

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
МИКОЛАЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**Інженерно-енергетичний факультет**

**Кафедра електроенергетики,  
електротехніки та електромеханіки**

**Системи автоматичного проектування і розрахунку (САПР)**

курс лекцій для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти  
ОПП «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» спеціальності  
141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» денної форми  
здобуття вищої освіти

Миколаїв

2023

УДК 004.92

С34

Рекомендовано до друку науково-методичною комісією Інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету (протокол № 3 від 13.11.2023 р.).

Укладачі:

Володимир МАРТИНЕНКО – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

Рецензенти:

Грубань Василь – канд. т. наук, доцент кафедри тракторів та сільськогосподарських машин, експлуатації та те-хнічного сервісу, Миколаївський національний аграрний університет.

Вахоніна Лариса - канд. фіз.-мат. наук, доцент кафедри електроенергетики, електротехніки та електромеханіки, Миколаївський національний аграрний університет.

© Миколаївський національний  
аграрний університет, 2023

## Зміст

Вступ .....	4
1. Введення в САПР.....	5
1.1 З розвитку САПР .....	5
1.2. Загальні відомості про системи автоматизованого проектування в електроенергетиці .....	8
1.3. Основні цілі та завдання САПР .....	10
1.4. Функціональна структура САПР .....	13
1.5. Підсистеми САПР .....	15
1.6. Види забезпечення САПР .....	16
2. Система автоматизованого проектування AutoCAD.....	18
2.1. Організація роботи в AutoCAD .....	18
2.2. Побудова об'єктів у AutoCAD .....	29
2.3. Шари, кольори та типи ліній .....	43
2.4. Методи редагування .....	49
2.5. Блоки, атрибути та зовнішні посилання .....	61
3. Розрахунок режиму роботи енергосистеми у MatCAD.....	70
3.1. Порядок побудови математичної моделі ЕС .....	70
3.2. Виконання розрахунків режиму в MatCAD .....	77
Список використаних інформаційних джерел.....	83

## Вступ

Метою вивчення дисципліни «САПР» є освоєння теоретичних та практичних методів та сучасних систем автоматизованого проектування (САПР) у рамках кваліфікаційних вимог, що висуваються до бакалавра за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка», та застосування їх на практиці.

Лекції з дисципліни проводяться з використанням презентацій, але основну частину теоретичного матеріалу вміщено в даному навчально-методичному комплексі. У лекціях можуть демонструватися скринкасти - навчальні фільми, побудовані на базі діючих інтерфейсів програмних комплексів САПР, що вивчаються, і розглядатися додатковий матеріал у вигляді пояснень і практичних прикладів.

На лекціях з вивчення конкретних методів проектування та програмних засобів САПР можуть проводитися керовані самостійні заняття студентів, на яких для індивідуального чи групового виконання пропонуються практичні завдання з консультуванням студентів під час виконання та контролем результатів.

# 1. ВСТУП У САПР

## 1.1. З розвитку САПР

Стан та рівень розвитку теорії систем автоматизованого проектування (САПР) технічних об'єктів та електричних систем залежать насамперед від вимог, що пред'являються до результатів проектування. Останні визначаються наявними можливостями технологічної реалізації проектів та доступними засобами проектування. Зазначені фактори змінюються в ході науково-технічного прогресу і відповідно до цього вдосконалюється теорія проектування технічних об'єктів.

Історію розвитку САПР можна умовно розбити кілька етапів.

*До 30-х років ХХ століття*– ручне індивідуальне проектування (відомі дуже давні індивідуальні проекти, виконані у III–II ст. до н.е.).

Індивідуальне проектування зіграло прогресивну роль становленні технічних галузей, створенні якісно нових, високоефективних на той час технічних пристроїв і систем. Однак зі зростанням кількості типорозмірів, розширенням номенклатури виробів, що випускаються, і ускладненням їх конструкції індивідуальна форма проектування почала гальмувати подальший розвиток промисловості. Суперечності між потребами промисловості та можливостями індивідуального проектування були усунені шляхом переходу до нової форми проектування, яку називають ручним типовим проектуванням.

*1940-50-ті роки*– ручне типове проектування; тим часом з'являються методи групового проектування, агрегування та уніфікації.

Метод групового проектування полягає в тому, що проектується не один конкретно необхідний виріб, а ціле сімейство (параметричні ряди) конструктивне подібних виробів, що задовольняють всім існуючим і прогнозованим умовам їх використання. Завдяки однотипності об'єктів та процесів проектування продуктивність групового проектування параметричних рядів виробів значно вища, ніж при індивідуальному проектуванні окремих виробів.

Сутність методів агрегування та уніфікації спочатку полягала у розробці мінімальної кількості типових конструктивних деталей та вузлів, які потім будуть багаторазово використані при проектуванні різних виробів. Надалі уніфікація охопила всі сфери проектування, включаючи організаційні, і справила значний вплив також організацію спеціалізованих виробництв складових частин виробів. Завдяки агрегуванню та уніфікації підвищилася не лише продуктивність праці проектувальників. З'явилися нові можливості підвищення надійності виробів шляхом реалізації принципів функціональної та монтажної взаємозамінності їх складових частин.

*1960-ті роки-* Здійснено перехід до єдиної системи конструкторської документації (ЄСКД), яка встановила єдині правила її оформлення.

Однак поряд з важливими перевагами типового проектування виявились і його недоліки, пов'язані в основному з ручною формою обробки інформації. Впровадження методів уніфікації та стандартизації призвело до різкого скорочення частки творчої праці у роботі проектувальника. Використання численних довідників, стандартів та інших нормативних документів, а також типових проектних рішень суттєво збільшило трудомісткість проектування.

Одночасно з методами проектування набули розвитку технічні засоби проектування. З'явилися арифмометри, друкарські пристрої, що швидко діють, різні засоби швидкого розмноження проектної документації. Почалася механізація процесу проектування. Таким чином, можливості процесу проектування в цілому різко зросли і при відповідному зростанні числа проектувальників виявились в певний період достатніми для задоволення потреб промисловості у нових розробках.

*1970-і роки-* Початок широкого застосування ЕОМ та їх периферійних пристроїв як принципово нових технічних засобів автоматизації проектування.

Частка рутинних робіт у проектуванні перевищила 60%, а терміни проектування зрівнялися із термінами виготовлення та випробувань. Збільшилася чисельність середньої ланки інженерно-технічних працівників, знизилася привабливість та престижність праці проектувальників. Постійно зростаючі потреби нових проектних розробках не можна було задовольнити з допомогою пропорційного зростання проектних організацій за збереження форм типового проектування. Виникла необхідність у докорінній перебудові форм проектування, спрямованої на підвищення якості проектів, скорочення термінів та трудомісткості проектування.

Застосування ЕОМ та його периферійних пристроїв як принципово нових технічних засобів проектування стало основою радикального перетворення процесу проектування.

*1980-ті роки-* З'явилася і почала стрімко наростати тенденція перекладу розрахункових алгоритмів проектування на персональні ЕОМ.

При цьому:

- стали посилено розвиватися чисельні методи розрахунку диференціальних рівнянь та нелінійних залежності на ЕОМ;

- різко збільшилася продуктивність праці розрахунковому проектуванні навіть у ПЕОМ першого покоління;

- виникла суперечність між можливістю ЕОМ розрахувати більше проектних варіантів і фізичної неможливістю проектувальника задавати (генерувати) ці варіанти. Ця

суперечність була усунена з появою ПЕОМ другого покоління, найпростіших обчислювальних мереж та розвитком кібернетичних методів прийняття рішень;

- повне заміщення промислових ЕОМ, незручних у програмуванні та експлуатації, персональними ПЕОМ;

- збільшення швидкодії та обсягу пам'яті ПЕОМ третього покоління у поєднанні з методами пошуку оптимуму дозволило перейти до вирішення низки оптимізаційних завдань проектування;

- скоротився час та підвищилася якість розрахункових проектів;

- поява ПЕОМ третього покоління, оснащених засобами машинної графіки та іншими інструментальними засобами, дозволило автоматизувати як розрахункові, а й конструкторсько-технологічні стадії проектування.

