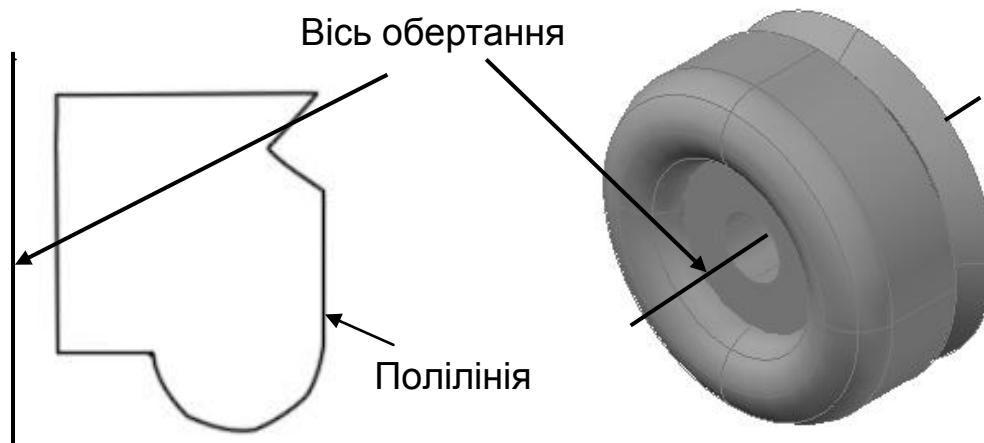


Рис. 47. Обертання

7.4.4. Формування твердих тіл за перетинами

За допомогою команди ПОСЕЧЕНИЯМ або кнопкою *По сечениям* на ПІ *Моделирование* можна створювати нові тіла або поверхні, задаючи ряд поперечних перетинів. Поперечні перетини визначають контур (форму) результуючого тіла або поверхні. Поперечні перетини (у загальному випадку, криві і лінії) можуть бути розімкненими або замкнутими. При використанні цього методу необхідно задати не менші два поперечні перетини.

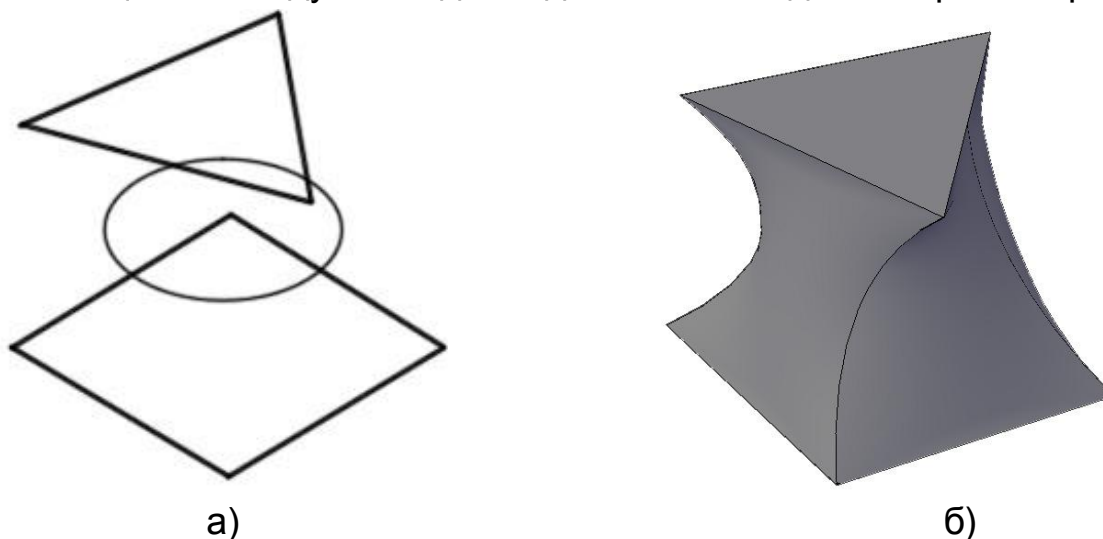


Рис. 48. За перетинами

На рис. 48а) показано три плоскі об'єкти: квадрат, коло, трикутник. Коло і трикутник були підняті над площиною ХУ на різні висоти. Цю операцію легко виконати, викликавши властивості об'єктів і змінивши параметр *Уровень* (для кіл потрібно змінити параметр *Центр Z*).

Після застосування команди ПОСЕЧЕНИЯМ до цих об'єктів було отримано тіло (рис. 48б).

На рис. 49 представлена модель корпусу яхти, яка була отримана методом за перетинами з використанням п'яти контурів (шпангоутів).

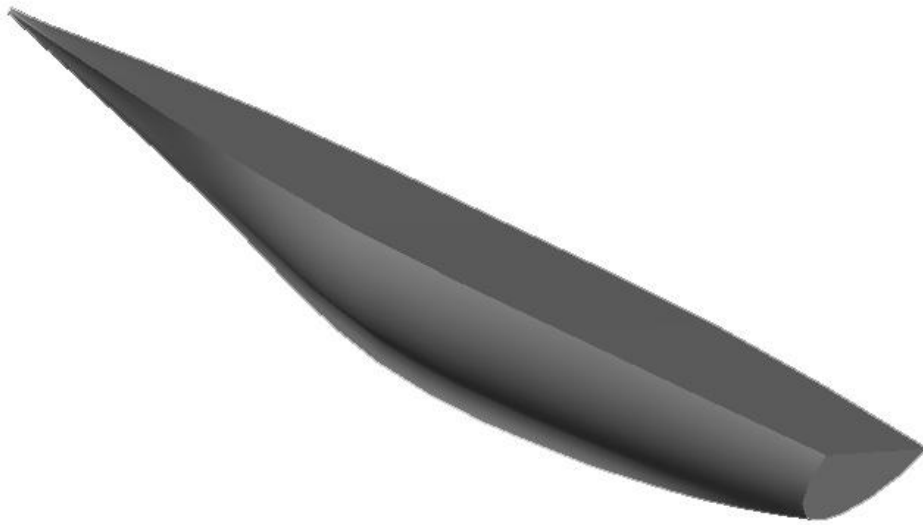


Рис. 49. Корпус яхти

7.5. Редагування тіл. Об'єднання і вилучення тіл

7.5.1. Формування складних тіл

Створюються шляхом складання, віднімання і перетину побудованих тіл. Для редагування тіл можуть застосовуватися команди редагування, вживані до плоских об'єктів, а також спеціальні команди, такі, як *3D поворот* і *3D перемещение*, *Редактирование граней* та ін., які знаходяться на вкладках *Редактирование* і *Редактирование тела*.

Операції 3D переміщення і повороту доцільно проводити в ізометричному виді за допомогою відповідних гізмо (рис. 50).

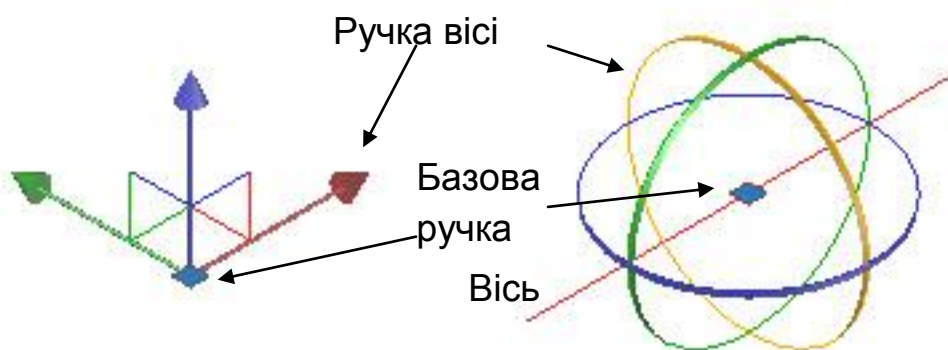


Рис. 50. Гіздо переміщення і повороту

Для переміщення об'єкта треба вибрати операцію *3D перемещение*, вказати об'єкт і вибрати базову точку. На гізмо, що з'явиться, вказати вісь, уздовж якої необхідно переміщати об'єкт. Вісь фіксується довгою лінією відповідного кольору, і об'єкт переміщується тільки за цієї віссю.

Для повороту об'єкта треба вибрати операцію *3D поворот*, вказати об'єкт і вибрати базову точку. На гізмо, що з'явиться, ручкою вказати вісь, навколо якої необхідно повернути об'єкт. Вісь фіксується довгою лінією відповідного кольору, і об'єкт повертається тільки навколо цієї вісі.

Слід мати на увазі, що роль об'єктних прив'язок при поворотах переміщеннях редагуванні і виконанні геометричних операцій виключно висока. Доцільно наперед передбачати на окремому шарі розміщення допоміжних точок, які гратимуть роль об'єктних прив'язок.

На рис. 51а показані результати застосування кругового масиву для побудови моделі підшипника, а на рис. 51б результати застосування відомих операцій *Фаска* і *Сопряжение* для "згладжування" прямокутників, циліндра і отворів.

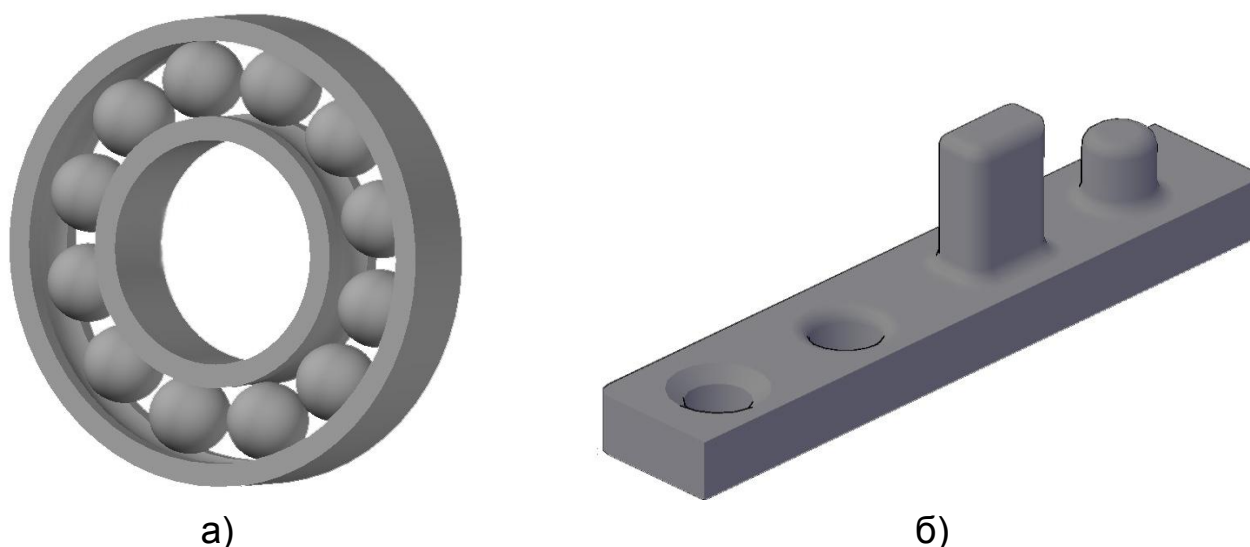


Рис. 51. Редагування тіл

7.6. Перетини та розрізання тіл площиною

7.6.1. Побудова перетинів (розрізів) тіл

Для виконання перетину необхідно ввести в командний рядок команду СЕЧЕНИЕ (_SECTION), вибрати об'єкт (тіло) для перетину і задати положення січної площини. Положення січної площини можна задати по-різному. Розглянемо варіант 3 точки, який заданий за замовчуванням.