*1990 рік*- Створюються і розвиваються програмно-технічні засоби, орієнтовані на колективну діяльність проектувальників різного профілю (розрахунків, конструкторів, технологів), які не мають глибоких знань у програмуванні та обчислювальній техніці.

Інтерфейс САПР стає універсальним, аналогічним до інтерфейсу основних офісних додатків (Word, Excell).

Розробка та впровадження OLE-технологій (технологій зв'язування та впровадження об'єктів, розроблених в одних програмах, наприклад, АСAD, в інші програми та об'єкти, наприклад, офісні програми або графічні редактори, дозволили суттєво спростити процес створення та комплектування проектів).

*2000 рік*– вирішується проблема конвеєрної автоматизації всіх процесів розрахунку та проектування систем шляхом створення повністю мережових САПР, оснащених спеціалізованими серверними станціями.

Становиться можливим виконання великого обсягу проектних робіт невеликим колективом розробників.

*2010 рік*– поява хмарних технологій, зумовлених наявністю необхідних WEB-ресурсів, дозволяє зробити САПР повністю мобільними, які не залежать від конкретного місця створення проекту: проектувальники можуть знаходитися на великій відстані один від одного, але при цьому працювати в єдиній команді над одним проектом.

Системи автоматизованого проектування здійснили революцію у промисловості, скоротивши обсяг ручної праці, підвищивши точність конструювання, зменшивши кількість помилок, збільшивши продуктивність проектувальників та покращивши якість проектів.

## **Проблеми впровадження САПР**

Як це зазвичай буває, вирішення проблем автоматизації проектних робіт викликало появу проблем іншого рівня складності:

1. Відсутні єдині стандарти САПР для проектної інформації. Повторне використання спроектованих раніше об'єктів та систем утруднене через несумісність форматів даних у різних САПР. За оцінкою Національного інституту стандартів і технології (США), через несумісність стандартів різних САПР одна тільки американська автомобільна галузь щорічно втрачає понад 1 млрд дол. Відомий скандал і з проектуванням лайнера Airbus A380, коли затримка у внесенні змін до електричної системи літака викликана серед інших причин невідповідністю форматів, що призвела до багатомільярдних збитків.

2. Розробники різних САПР прагнуть закрити інформацію про використовувану файлову структуру, довільно змінювати, ускладнювати або навіть шифрувати її, що не дозволяє користувачам САПР самостійно створювати якісні конвертери для суміщення форматів або даних.

3. Складність освоєння нових версій САПР. Це з кількома причинами:

- складні моделі, створені за допомогою попередньої версії САПР, який завжди правильно інтерпретуються у наступній;
- постійно розширюється функціонал САПР, тому за оновлення САПР необхідно переучувати фахівців, відриваючи їхню відмінність від роботи;
- після кожного оновлення САПР доводиться виявляти старі помилки заново, і навіть винаходити способи їх обійти.

4. Не вирішено проблему передачі проекту виробу, розробленого САПР, у виробництво. Такий розрив може виникнути, якщо на підприємстві не залишилося грамотних конструкторів, які розуміють особливості виробів, що проектуються, і досвідчених технологів, які знають можливості свого виробництва.

Наявність цих проблем не знижує значення САПР, але показує, що процес вдосконалення САПР триває.

## **1.2. Загальні відомості про системи автоматизованого проектування в електроенергетиці**

Сучасна система автоматизованого проектування є організаційно-технічну структуру, що складається з комплексу засобів автоматизації з урахуванням ПЕОМ і обчислювальних мереж, пов'язують всі підрозділи проектної організації на єдине ціле.

Автоматизоване проектування характеризується такими важливими перевагами:



- можливістю для практичного використання принципово нових методів проектування (методів математичного моделювання, методів оптимізації, прийняття рішень тощо);
- використанням складних, але точніших моделей об'єктів проектування (електричних розподільчих мереж);
- можливістю аналізу великої кількості варіантів проектних рішень;
- виключенням випадкових помилок при виконанні інженерних розрахунків та формуванні проектної документації;
- багаторазовим зростанням продуктивності праці проектувальників та підвищенням якості проектів;
- творчим характером праці проектувальників

При проектуванні об'єктів електроенергетики, що відносяться до різних підсистем (електричні мережі, електрична частина станцій і підстанцій, електропостачання промислових підприємств та ін), потрібно обробляти великий обсяг різноманітної інформації. Трудомісткість проекту різко зростає за необхідності пошуку найбільш оптимальних параметрів та режимів роботи систем електропостачання (СЕП) на основі багатоваріантних електричних та техніко-економічних розрахунків.

Ефективність прийнятого рішення багато в чому визначається кваліфікацією та досвідом проектувальників. Однак навіть досвідчені фахівці не застраховані від помилок та прийняття неоптимальних варіантів. При цьому традиційні способи вирішення проектних завдань призводять до невиправдано великих витрат праці та часу проектувальників на підготовку проектної документації.

При використанні САПР технічні рішення приймаються в режимі діалогу проектувальника з ЕОМ на основі математичного моделювання об'єктів проектування, що дозволяє:

- підвищити точність та виключити помилки у розрахунках;– забезпечити вибір оптимального варіанта;– прискорити підготовку проектної документації.

Побудова САПР об'єктів електроенергетики є досить складною проблемою, так як СЕП є ієрархічною і складається з великої кількості взаємозалежних елементів.

При впровадженні САПР необхідно, передусім, вирішити, яких завдань проектування найефективніше її застосування. Ці завдання повинні мати математичні методи вирішення, на основі яких розробляються алгоритми та програми для ЕОМ.

Під час створення САПР використовуються такі принципи:– комплексний підхід до створення САПР;

- модульність структури та безперервність розвитку САПР;

- інформаційна єдність та повна керованість потоками інформації;
- інваріантність (компоненти САПР повинні бути по можливості універсальними та незмінними щодо об'єктів проектування та використовуваної обчислювальної техніки);
- сумісність (технічна, інформаційна та програмна);
- використання нових методів вирішення завдань та комплексність їх вирішення;
- типізація та стандартизація використовуваних елементів та рішень;
- математична визначеність проектних завдань;– наявність універсальної оптимізаційної підсистеми.

Тому будь-яке підприємство, що планує впровадження САПР, має відмовитися від індивідуальних методів проектування, зосередивши зусилля на швидкому переході проектних підрозділів на САПР.

### **1.3. Основні цілі та завдання САПР**

Основними цілями створення САПР є:

- 1) підвищення якості та техніко-економічного рівня проєктованих об'єктів на основі застосування математичних методів та моделей, що відображають специфічні особливості проєктованих об'єктів, алгоритмів, програм та сучасних засобів обчислювальної техніки, а також за рахунок застосування багатоваріантного проектування та оптимізації;
- 2) збільшення продуктивності праці проєктувальників шляхом автоматизації процесів пошуку, обробки та видачі інформації;
- 3) скорочення термінів підготовки проектної документації та покращення якості її оформлення;
- 4) підвищення частки творчої праці проєктувальників за рахунок автоматизації однотипних (рутинних) робіт, що повторюються.

Автоматизація процесу проектування може застосовуватися на всіх або окремих стадіях створення проектної документації для об'єктів електроенергетики в цілому або їх складових частин.

Найбільша ефективність від запровадження САПР досягається при автоматизації всього процесу проектування – від постановки завдання до випуску робочої проектної документації. Використання САПР дозволяє скоротити терміни розробки проєктів у 3-4 рази та підвищити якість прийнятих рішень.

Наприклад, створення в САПР проєкту електропостачання 24-поверхової будівлі колективом із трьох розробників займає 3–4 дні, раніше на це витрачалося до 4-х місяців.

Основними проектними завданнями в галузі електроенергетики є:

## *1. Аналіз та вибір приймачів електроенергії (ПЕ).*

Вихідна інформація для вирішення цього завдання – вимоги технологічного процесу та технологічного обладнання, для забезпечення функціонування яких призначено СЕП (електропривід, електротермічні установки, світлотехнічне обладнання, пристрої та системи контролю роботи технологічних установок, спеціальне обладнання), а також довідково-нормативні дані з електроустаткування, за допомогою якого виконуються ці вимоги.