Задати координати X, Y, Z кожній з 3-х точок, що визначають площину перетину. Для полегшення введення координат доцільно заздалегідь фронтальну проекцію "прив'язати" (перемістити) до початку координат.

Отриманий перетин (область) можна скопіювати, винести за межі креслення і повернути до горизонтального положення для кращого розгляду зверху. Для повороту перетину на панелі інструментів *Редактировать* вибрати дію *Поворот*, вказати об'єкт (перетин), вибрати режим *Опорный угол*, вказати кінці перетину, задати кут 0 і натиснути <Enter>.

Розріз від перетину відрізняється тим, що при розрізі тіло розпадається на окремі частини.

Розріз здійснюється за командою **Редактировать-3D Операции-Разрез** або введенням в командний рядок команди **РАЗРЕЗ (_SLICE)**. Подальші дії аналогічні команді **СЕЧЕНИЕ**.

7.7. Візуалізація тривимірних моделей. Тонування моделей

Візуалізація, тобто оформлення зовнішнього вигляду тіла (розфарбовування) здійснюється на вкладці *Вид* вибором *Визуальных стилей*:

2D, 3D каркас. Модель представлена у вигляді дротяного каркаса з відрізків і кривих.

3D прихований. Той же каркас, але лінії, що відносяться до задніх граней, не відображаються.

Реалістичний. Грані піддаються розфарбовуванню з каркасом, що просвічує крізь них, які при бажанні можна прибрати.

Концептуальний. Грані розфарбовуються в деякі умовні кольори – (теплі і холодні) з плавним переходом між ними.

7.7.1. Матеріали

Для забезпечення реалістичного вигляду 3D моделей в AutoCAD існує багата бібліотека матеріалів і текстур.

Щоб дістатися до оглядача матеріалів, необхідно виконати команду **Вид-Тонирование-Обозреватель материалов**. Якщо застосовується робочий простір *3D Моделирование*, то його можна вибрати на панелі *Материалы* вкладки *Визуализация* стрічки.

Далі вибрати необхідний матеріал і просто перетягти його на модель. На рис. 52 показано оглядач матеріалів і три моделі "з алюмінію", "з мармуру", "з дерева".



Рис. 52. Призначення матеріалів для візуалізації

7.7.2. Тонування

Цікавішою можливістю отримання реалістичних зображень тривимірних об'єктів є достатньо складна операція *тонування*. Тонування дає можливість, крім звичайного видаленого джерела освітлення, промені якого направлені перпендикулярно екрана, використовувати та інші – точкові і прожектори. Поверхням об'єктів можна призначати властивості матеріалів, текстуру, прозорість і багато іншого.

Запуск і налаштування режиму тонування може здійснюватися за командою **Обозреватель меню-Вид-Тонирование**. Процес тонування здійснюється за командою **Тонирование-Визуализация**. У результаті тонування формується фотореалістичний растровий рисунок з заданим у пікселях розміром.

Крім того, в командному рядку по команді РЕЖТОН можна викликати палітру *Параметри тонування*, яка містить основні елементи управління системою тонування. У ній можна вибрати стандартні параметри тонування або встановити власні значення.

Тонування виконується по завершенню роботи над моделлю, часто для створення реклами або анімаційних кліпів. Ця процедура вельми

трудомістка, а отриманий результат не завжди виправдовує витрати. Для наших цілей цілком досить уміти розфарбовувати моделі, тому розглядати тонування не будемо.

7.8. Здобуття комплекту двомірних креслень з тривимірної моделі

У програмі AutoCAD є можливість створення в просторі Листа узгоджених видових екранів з видами тривимірних тіл, створених у просторі моделі. Видові екрани мають спеціальну організацію – вони отримують імена і з цими видовими екранами зв'язуються спеціально створювані шари креслення.

Спочатку необхідно перейти в простір Листа і видалити вид(и) в просторі *Листа* – виділити рамку виду і натиснути клавішу .

Побудова узгоджених проекцій деталі проводиться в такій послідовності:

1. Виконати команду **Рисование-Моделирование-Подготовка-вид** або ввести в командний рядок команду Т-ВИД (_SOLVIEW).

2. На перший запит команди *[Пск/Орто/Дополнительный/Сечение]*: вибрати режим Пск – створення видового екрана з видом за заданою ПСК – система координат, яка призначена для користувача.

3. Наступний запит починає формування першого виду, пов'язаного з поточним видом: *Задайте опцию [Имя/Мск/?/Текущая] <Текущая>*: – підтвердити вибір поточного виду.

4. Задати масштаб виду, наприклад 0.5.

5. На запит *Центр вида* вказати центр виду мишкою – створюється видовий екран з умовною кромкою по межі робочого поля листа і перше наближення по розміщенню виду.