На базі переліку ПЕ складаються групи споживачів електроенергії та розраховуються навантаження окремих груп ПЕ на різних рівнях системи електропостачання з урахуванням усіх можливих режимів роботи, включаючи аварійні режими, вибираються відгалуження – розподільні пристрої (РУ) до електроприймачів, забезпечені пускозахисною апаратурою.

## *2. Вибір та розміщення вузлових точок СЕП.*

При цьому виконується побудова структурної схеми СЕП (розподільчої мережі), яка показує напрямки передачі електроенергії від джерел електричної енергії до споживачів.

Зазвичай ПЕ живляться електроенергією:

- на рівні енергосистеми – від джерел живлення (ДЖ) через систему понижуючих трансформаторних підстанцій (ПС), пов'язаних з ДЖ та між собою районними та місцевими електричними мережами високої напруги;

- на рівні СЕП промислових підприємств – від головних знижувальних підстанцій (ГЗП) чи розподільчих пунктів (РП), розподільчих пристроїв (РП) та розподільчих пунктів, пов'язаних розподільчою мережею 6–10 кВ;

- на рівні внутрішньо цехового електропостачання – від цехових ТП (ЦТП), розподільчих та силових пунктів (СП).

У цілому нині ПС, ГЗП, РП, РП, ЦТП, СП як і первинні, і вторинні джерела, у межах структурних схем можна як вузлові точки, якими відбувається передача енергії від джерел до ПЕ.

Вибір та розміщення зазначених вузлових точок в основному залежить від трьох факторів:

- структурної схеми СЕП;
- розміщення споживачів електроенергії на території району чи підприємства;
- типової конфігурації електричної мережі (розімкнена, замкнута або суттєво розгалужена).

Усі три чинники під час вирішення цього завдання передбачаються відомими. Тоді безліч варіантів вибору та розміщення вузлових точок визначається допустимими зонами

та трасами прокладання електричних мереж. Вибір кінцевого варіанту із зазначеної множини також є рішенням оптимізаційної задачі, що задовольняє критерію мінімуму наведених витрат, а також вимогам надійності електропостачання. У найпростішому разі за критерій оптимальності можна прийняти мінімум сумарної довжини електричних мереж.

### *3. Розробка важливих електричних схем.*

Це завдання вимагає деталізації схем підстанцій та інших вузлових елементів СЕП шляхом вибору силового та комутаційного обладнання, виконання електричних мереж (повітряні, кабельні, струмопроводи, шинопровід), кількості трансформаторів на ПС. Вибір, як правило, здійснюється на заданій множині відповідних елементів, що випускаються промисловістю, і типових схем підстанцій. У цілому нині завдання може мати низку варіантів розв'язання й у випадку також належить до класу оптимізаційних завдань. В результаті рішення мають бути отримані принципові електричні схеми та повний перелік усіх елементів, що входять до схеми.

### *4. Вибір елементів та функціональний аналіз СЕП.*

Після розробки принципових схем необхідно вибрати елементи ЕЕС – типи та потужність трансформаторів, типи та перерізи проводів та кабелів ЛЕП, а також трас їх прокладки, типи вимикачів та іншого підстанційного обладнання. Вибір елементів здійснюється за низкою технічних та економічних критеріїв (для провідників – економічної щільності струму, допустимого нагрівання розрахунковим струмом та ін., для силових вимикачів – робочого струму, комутаційної здатності та ін.).

Вибір елементів супроводжується перевіркою працездатності схем СЕП з урахуванням вимог якості та надійності електропостачання у робочих та аварійних режимах. Наприклад, при проектуванні електричних мереж енергосистеми потрібно перевірити виконання вимог до якості напруги у вузлах мережі в режимі мінімальних та максимальних навантажень, при проектуванні СЕС підприємств – до провалів напруги при короткочасних підвищеннях навантаження, пуску високовольтних електродвигунів або струмах короткого замикання на різних режимах.

Функціональний аналіз зазвичай здійснюється шляхом математичного моделювання роботи ЕЕС на ЕОМ.

Послідовне вирішення зазначених вище завдань визначає основний зміст етапів проектування. Завершуються ці етапи випуском проектної документації, передбаченої стандартом, в якій повинні бути відображені специфікація електрообладнання СЕП на рівні принципових однолінійних схем, схеми розміщення вузлових підстанцій у географічному просторі, принципові схеми СЕП, плани розташування ЕП, розрахункові навантаження,

розрахунок струмів коротких кабельно-трубні журнали, техніко-економічне обґрунтування проекту.

#### 1.4. Функціональна структура САПР

Функціональна структурна схема сучасної САПР СЕС представлена на рис. 1.



Рис. 1 Структурна схема сучасної САПР СЕС

Центральне місце у структурі займає система управління процесом проектування – управляюча графічна станція, що працює з урахуванням штатної операційної системи ПЕОМ.

Вона є системний комплекс – програмний монітор, організуючу взаємодію між усіма програмними компонентами САПР. Ця частина загального комплексу викликає необхідні службові програми, дає їм завдання виконання, отримує результати і т.п.

Зв'язок конструктора проекту СЕП з програмним монітором, а через нього та з іншими розробниками цього проекту здійснюється через локальну мережу ПЕОМ, що підтримується сервером локальної мережі.

Через програмний монітор та конвертер до САПР з використанням набору драйверів підключається комплекс апаратних засобів (сканер, дигітайзер, графобудівник, мережевий принтер, стример-накопичувач на магнітній стрічці тощо).

Вся інформація, необхідна організації та реалізації процесу проектування, зберігається в електронній базі даних (БД). База даних підтримується (керується) сервером

БД, який можна встановити як у окремій ПЕОМ, і входити до складу програмного монітора САПР, а комплексі скласти систему управління базами даних (СУБД).

СУБД включає три основні розділи даних:

- довідково-нормативні дані;
- дані поточного проекту СЕС;
- дані архівних проектів, раніше виконаних у САПР.

Архівні дані можна зберігати як на жорстких дисках ПЕОМ, а й у окремих магнітних носіях, і встановлювати в САПР за необхідності. Для цієї мети у складі САПР передбачено стрімер-накопичувач.

У свою чергу, у розділах СУБД можна виділити ряд підрозділів. Наприклад, проектних даних можна виділити окремо геометричну модель монтажного простору. Зв'язок між розділами СУБД та розбиття на підрозділи переважно визначається логічною структурою побудови інформаційної моделі СЕС. Слід особливо наголосити, що в СУБД, зокрема, у довідково-нормативній базі даних, повинні зберігатися дані не тільки в алфавітно-цифровій формі, а й у графічній, наприклад, стандартні зображення елементів схем (блоки) або типові схемні рішення (моделі) .

Програмний монітор САПР може мати зв'язок із хмарними структурами, що містять БД довідкової інформації, типових рішень та розрахунків різного призначення.

Є можливість виходу в інтернет для пошуку деякої інформації загального характеру.

Для обробки різних видів даних у процесі проектування та забезпечення його реалізації у повному обсязі у структурі САПР передбачені спеціальні програми – інструментальні засоби. До складу програмного інструменту входять крім СУБД системи машинної графіки, випуску графічної та алфавітно-цифрової конструкторської документації та організації діалогу під час введення та виведення графічної та текстової документації (програмні інтерфейси). Застосування єдиних інструментальних засобів істотно полегшує процес розробки нових прикладних модулів та внесення змін до діючих модулів, роблячи цим САПР відкритою системою, готовою до постійного вдосконалення.

Використовуючи арсенал програмних інструментальних засобів і СУБД, монітор управляє роботою прикладних програмних комплексів (ПК), призначених для вирішення окремих завдань проектування як в автономному, так і в конвеєрному режимах роботи. Прикладні ПК можуть реалізувати різні сценарії організації процесу проектування в САПР залежно від конкретних завдань, алгоритмів їх вирішення та спільності окремих процедур проектування.