6. З першого разу вигляд може розташуватися невдало (наприклад, дуже близько до нижньої межі робочого поля). Тому наступний запит *Центр вида <видовой экран>* дозволяє або уточнити положення точки центру вигляду, або натисненням клавіші <Enter> зафіксувати положення центру і перейти до завдання меж видового екрана.

7. Далі указуються межі видового екрана і його ім'я, наприклад *Вид спереду*. Побудова першого виду закінчена.

8. Наступний запит починає формування іншого виду наприклад *Вид сверху*. На запит команди *[Пск/Орто/Дополнительный/Сечение]*: вибрати *Орто* – створення видового екрана з видом, ортогональним до виду вказаного видового екрана.

9. Указати сторону (верхню) отриманого видового екрана для проєкції. Зверніть увагу на об'єктну прив'язку, що автоматично з'являється, *Середина* (Midpoint).

10. Видається запит про центр другого виду, з'являється "гумова нитка" режиму ортогональності, яка дозволить розмістити новий вид тільки строго вертикально від виду спереду.

11. Вказати точку центру виду, межі видового екрана і його ім'я, наприклад *Вид зверху* (повторити пп. 8, 9, 10). Після цього в листі будуть вже два видові екрани з узгодженими проєкціями.

12. Для отримання третього узгодженого виду зліва повторити пп. 8, 9, 10 (у п. 9 необхідно вказати *ліву* сторону видового екрана *Вид спереду*).

13. Для повноти картини за допомогою кнопок панелі *Видовые екрани* можна в правому нижньому кутку побудувати ще один видовий екран і встановити в ньому ізометричний вид, наприклад, ЮЗ ізометрія. Отримано креслення з чотирма проєкціями, три з яких повністю узгоджені між собою (рис. 53).

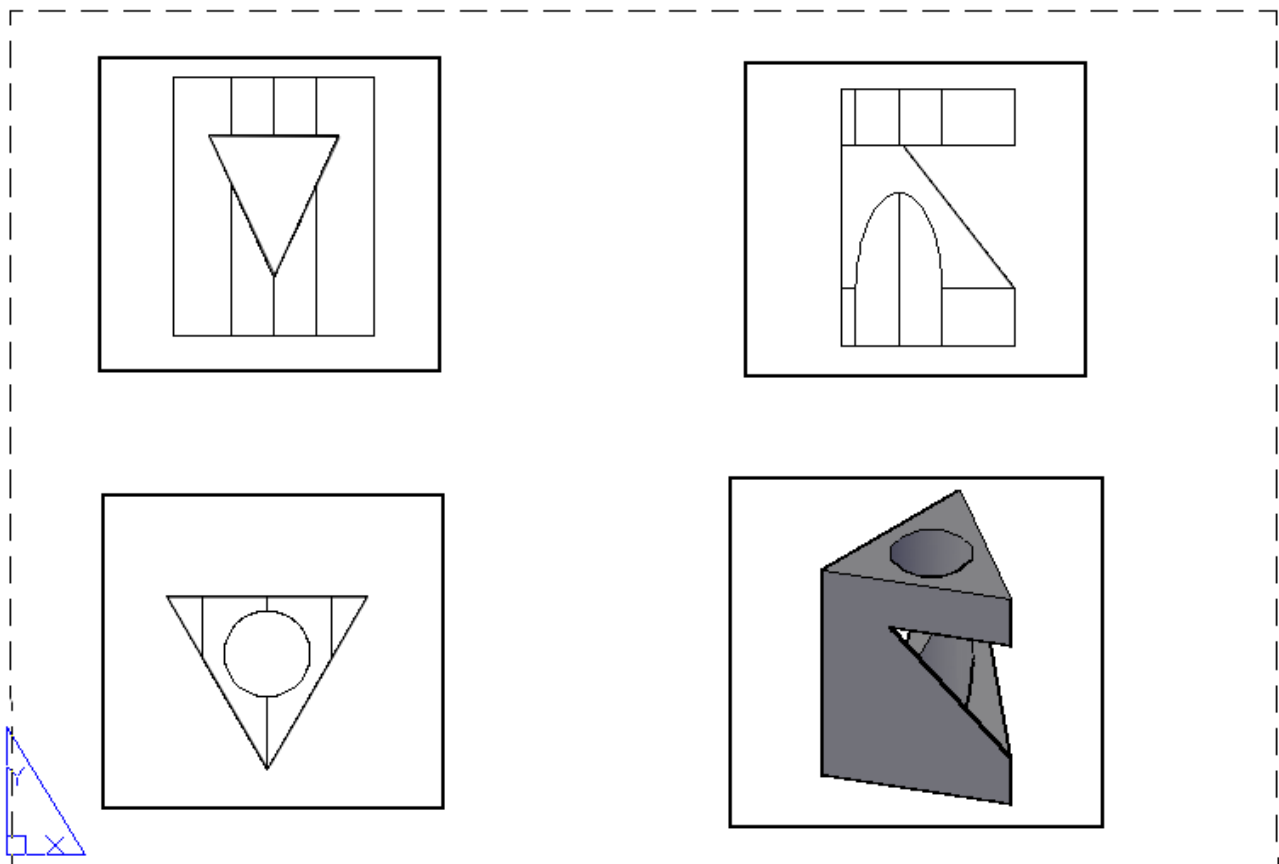


Рис. 53. Узгоджені види

Створені командою Т-ВИД видові екрани володіють особливими властивостями. Імена розташованих у них видів пов'язані з іменами шарів, що автоматично згенерували, які можна побачити, викликавши вікно *Диспетчер свойств слоев* (рис. 54).