## 1.5. Підсистеми САПР

Системи автоматизованого проектування належать до складних систем, що характеризуються великою різноманітністю складових елементів і розв'язуваних завдань. Для зручності користування засоби автоматизованого проектування об'єднуються у підсистеми САПР.

Підсистема САПР – це виділена за певними ознаками частина САПР, що забезпечує отримання закінчених рішень та відповідних проектних документів.

Основним структурним елементом САПР будь-якого рівня складності є функціональна підсистема, що проектує.

По відношенню до об'єкта проектування можна виділити два види підсистем: об'єктно-орієнтовані (об'єктні) та об'єктно-незалежні (інваріантні).

Функціональні об'єктні підсистеми виконують певні проектні процеси з урахуванням конкретних вихідних даних з урахуванням специфіки проектування.

Інваріантні проектують підсистеми дозволяють отримувати технічні рішення, що не залежать від галузі промисловості (схеми управління, компоновання РП, розкладання кабелів у тунелі тощо).

Підсистеми, що проектують, включають компоненти САПР, під якими розуміються засоби забезпечення, що виконують певні функції.

У САПР електричної частини промислового підприємства як основні функціональні підсистеми можуть бути виділені підсистеми проектування електропостачання, силового електрообладнання, електричного освітлення, ліній електропередачі, підстанцій і т.п.

Функціональні підсистеми САПР повинні бути взаємопов'язані та спиратися на загальну інформаційну базу. Кожна функціональна підсистема базується на єдиному комплексі засобів автоматизації проектування, що включає обчислювальні системи, автоматизовані банки даних і т.п.

Функціональна частина САПР обслуговується комплексом підсистем загального призначення. До них відносяться підсистеми:

- графічного відображення об'єкта та його елементів;
- кодування, контролю та перетворення інформації;
- випуску кошторисної документації;
- оформлення та тиражування проектної документації;
- управління БД;
- інформаційного пошуку тощо.

Властивості та можливості САПР істотно залежать від підсистем, що забезпечують.

Серед функціональних підсистем САПР електричної частини промислового підприємства однією з основних є підсистема проектування електропостачання. З її допомогою в інтерактивному режимі проводяться необхідні розрахунки та вирішуються інформаційно-логічні завдання з метою випуску проектної документації.

Підсистема будується на таких основних засадах:

- мінімальній кількості вихідних даних для отримання необхідної вихідної документації;
- можливості спілкування проектувальника з ЕОМ на різних етапах обробки інформації;
- допустимість коригування вихідної та нормативно-довідкової інформації, а також програмного забезпечення без порушення функціонування підсистеми в цілому;
- можливості побудови нової моделі конфігурації електричної мережі на основі раніше введеної інформації;
- отримання від ЕОМ документів, придатних безпосередньої комплектації проекту.

Підсистема проектування електропостачання функціонально та інформаційно пов'язана з іншими підсистемами САПР електричної частини промислового підприємства: проектуванням схем розташування силового електрообладнання, розрахунками електричного навантаження, падіння напруги на ділянках, струмів короткого замикання, структурною оптимізацією, розрахунком схем електричного освітлення та ін. загальну інформаційну базу.

## **1.6. Види забезпечення САПР**

Кошти автоматизації проектування можна згрупувати за видами забезпечення САПР.

*Технічне забезпечення САПР.* Є сукупністю взаємозалежних та взаємодіючих технічних засобів (ПЕОМ різних класів, обладнання локальної мережі ПЕОМ, xDSL-модемів, систем введення та виведення графічної та текстової інформації тощо), призначених для виконання автоматизованого проектування.

*Математичне забезпечення САПР.* Включає математичні моделі проєктованих об'єктів, методи та алгоритми для вирішення задач та обробки інформації із застосуванням обчислювальної техніки.

Елементи математичного забезпечення САПР дуже різноманітні. До них належать методи чисельного розв'язання алгебраїчних та диференціальних рівнянь, пошуку екстремуму, оптимізації, а також розв'язання різноманітних завдань електроенергетики.



Практичне використання математичного забезпечення складає основи розробки програм для ПЕОМ.

*Програмне забезпечення* – це сукупність програм для обробки даних на машинних носіях інформації та експлуатаційних документів, що їх супроводжують. Програмне забезпечення САПР поділяється на загальносистемне та прикладне (спеціальне).

Загальносистемне програмне забезпечення призначене для організації функціонування технічних засобів та представлено в САПР операційними системами ЕОМ та обчислювальних комплексів.

Прикладне програмне забезпечення САПР призначене на вирішення різноманітних завдань проектування. Його склад залежить від проєктованого об'єкта, специфіки та обсягу завдань, що вирішуються конкретною САПР. Прикладні програми розробляються з урахуванням математичного забезпечення. Розробка програм одна із найбільш трудомістких і відповідальних процесів під час створення САПР.

Так, наприклад, основним завданням проектування електропостачання підприємства є створення оптимального проєкту системи електропостачання, що відповідає діючим нормам та правилам, що має найменші витрати при будівництві та монтажі електротехнічних споруд та забезпечує надійну, зручну та економічну експлуатацію електроустановок.

Для цього у складі програмного забезпечення САПР необхідно мати пакет прикладних програм для ЕОМ, що дозволяють вирішувати окремі завдання проектування СЕС:

- розроблення графічної схеми СЕС;
- вибір обладнання СЕС з БД (розширення та доповнення БД);
- формування специфікацій та відомостей;
- розрахунок електричних навантажень;
- вибір числа, потужності та місця розміщення підстанцій;
- вибір напруги живильної та розподільної мережі;
- розподіл електричних навантажень за підстанціями;
- розрахунок систем компенсації реактивної потужності;
- розрахунок перерізів провідників електричних мереж;
- розрахунок струмів КЗ тощо.

Структура підсистеми проектування електропостачання визначається складом пакета прикладних програм. У пакеті прикладних програм можуть виділятися керуюча та обробні частини.

*Інформаційне забезпечення.* Є сукупністю єдиної системи класифікації та кодування техніко-економічної інформації, уніфікованих систем документації та масивів інформації, що використовуються в САПР. Інформаційне забезпечення поєднує різноманітні дані, подані у вигляді тих чи інших документів на різних носіях інформації.

*Лінгвістичне забезпечення.* Включає спеціальні засоби мови (мови проектування), призначені для опису процедур автоматизованого проектування та проектних рішень. Основну частину лінгвістичного забезпечення становлять мови спілкування людини з ЕОМ.

*Методичне забезпечення.* Охоплює документи, що відбивають склад, правила відбору та експлуатації засобів автоматизованого проектування.

*Організаційне забезпечення.* Включає документи (положення, інструкції, накази, штатні розписи, кваліфікаційні вимоги тощо), що регламентують організаційну структуру підрозділів проектної організації та їхню взаємодію із комплексом засобів автоматизованого проектування.

## **2. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ AutoCAD**

### **2.1. Організація роботи в AutoCAD**

#### **2.1.1. Інтерфейс AutoCAD**

Найбільш поширеною САПР загального користування є програма AutoCAD розробки фірми Autodesk США.

Останнім часом фірма «Autodesk» випускає нові вдосконалені версії свого продукту практично щороку, тому в основу вивчення покладено версію AutoCAD 2014. Ця версія є досить просунутою і водночас за інтерфейсом користувача сумісна з попередніми версіями. Вивчивши інтерфейс цього програмного продукту лінійки САПР, студент зможе з мінімальними витратами часу розібратися й у наступних версіях (чи зрозуміти попередні).

Запуск системи здійснюється за допомогою подвійного клацання лівої кнопки миші по ярлику AutoCAD 2014, розташованому на робочому столі, або меню «Пуск» робочого столу Windows.

Відразу після старту системи відкривається стандартне вікно 2-координатної моделі проектування (рис. 2).

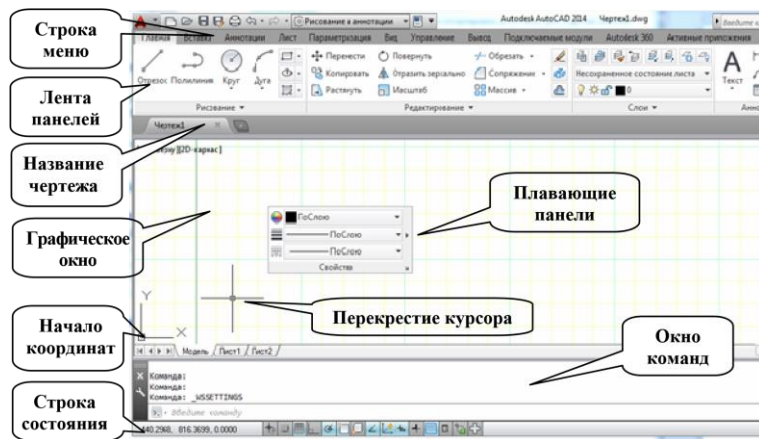


Рис. 2 Вікно 2-координатної моделі проектування

Тут слід зазначити, що для проектування топологічних структур електричних розподільних мереж та їх елементів, на відміну від архітектурних або машинобудівних креслень, 3-координатна модель САПР не використовується або використовується вкрай рідко, тому при інсталяції програмного пакета необхідно дотримуватись політики розгортання та використання 2-координатної моделі.

Для проектування електричних схем використовується 2D-модель, тому на полі моделі користувача, праворуч вгорі, можна бачити напис [-][Зверху][2D-каркас], який позначає, що використовується видовий куб з видом зверху на каркасну плоску схему.

Для забезпечення наступності версій перейдемо до класичної форми представлення AutoCAD через панель адаптації (рис. 3).

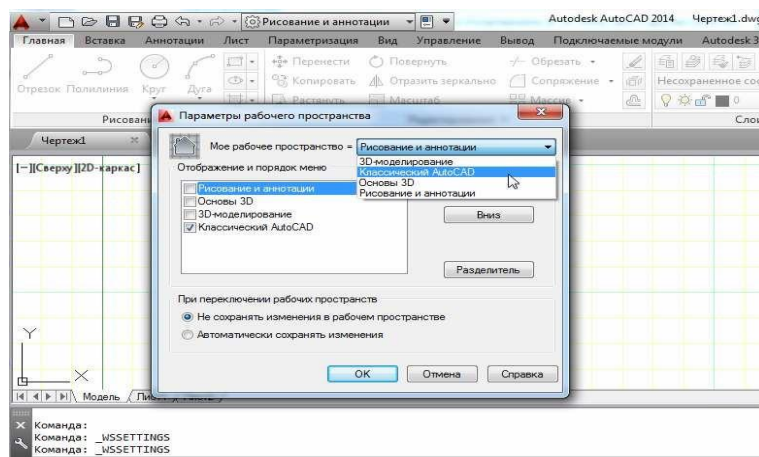


Рис. 3 Форми представлення AutoCAD через панель адаптації

Після перетворення вікно AutoCAD 2-координатної моделі проектування набуде наступного вигляду (рис. 4).

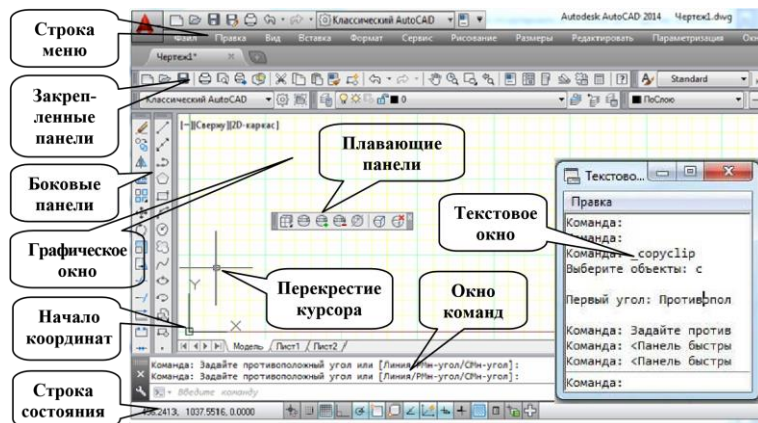


Рис. 4 Діалогове вікно

У рядку меню висвічуються заголовки спадних меню. Виклик конкретного пункту здійснюється натисканням миші спочатку на заголовку меню, а потім на імені потрібного пункту.

Інший спосіб виклику – одноразове натискання клавіші ALT супроводжується підкресленням активних букв у заголовках меню. Ці літери натискаються на клавіатурі, спадає відповідний список меню, після чого необхідно клавішами-стрілками встановити курсор на потрібний пункт і натиснути <Enter>.

У рядку стану (статусному рядку) відображаються координати перехрестя курсору та стан режимів малювання, таких як «Крок» та «Сітка». Імена режимів постійно присутні у статусному рядку як екранних кнопок. Клацніть на кнопці перемикає вказаний на ній режим у протилежний стан. Сама кнопка забарвлюється у блакитний, якщо режим активовано, або сірий, якщо режим деактивовано, колір.

У графічному вікні відображається малюнок AutoCAD і ведуться всі операції з його редагування.

*Перехрестя курсору*, яке керується пристроєм вказівки (зазвичай як останній використовується миша), призначене для вказівки точок, вибору об'єктів малюнка або області графічного вікна.

*Вікно команд* служить для ведення діалогу з користувачем та виведення повідомлень ACAD під час виконання команд. У вікні є командний рядок, де користувач вказує команди для керування роботою ACAD.

Переглянути більшу частину протоколу роботи команд можна, переключившись у текстове вікно, натиснувши клавішу F2. За наявності у вікні команд більше одного рядка переміщення рядками здійснюється за допомогою смуги прокручування.

*Текстове вікно*, що викликається натисканням клавіші F2, служить для показу протоколу введених користувачем команд та повідомлень, виданих програмою. У ньому, як і у вікні команд, можна вводити команди та спостерігати підказки та повідомлення.

На відміну від вікна команд, у текстовому вікні міститься повний протокол поточного сеансу. Перехід у текстове вікно зазвичай виконується під час перегляду результатів команд із інтенсивним текстовим виведенням.

Натискання F2 під час активного текстового вікна викликає спливання вікна програми поверх текстового вікна. Якщо будь-яке вікно згорнуто, натискання F2 призводить до відновлення його повного розміру. Якщо відкриті графічне та текстове вікна, клавіша F2 працює як перемикач між ними.

*Панелі інструментів* (закріплені, плаваючі або бічні) містять набори різних видів команд AutoCAD, представлених у вигляді піктограм (рис. 5).



Рис. 5 Набори різних видів команд AutoCAD

Відображення панелей можна вимикати та вмикати. Виклик набору панелей здійснюється через меню Сервіс/Панелі інструментів/AutoCAD. З'явиться повний набір панелей інструментів AutoCAD. Потрібні панелі відзначаються галочкою при натисканні будь-якої кнопки миші.

Крім того, існує функція створення нових панелей.

Панель може бути плаваючою або закріпленою. Панелі, що плавають, можуть розташовуватися в будь-якому місці області малювання вікна AutoCAD. Їх можна переміщати в будь-яке інше місце та закріплювати, а також змінювати їх розміри. Закріплені панелі примикають до одного із країв області малювання. Не можна змінити розміри закріпленої панелі. Її можна відбуксирувати до іншого місця. Закріплення панелей можна блокувати від переміщення.

Деякі дії та набори команд доступні через контекстні меню, які викликаються натисканням правої кнопки миші у різних зонах екрану.

Як правило, контекстні меню пропонують такі дії:

- повторення останньої команди;
- переривання поточної команди;
- вирізання та копіювання в буфер обміну, вставка з буфера обміну;
- вибір різних опцій команди;
- виклик діалогових вікон "Налаштування", "Адаптація" або "Властивості";
- скасування результату дії останньої виконаної команди.

### **2.1.2. Введення команд**

Введення команд AutoCAD може здійснюватися будь-яким із таких способів: вибором пункту меню, клацанням на піктограмі панелі інструментів, введенням імені команди з клавіатури у вікні команд.

Більшість команд AutoCAD доступна або за допомогою меню, або через панель.