На рис. 54 видно, що створений шар VPORTS. На цьому шарі розміщені контури видових екранів (його можна відключити, якщо контури повинні стати невидимими). За заданими іменами кожного з трьох видів (Зверху, Спереду, Справа) утворилася трійка шарів із закінченнями: DIM, HID і VIS. Ці шари мають спеціальне призначення: шари із закінченням DIM повинні зберігати розмірні примітиви відповідного виду, шари із закінченням VIS – видимі лінії виду, а шари із закінченням HID – невидимі лінії виду.

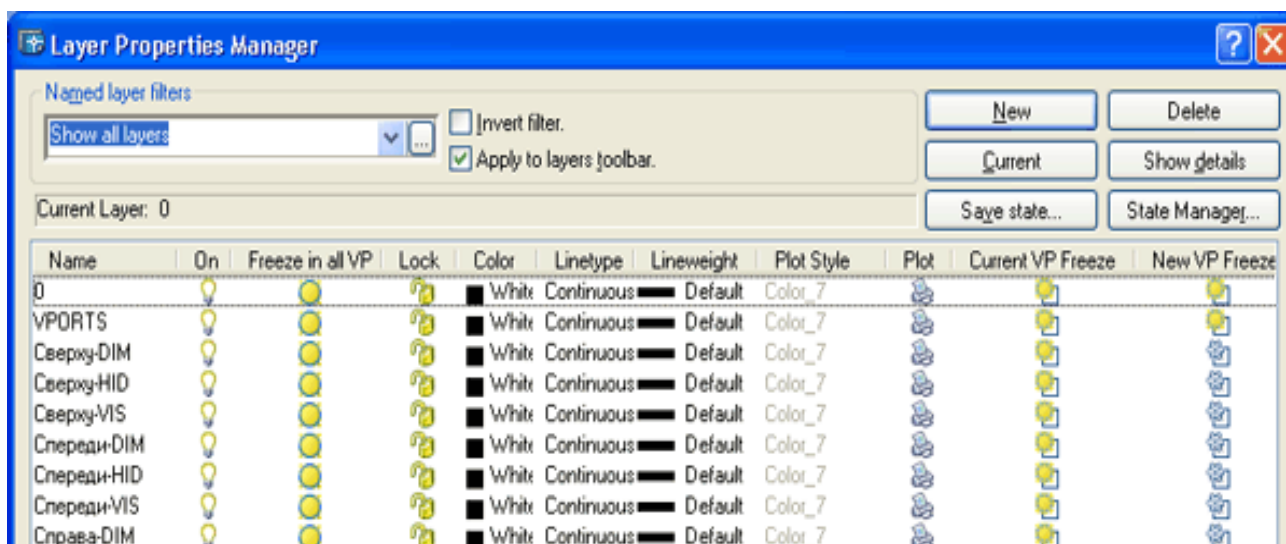


Рис. 54. Шари, що створюються командою SOLVIEW

У диспетчерові шарів вибрати для всіх невидимих ліній тип лінії *Невидимий*, наприклад HIDDEN01, а для видимих ліній вказати товщину видимих ліній, наприклад, 0.3.

Управління видимими і невидимими лініями здійснюється за допомогою команди Т-РИСОВАНИЕ (SOLDRAW), що розглядається далі.

Виконати команду **Рисование-Моделирование-Подготовка-Чертеж** або ввести в командний рядок команду Т-РИСОВАНИЕ (_SOLDRAW).

За запитом команди вибрати видові екрани, які потрібно обробити, тобто розрахувати і розділити видимі і невидимі лінії моделі.

Після цього система AutoCAD на вказаних екранах замість існуючих ліній об'єктів моделі створює видимі і невидимі лінії, які є копіями існуючих ліній об'єктів і які розносяться за шарами, відповідними іменам видів, сформованих командою T-ВИД (наприклад, на шар *Сверху-VIS* поміщаються видимі лінії виду *Зверху*, на шар *Сверху-HID* – невидимі лінії виду *Зверху*). При цьому перетини штрихуються.

На трьох видах, створених командою T-ВИД, розраховані невидимі лінії і видалені зайві, створені на лекальних ділянках поверхонь тіла.

Знаходячись в просторі листа, послідовно вибрати відповідний вид, активізувати шар DIM (розмірний) і проставити необхідні розміри.

Активізувавши шар VIS (видимий) можна на кожному виді провести додаткові побудови, наприклад, провести осьові лінії.

Додавання і заповнення основної форми (штампу) – останній штрих в створенні комплекту конструкторської документації.

Питання для самодіагностики

1. Назвіть переваги тривимірного моделювання.
2. Визначте особливості введення тривимірних координат.
3. Поясніть відмінність між рівнем і висоти об'єкта.
4. Дайте характеристику ізометричним видам.
5. Назвіть інструменти управління видами.
6. Дайте визначення областей і тіл.
7. Чим відрізняється область *Прямокутник* і примітив *Прямокутник*?
8. Назвіть різновиди тривимірних моделей.
9. Назвіть основні етапи створення твердотілих моделей.
10. Які способи створення твердотілих моделей ви знаєте?
11. Що вийде при витискуванні плоского незамкнутого об'єкта?
12. У яких випадках доцільно застосовувати метод *За перетинами*?
13. Чим відрізняються перетин і розрізання тіла?
14. Назвіть способи візуалізації тривимірних моделей.