Для введення команди з клавіатури та її виконання слід ввести повне ім'я команди у командному рядку, потім натиснути клавішу <Enter> або <Пробіл> або клацнути правою кнопкою миші.

Більшість команд під час виконання вимагає від користувача завдання різних режимів їхньої роботи – опцій. Введення опцій для деяких команд здійснюється в командному рядку, тоді як інші команди надають спеціальні діалогові вікна.

Для завдання опції в командному рядку достатньо надрукувати хоча б частину її, виділену великими літерами, після чого потрібно натиснути клавішу <Enter>. Щоб вибрати опцію в діалоговому вікні, потрібно клацнути на ній пристроєм вказівки, а потім натиснути кнопку ОК.

Наприклад, при введенні КРУГ у командному рядку видається підказка:

**3Т/2Т/ККР/<Центр>**: – вид підказки для AutoCAD 2007 та раніше; Центр кола або [3Т 2Т ККР]: - Сучасний вид підказки.

Кутові дужки, які містять слово «Центр», означають, що ця опція є поточною. Задати точку центру можна або набором координат X, Y на клавіатурі, або вказівкою точки на екрані.

Квадратні дужки містять альтернативні способи введення опцій команди. Для вибору опції достатньо ввести її частину, виділену великими літерами. Регістр тут не має значення. Наприклад, для побудови кола за трьома точками (опція 3Т) потрібно ввести 3Т.

Видалення зайвих символів у командному рядку здійснюється клавішами BACKSPACE та DEL.

Для повторного виклику останньої команди слід натиснути або <Enter>, або <Пробел> або кнопку введення пристрою вказівки (права клавіша миші). Та ж мета може бути досягнута введенням МНОГОРАЗ в командному рядку перед ім'ям команди (через пропуск), наприклад:

**БАГАТО РАЗ КОЛО.**

Для переривання команд використовується клавіша ESC.

У AutoCAD є можливість скасування дії останньої чи кількох останніх команд. Скасування дії команди здійснюється командою СКАСУВАННЯ. У списку опцій, що розкривається, можна вибрати кілька команд у різних поєднаннях (за замовчуванням – одна).

Відновлення скасованої команди можна за допомогою команди ПОВТОРИТИ, яка повинна викликатися відразу після скасування.

Деякі команди можуть бути прозоро, тобто. у процесі виконання інших команд. До них належать, наприклад, команди зміни режимів малювання, такі як КРОК, СІТКА або ПОКАЗАТИ.

Для прозорого виклику перед ім'ям команди має бути апостроф ('). Наприклад, для зміни видимої області малюнка під час роботи команди ВІДРІЗОК слід ввести 'ПОКАЗАТИ. Після завершення команди 'ПОКАЗАТИ виконання команди ВІДРІЗОК відновлюється.

Команда СІТКА управляє режимом відображення на екрані допоміжної розмітки у вигляді точок або ліній.

Команда сітки має такі опції:

- *Увімкнути / Вимкнути*– увімкнення/вимкнення сітки на екрані (F7);
- *Крок прив'язки*- Задає крок сітки, рівний кроку переміщення курсору;
- *Основний*- Частота основних ліній сітки;
- *Адаптивний*- Обмеження щільності ліній при зменшенні масштабу;
- *Ліміти*- Відображення ліній сітки за межами заданої області;
- *Наступний*- Зміна щільності сітки за межами області;
- *Аспект*– дозволяє задати крок переміщення курсору з різним значенням переміщення осями X, Y.

Приклад звернення до команди з командного рядка:

Команда: СІТКА – Крок сітки(X) або [Вкл оТкл Крок про Основний аДапт ліміти сЛід Аспект] <10.0000>: (введене число).

### **2.1.3. Налаштування робочого середовища малювання та одиниць вимірювання**

При відкритті наявного малюнка всі системні налаштування робочого середовища набувають значення, які вони мали під час останнього сеансу роботи з ним. Теж відбувається і при налаштуванні робочого середовища за шаблоном.

Якщо ж малюнок починається знову, користувачеві слід задати ряд параметрів робочого середовища та режимів роботи (робочих установок), до яких належать такі:

- *одиниці зміни*- задають систему заходів при побудові та редагуванні об'єктів: фути та дюйми, міліметри, милі тощо;
- *сітка координатна*– виводиться на екран для зручності орієнтації в поточних одиницях і є набором точок, розташованих на заданій відстані один від одного. Це, зокрема,

запобігає грубим помилкам малювання у випадках частої зміни екранного збільшення малюнка;

– *ліміти креслення*- Вказують, яка частина графічної області AutoCAD призначений для малювання. Сітка зображується лише у межах лімітів. Крім того, ліміти впливають на деякі з операцій із зміни видимої частини малюнка;

– *крокова прив'язка*(Дискретне переміщення курсору) – дозволяє робити точну вказівку координат. Величина кроку не обов'язково повинна дорівнювати відстані між вузлами сітки; наприклад, при інтервалі сітки, що дорівнює 4 мм, можна встановити крок 1 мм.

AutoCAD дозволяє змінювати установки і в ході сеансу, якщо в цьому виникає потреба. Для цього використовують такі команди:

**ОДИНИЦІ, КРОК, сітка, ЛІМІТИ.**

Під час роботи зміну параметрів робочого середовища можна виконати за допомогою керуючого вікна «Режими малювання» (рис. 6), яке викликається з розділу головного меню Сервіс / Режими малювання.

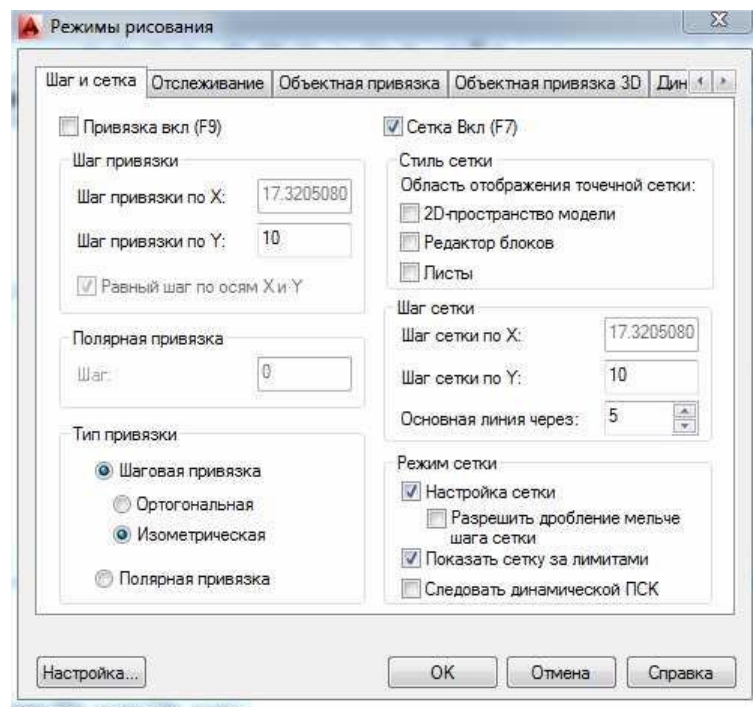


Рис. 6 Керуюче вікно «Режими малювання»

Якщо потрібно, щоб лінії, що створюються, проходили паралельно горизонтальній або вертикальній осі координат, слід увімкнути режим «Орто» натисканням піктограми в рядку стану або клавіші F8.

Встановлений набір параметрів сеансу можна зробити доступним і в наступних новостворених малюнках. Для цього слід зберегти малюнок як шаблон, назвавши його за своїм прізвищем та порядковим номером.



*Шаблон* зазвичай являє собою малюнок, який не містить жодних графічних об'єктів і використовується тільки для зберігання стандартних значень системних змінних.

На початку роботи в 2D-режимі AutoCAD пропонує вибрати наявні шаблони зі списку. Зазвичай це шаблон креслення 1.dwg.

### **2.1.5. Координати: види, способи вказівки та контролю**

Працюючи у двовимірному просторі завдання точок проводиться у площині XY. Ця площина називається також площиною побудов і подібна до аркуша паперу в клітину. Координата X визначає відстань від початку координат по горизонталі, координата Y – по вертикалі. Початком координат (0, 0) вважається точка перетину координатних осей.

Двовимірні координати деякої точки можуть вводитись як у декартовій (прямокутній), так і в полярній формі.

*Декартові координати* X та Y характеризують зміщення точки від початку координат у позитивному напрямку по осі абсцис X та осі ординат Y. При введенні декартові координати поділяються комою – X, Y.

*Полярні координати* R та  $\alpha$  характеризують довжину відрізка R, що з'єднує описувану точку з початком координат і кут нахилу цього відрізка до горизонтальної осі. При введенні полярні координати поділяються символом кутової дужки «<>», що відкриває. Наприклад, для вказівки точки, що знаходиться на відстані 1 одиниця та під кутом 45 градусів, потрібно ввести  $1 <45$ .

В обох випадках координати можна задавати або в абсолютному або відносному вигляді.

*Абсолютні* координати відраховуються від початку координат (0, 0).

*Відносні* – від останньої вказаної точки (тобто за початок координат приймається остання вказана точка). Для вказівки координат у відносному вигляді перед координатами вказується символ @, наприклад, координати декартові @-4, 2; полярні - @ 1 < 45.

На рис. 7 ілюструються координати точок у площині XY. Координати (8, 5) говорять про те, що точка зміщена від початку координат на 8 одиниць у позитивному напрямку осі X і на 5 одиниць у позитивному напрямку осі Y. Координатами (-4, 2) представляється точка, що знаходиться в 4 одиницях у негативному напрямку осі X та 2 одиницях у позитивному напрямку осі Y від початку координат.

Якщо будь-яка з команд AutoCAD пропонує вказати точку, це можна зробити за допомогою миші, або введенням значень координат (явне завдання) у командному рядку.

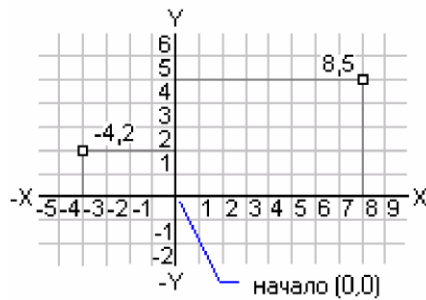


Рис. 7 Координати точок у площині XY

AutoCAD відображає поточні значення координат курсору у статусному рядку. При натисканні клавіші F12 або піктограми у статусному рядку координати курсору відображаються і в динамічному вікні, як показано на рис. 8.

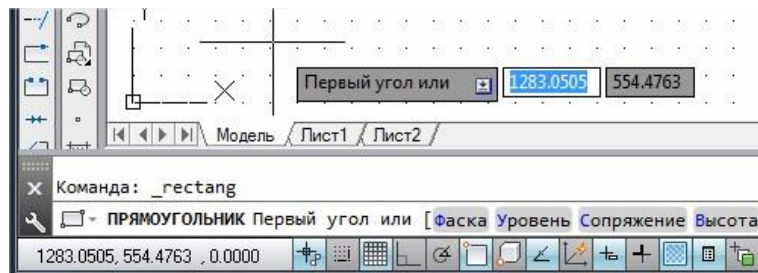


Рис. 8 Піктограми у статусному рядку координати курсору відображаються в динамічному вікні

Перемикання режиму відображення координат здійснюється клавішею F6 або комбінацією CTRL+D.

Вказівка координат точки при запиті команд може виконуватися з клавіатури або курсором за допомогою пристрою вказівки. Для точної вказівки точки в робочій області креслення за допомогою курсору використовуються крокове або об'єктне прив'язування курсору.

*Крокова прив'язка* включається для завдання переміщення курсору лише за певними точками, розташованими у вузлах уявної сітки, комірки якої задаються за допомогою команди КРОК.

Команда КРОК має такі опції:

- *Увімкнути / Вимкнути*- Увімкнення / відключення кроку курсору до сітки;
- *Аспект*– дозволяє задати крок переміщення курсору з різним значенням переміщення осями X, Y;
- *Legacy*- Постійна або поопераційна прив'язка курсору;
- *Стиль*- Задає стандартний або ізометричний крок;
- *Тип*- Прив'язка до полярних або ортогональних координат.

Приклад виклику команди:

**КРОК – Крок прив'язки або [Вмик Вимкнено Аспект Legacy Стиль Тип]**

<10.0>:(число).

Об'єктна прив'язка курсору дозволяє прив'язувати курсор до характерних точок вже існуючих об'єктів на робочому просторі креслення (центри кіл, середини відрізків, місця перетину ліній та ін.). Приклади характерних точок прив'язки наведено на рис. 9.

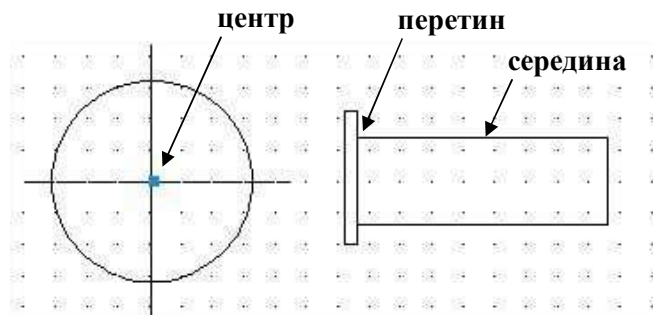


Рис. 9 Приклади характерних точок прив'язки

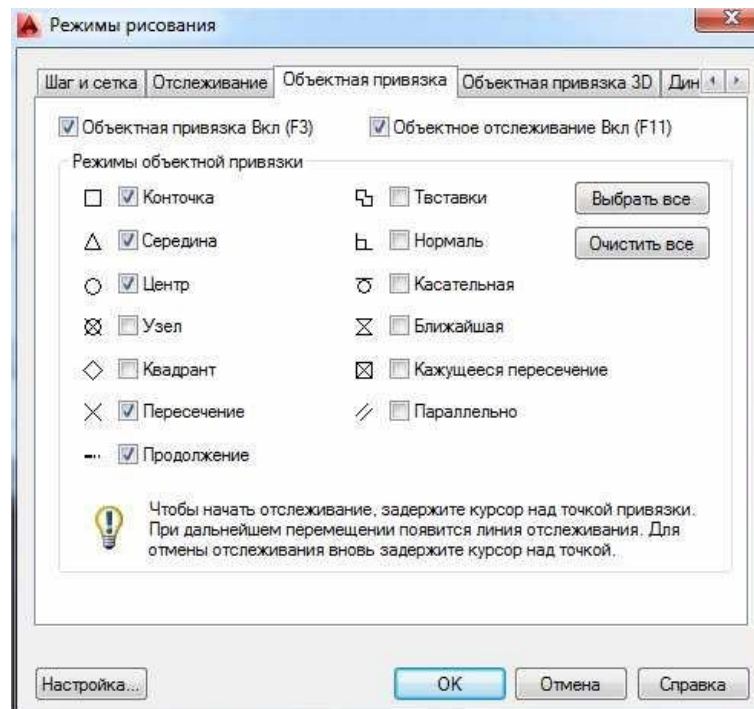


Рис. 10 Вікно «Режими об'єктної прив'язки»

При переміщенні курсору поблизу характерної точки прив'язки покажчик миші «переманічується» до такої точки, змінює свій колір та форму залежно від типу точки прив'язки.

Режим об'єктної прив'язки може бути вимкнений натисканням відповідної піктограми у рядку стану або клавіші F3.

Налаштування режиму прив'язки здійснюється у діалоговому вікні «Режими об'єктної прив'язки» (див. рис. 10). Вікно активується через меню Сервіс/Режими малювання або меню, що з'являється при натисканні правою кнопкою миші на піктограмі «Об'єктна прив'язка» у рядку стану.

### 2.1.6. Керування зображенням на екрані

При виконанні креслень, малюнків або схем через обмежений простір екрана монітора виникає необхідність керування зображенням на екрані. Команда ПОКАЗАТИ збільшує зображення на екрані так, що стає видно дрібні деталі, або зменшує його для перегляду великого малюнка в цілому на обмеженому просторі монітора.