15. Як призначити той або інший матеріал створеної тривимірної моделі?
16. Що таке тонування і коли воно застосовується?
17. Назвіть послідовність дій для створення конструкторської документації з тривимірної моделі.

8. Компонування аркушів і друкування креслень

Ключові слова: простір листа, простір моделі, видовий екран, масштаб.

Основні питання

- 8.1. Поняття простору листа і простору моделі.
- 8.2. Підготовка пристрою друку до роботи.
- 8.3. Виведення креслення у файл.

Матеріал цієї теми вивчається самостійно за "Методичними матеріалами до самостійної роботи ..." [9, с. 35–45].

Питання для самодіагностики

1. Для чого у програмі AutoCAD існує простір Моделі і простір Листа?
2. Знайдіть відмінності між вікном *Параметры листа* і вікном *Печать – Лист№*.
3. Що таке Видові екрани?
4. Чи може один і той же об'єкт надрукований на одному кресленні з різними масштабами?
5. Дайте характеристику різних областей друку у вікні *Печать – Лист№*?
6. Що означають параметри *x* та *y* *Смещение от начала (начало области печати)* і як вони використовуються?
7. Як і де визначається масштаб для друку?
8. Чому недоцільно друкувати з простору Моделі?

Висновки

Розглянуті основні можливості векторного редактора AutoCAD, який призначено для створення й редагування креслень. Це дозволить фахівцям поліграфічної справи більш якісно вивчати різноманітне виробниче обладнання і навіть вносити пропозиції щодо підвищення їх ефективності.

Крім того, програма дозволяє проводити тривимірне моделювання, тим самим створювати фотореалістичні моделі і рекламувати ще не виготовлені вироби. Тому пакет AutoCAD став основним і необхідним інструментом для фахівців двох основних напрямів: поліграфічного дизайну і web-дизайну.

Звичайно, розглянуті в навчальному посібнику технологічні прийоми розкривають тільки малу частину можливостей цього редактора векторних зображень професійного рівня. Якщо деякі питання залишилися незрозумілими, або виникла необхідність вивчити і застосувати нові можливості програми, то завжди можна звернутися до системи допомоги AutoCAD [1] і отримати необхідну докладну довідку з поясненнями.

У навчальному посібнику практично не розглядалися можливості програми як автоматизованого робочого місця конструктора – анотування креслень, параметризація, робота з таблицями, застосування сценаріїв тощо. При бажанні завжди можна знайти достатньо багато джерел, у яких ці можливості програми AutoCAD розкриті дуже широко. Дуже багато цікавих і корисних уроків використання програми AutoCAD можна знайти, наприклад, у [14].

Глосарій

AutoCAD – професійна програма для випуску конструкторських креслень.

Autodesk – американська компанія, яка є провідним виробником програмного забезпечення для векторної графіки.

Flash-анімація – один з видів векторної анімації.

Блок – складний іменований об'єкт, для якого створюється опис, що включає будь-яку кількість примітивів поточного креслення.

Вектор – характеристика, яка завдає форму кривої Без'є як елемента примітиву. Величина вектора завдає радіус кривизни кривої, а напрям – дотичну до кривої.

Векторна графіка – зображення складаються з набору геометричних примітивів – точок, прямих, кіл, прямокутників тощо, які описуються математичними виразами.

Вибір об'єктів – вказівка об'єктів за запитом команди редагування.

Вид – зображення зверненої до спостерігача видимої частини поверхні предмета.

Виділення об'єктів – вказівка об'єктів мишею.

Видовий екран – деяка частина простору Листа, в якому встановлюється вигляд на об'єкти, побудовані в просторі моделі.

Відстеження – один із засобів підвищення точності креслень. Автоматично створюються лінії відстеження до ортогональних або заданих полярних кутів або щодо характерних точок інших об'єктів.

Візуалізація – оформлення зовнішнього вигляду тіла (розфарбування).

Гізмо (англ. *gizmo*) – деяка складна технічна річ, механізм тощо.

Градiєнт – плавний перехід між заданими кольорами, зокрема між чорним і білим кольором.

Декартова система координат – теж саме, що і прямокутна система координат.

Еквідистантний об'єкт – об'єкт, розташований на однаковій відстані від чого-небудь.

Зумування – зменшення чи збільшення об'єктів на екрані.

Колір – суб'єктивна характеристика об'єкта, яка існує тільки за наявності спостерігача.

Колірні моделі – спосіб представлення великої кількості кольорів за допомогою розкладання його на прості складові.

Комп'ютерна графіка – область діяльності, в якій комп'ютери використовуються як інструмент для створення зображень, так і для їх обробки. Також результат цієї діяльності.

Масив – засіб розмноження об'єктів у формі прямокутного масиву, кругового масиву або масиву за заданою траєкторією на площині або 3D просторі.

МСК – світова система координат у програмі AutoCAD, яка є основною.

Область – замкнута частина площини, отримана шляхом перетворення існуючих двовимірних примітивів (кругів, багатокутників, еліпсів, кілець і смуг) та двовимірних замкнутих поліліній.

Перетин – зображення фігури, що виходить при розтині предмета площиною. У програмі AutoCAD – здобуття області за формою перетину.

Піксель – найменший елемент поверхні візуалізації, якому може бути незалежним чином задані колір, інтенсивність та інші характеристики зображення.

Плоттер – графічний пристрій для автоматичного викреслювання з великою точністю малюнків, схем, складних креслень, карт та іншої графічної інформації на папері розміром до A0 або кальці. Графічні пристрої малюють зображення за допомогою пера.

Полілінія – єдиний об'єкт, в якому комбінуються лінійні сегменти і дуги.

Полярна система координат – координати точки визначаються відстанню від точки до заданої точки (полюсу) і кутом між прямою від полюса до точки і заданою прямою, що проходить через полюс (полярною віссю).

Прив'язка – один із засобів підвищення точності креслень. Координати точки прив'язуються до координатної сітки або до характерних точок вже побудованих об'єктів.

Примітив – елементарний векторний об'єкт у програмі AutoCAD (точка, відрізок, коло, прямокутник, багатокутник тощо).

Простір Листа – простір AutoCAD, призначений в основному для друкування креслень. Простір обмежений розміром аркуша для друку. Може створювати декілька просторів Листа.

Простір Моделі – простір AutoCAD, де формуються креслення як двовимірних, так і тривимірних об'єктів. За замовчуванням безмежний.

Прямокутна система координат – прямолінійна система координат зі взаємно перпендикулярними осями на площині або в просторі.

ПСК – користувацька система координат. Можна створювати скільки завгодно ПСК.

Растрова графіка – зображення складається з великого числа окремих точок (пікселів), нероздільних людським оком.

Растрування – процес перетворення векторного зображення у растрове.

Робочий простір – це набір меню, палітр, панелей інструментів і панелей, налаштованих на рішення певних задач, таких, як креслення в дво- або тривимірному просторі.

Роздільна здатність – величина, що показує, скільки точок мінімального розміру може відтворювати пристрої вводу-виводу на одиницю довжини.

Розріз – зображення предмета, подумки розітнутого однією або декількома площинами. У програмі AutoCAD – розділення одного об'єкта на окремі частини.

Ручка – маленькі квадратики, які висвічуються у визначальних точках виділених об'єктів.

Системні змінні – один із елементів управління роботою AutoCAD і різноманітними параметрами робочого середовища програми.

Сплайн – гладка крива, що проходить через задані точки.

Твердотільні примітиви – елементарні об'єкти (паралелепіпед, циліндр, піраміда, куля, тор, спіраль, тривимірна полілінія), з яких будуються складні тривимірні моделі.

Тіло – частина простору, обмежене замкнутою поверхнею і що має певний об'єм.

Тонування – створення фотореалістичного або реалістичного тонованого зображення 3D тіл або моделі поверхні.

Трасування – один з методів перетворення растрового зображення у векторне.

Фаска – скіс кутів прямокутника.

Шаблон – форма документа з вже заповненими полями, які можна використовувати як зразок.

Шари – один з інструментів AutoCAD на зразок листів прозорої плівки, на які наносяться незалежні від інших креслень об'єкти.

Використана література

1. Вбудована довідка з роботи з програмою AutoCAD (розділ "Руководство пользователя. Пользовательский интерфейс").
2. Детализирование чертежа общего вида изделий: методические указания ДЗ6 / сост. Т. П. Ермаченко, Д. А. Курушин, А. В. Рандин. – Ульяновск : УлГТУ, 2004. – 35 с.
3. Единая система конструкторской документации. – М. : Изд. стандартов, 2001. – 160 с.
4. Концевич В. Г. Особенности работы в системах 2,5-мерного и трехмерного черчения : учебн. пособ. / В. Г. Концевич. – Сумы : СУМГУ, 2005. – 59 с.
5. Лагерь А. И. Инженерная графика / А. И. Лагерь. – 6-е изд., – М. : Высшая школа, 2009. – 335 с.
6. Левыкин И. В. Компьютерная графика : учебн. пособ. / И. В. Левыкин, А. Н. Барков. – Х. : Изд. ХГЭУ, 2002. – 92 с.
7. Методичні рекомендації до виконання лабораторних робіт з навчальної дисципліни "Інженерна і комп'ютерна графіка" для студентів на пряму підготовки "Видавничо-поліграфічна справа" всіх форм навчання / укл. В. Є. Климнюк. – Х. : Вид. ХНЕУ. 2011. – 76 с.
8. Методичні рекомендації до виконання практичних робіт з навчальної дисципліни "Інженерна і комп'ютерна графіка" для студентів на пряму підготовки "Видавничо-поліграфічна справа" усіх форм навчання / укл. В. Є. Климнюк, Ю. А. Сисоєва. – Х. : Вид. ХНЕУ. 2010. – 80 с.
9. Методичні рекомендації до самостійної роботи з навчальної дисципліни "Інженерна та комп'ютерна графіка" для студентів на пряму підготовки 6.051501 "Видавничо-поліграфічна справа" всіх форм навчання / укл. В. Є. Климнюк. – Х. : Вид. ХНЕУ. 2012. – 48 с.
10. Орлов А. А. AutoCAD 2011. Самоучитель (+ CD с видеокурсом) / А. А. Орлов. – СПб. : Питер, 2011. – 384 с.
11. Практикум по начертательной геометрии, инженерной и компьютерной графике : учебн. пособ. / Тепляков Ю. А., Зауголков И. А., Шамкин В. Н. – Тамбов : Изд. Тамб. гос. техн. ун-та, 2005. – 104 с.
12. Соколова Т. Ю. AutoCAD 2011 : учебный курс (+ CD) / Т. Ю. Соколова. – СПб. : Питер, 2011. – 576 с.

13. Хазагаева Е. И. Инженерная графика. Методические указания с вариантами заданий для студентов технологических специальностей заочного обучения / Хазагаева Е. И., Соснина Т. В., Доржиев Ц. Ц. – Улан-Удэ : ВСГТУ, 2007. – 45 с.

14. Бесплатные уроки по курсу AutoCAD [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://www.autocadschool.ru/Lessons.htm>.

15. Кривые Безье для ваших игр : учебник [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://3d-orange.com.ua/bezier-curves-for-your-games-tutorial/>.

16. Мультимедийный обучающий курс [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <http://teachpro.ru/%D0%9A%D1%83%D1%80%D1%81/Auto-desk+AutoCAD+2009>.

Зміст

Вступ.....	3
Розділ 1. Принципи побудови графічних об'єктів	7
1. Введення до системи автоматизованого проектування AutoCAD	7
1.1. Види і особливості комп'ютерної графіки	7
1.1.1. Векторна графіка.....	8
1.1.2. Перетворення векторного зображення у растрове і навпаки	10
1.2. Основні відомості про автоматизовану систему AutoCAD.....	11
1.3. Основи роботи в графічному інтерфейсі системи AutoCAD.....	13
1.4. Використання команд у командному рядку	15
Питання для самодіагностики	17
2. Використання шаблонів і стандартів креслення.....	17
2.1. Налаштування робочого середовища системи AutoCAD	18
2.1.1. Запуск системи AutoCAD	18
2.2. Створення нового креслення з використанням шаблонів	20
2.3. Система координат. Поворот і переміщення системи координат ..	21
2.4. Застосування прямокутних і полярних координат	23
2.4.1. Прямокутна система координат	23
2.4.2. Полярні координати	24
Питання для самодіагностики	26
3. Особливості побудови елементарних об'єктів.....	27
3.1. Побудова відрізків.....	28
3.2. Допоміжні точки та лінії будування (пряма, промінь)	29
3.2.1. Точка.....	29
3.2.2. Допоміжні лінії	29
3.3. Побудова прямокутників.....	30
3.4. Побудова багатокутників	31
3.5. Побудова криволінійних об'єктів	31
3.5.1. Кола	31
3.5.2. Дуги.....	32
3.5.3. Еліпси	34
3.5.4. Еліптична дуга.....	34
3.5.5. Сплайни.....	34
3.5.6. Полілінії	35
3.6. Штрихування	36
Питання для самодіагностики	36

4. Відстеження та прив'язка об'єктів	37
4.1. Крокова прив'язка й сітка	38
4.2. Полярне відстеження.....	39
4.2.1. Задання точок методом "напряма – відстань"	39
4.2.2. Режим відстеження опорних полярних кутів	40
4.3. Прив'язка до характерних точок об'єктів	41
4.4. Об'єктне відстеження.....	45
Питання для самодіагностики	47
Розділ 2. Методи побудови складних двовимірних і тривимірних графічних об'єктів	48
5. Методи редагування простих та складних об'єктів	48
5.1. Методи вибору та виділення об'єктів.....	49
5.2. Копіювання і переміщення об'єктів, масиви об'єктів.....	51
5.2.1. Копіювання і переміщення.....	51
5.2.2. Розмноження об'єктів у вигляді масиву	51
5.3. Дзеркальне відбиття об'єктів. Подібність об'єктів. Обертання об'єктів	53
5.3.1. Дзеркальне відбиття об'єктів.....	53
5.3.2. Створення подібних об'єктів.....	53
5.3.3. Обертання об'єктів.....	54
5.4. Редагування форми та розмірів об'єктів.....	55
5.4.1. Обрізання і подовження ліній	55
5.4.2. Створення фасок і сполучень.....	55
5.4.3. Масштабування об'єктів	56
5.4.4. Розтягування об'єктів.....	56
5.5. Редагування за допомогою ручок	57
Питання для самодіагностики	58
6. Особливості роботи з шарами й текстовими стилями	59
6.1. Установка властивостей об'єктів	59
6.1.1. Геометричні властивості.....	59
6.1.2. Загальні властивості.....	60
6.2. Шари та їх властивості	61
6.2.1. Створення нового шару і типів ліній	62
6.2.2. Управління видимістю шарів	62
6.3. Нанесення на креслення лінійних і кутових розмірів	63
Питання для самодіагностики	63

7. Побудова і редагування твердотілих тривимірних моделей	64
7.1. Тривимірна система координат. Види	65
7.1.1. Рівень і висота.....	65
7.1.2. Види і видові екрани	66
7.2. Області та тіла. Створення, об'єднання, вилучення та перетинання областей.....	68
7.3. Особливості елементарних тривимірних об'єктів	69
7.4. Методи побудови твердотільних об'єктів	70
7.4.1. Формування твердих тіл з твердотільних примітивів.....	71
7.4.2. Формування твердих тіл методом витискування.....	71
7.4.3. Формування твердих тіл методом обертання	72
7.4.4. Формування твердих тіл за перетинами.....	73
7.5. Редагування тіл. Об'єднання і вилучення тіл	74
7.5.1. Формування складних тіл	74
7.6. Перетини та розрізання тіл площиною	75
7.6.1. Побудова перетинів (розрізів) тіл.....	75
7.7. Візуалізація тривимірних моделей. Тонування моделей.....	76
7.7.1. Матеріали	76
7.7.2. Тонування.....	77
7.8. Здобуття комплекту двомірних креслень з тривимірної моделі	78
Питання для самодіагностики	81
8. Компонування аркушів і друкування креслень.....	82
Питання для самодіагностики	82
Висновки.....	83
Глосарій.....	84
Використана література	87