Команда ПОКАЗАТИ має різні способи керування зображенням креслення у видовому екрані, які доступні через такі опції:

- *Усе*- Виведення всього малюнка у видовому екрані;
- *Центр*– центрування зображення щодо деякої точки;
- *Динаміка*– дозволяє вибрати область малюнка для виведення на екран за допомогою динамічної рамки, розмір якої завжди пропорційні розмірам видового екрану. Положення рамки та її площу щодо всього креслення можна змінювати, використовуючи пристрій вказівки;
- *Межі*- Зображує поточний малюнок на видовому екрані;
- *Попередній* - Відновлює до 10 попередніх видів зображення;
- *Масштаб (X/XL)* - масштабування відображення креслення абсолютно (X) або щодо поточного (число X) відображення;
- *Рамка*- Виведення частини малюнка, обмеженої рамкою, що задається користувачем, на весь екран;
- *Об'єкт*– максимальне збільшення одного чи кількох об'єктів;
- *Реальний час*- Безпосередня зміна розмірів креслення на видовому екрані пропорційне переміщенню миші вгору (збільшення) або вниз (зменшення) при лівій кнопці миші.

Доступ до команди ПОКАЗАТИ та її різних опцій можливий з меню Вигляд/Зумування, а також через піктограми на панелі інструментів «Стандартна».

Під час виконання креслення на екрані з'являються маркери, що відзначають точки, що вказуються. Для очищення зображення на екрані від таких елементів та оновлення монітора його можна перемальовувати чи регенерувати. При регенерації, крім перемальовування зображення поточного видового екрана, проводиться перерахунок екранних координат всіх об'єктів бази даних малюнка. Таким чином, перемальовування відбувається швидше, ніж регенерація.

*Перемальовка* зображення здійснюється командою ОСВІЖИТИ, яка активізується користувачем з командного рядка, або з меню Вигляд/Освіжити, а також за допомогою відповідної піктограми на панелі «Стандартна».

*Регенерація* малюнку здійснюється командою РЕГЕН або з меню Вид / Регенерувати.

## 2.2. Побудова об'єктів у AutoCAD

За допомогою засобів малювання AutoCAD можна створювати різні об'єкти – від найпростіших відрізків та кіл до сплайнових кривих, еліпсів та заштрихованих областей.

При малюванні об'єктів AutoCAD вимагає вказувати опорні точки для їх побудови, а також деякі розміри, які користувач повинен вказати або за допомогою миші або введенням координат або розмірів у командному рядку.

Команди побудови об'єктів доступні з меню Малювання або панелей інструментів та об'єктів.

### 2.2.1. Побудова лінійних об'єктів

Лінії можуть бути виконані відрізками (одиначними або об'єднаними в ламану лінію) або полілінії.

Команда ВІДРІЗОК використовується, якщо потрібна робота з кожним сегментом лінії окремо. Якщо необхідно, щоб набір лінійних сегментів був єдиним об'єктом, краще застосовувати команду Полілінія.

Команда ВІДРІЗОК має такі опції:

- *Скасувати*- скасовує побудову останнього відрізка;
- *Замкнути*- З'єднує початок першого відрізка з кінцем останнього.

Для малювання нового відрізка з початком у кінцевій точці останнього з намальованих відрізків потрібно знову викликати команду ВІДРІЗОК та у відповідь на запит вказівки першої точки натиснути <Enter>.

У прикладах побудови відрізків, наведених нижче, для вказівки положення точок використані декартові та полярні координати в абсолютному та відносному вигляді.

#### Приклад 1

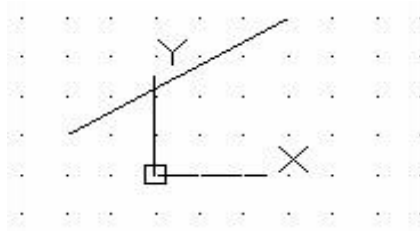
Побудувати відрізок з початком у точці (-2, 1) та кінцем (3, 4).

Команда: ВІДРІЗОК

Перша точка: -2,1

Наступна точка або [oTm]: 3,4

Наступна точка або [oTm]: ESC



## Приклад 2

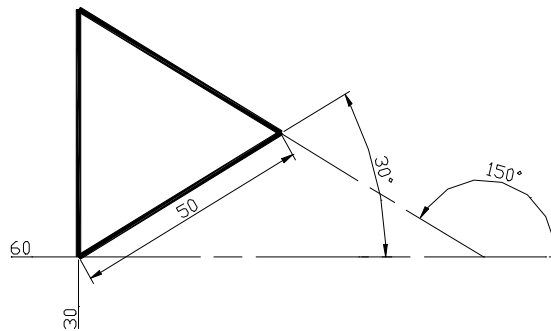
Побудувати рівносторонній трикутник, одна з вершин якого має координати (30, 60), а основа довжиною 50 мм нахилена до горизонталі на кут  $30^\circ$ .

Команда: ВІДРІЗОК

Перша точка: 30,60

Наступна точка або [oТм]: @50<30 Наступна точка або [oТм]: @50<150

Наступна точка або [Замк/oТм]: Зам



Лінія, що складається з прямолінійних та дугових сегментів, що утворюють єдиний об'єкт, будується за допомогою команди ПЛІНІЯ.

*Полілінія* використовується, якщо передбачається робота з набором лінійних та дугових сегментів як єдиним об'єктом. Причому різні сегменти можуть мати різну ширину (як по всій довжині, так і на початку та в кінці кожної ділянки) і кривизну.

Команда ПЛІНІЯ має такі опції:

- *Дуга*- Переключення в режим створення дугових сегментів поліліній. Дуги описуються завданням кута, центру, напрямку або радіусу за допомогою відповідних підопцій. Крім того, дугу можна побудувати вказівкою другої та кінцевої точок (див. команду ДУГА). Перехід у режим створення лінійних сегментів виконується опцією Відрізок;

- *Замкнути* - Створення замкнутих поліліній;

- *Напівширина*- Створення широкіх поліліній. Для кожного сегмента можна задати значення ширини. Крім того, сегменти можуть звужуватися або розширюватися, якщо значення ширини початкової та кінцевої точках різні. Опцією «Напівширина» можна задавати відстань від

осьової лінії широкої полілінії до краю;

– *Довжина*- Задає довжину сегмента;

– *Скасувати*- скасовує введення останнього сегмента;

– *Ширина*– аналогічна опції «Напівширина». Можна задавати відстань від осьової лінії широкої полілінії до краю.

### Приклад 3

Побудувати покажчик напрямку у вигляді стрілки, що виходить із точки з координатами (20, 50).

Команда: ПЛІНІЯ

Початкова точка: 20,50

Наступна точка або [Дуга Полу довжина Отм Шир]: Ш

Початкова ширина <0.0000>: 5 Кінцева ширина

<5.0000>: 5

Наступна точка або [Дуга Полу довжина Отм Шир]: @40,0 Наступна точка або [Дуга

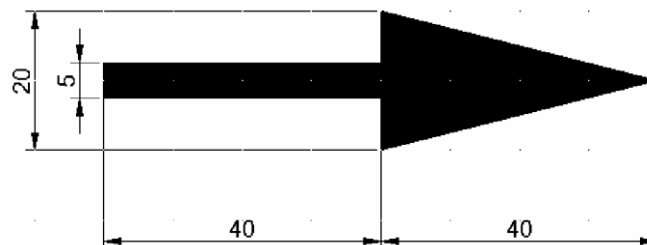
Полу довжина Отм Шир]: Ш

Початкова ширина <5.0000>: 20 Кінцева ширина

<20.0000>: 0

Наступна точка або [Дуга Полу довжина Отм Шир]: @40,0

Наступна точка або [Дуга Полу довжина Отм Шир]:<Enter>



Побудова пучка паралельних ліній (мультилінію) провадиться командою МЛІНІЯ.

Крім відрізків та поліліній AutoCAD дозволяє викреслювати замкнуті геометричні фігури, що містять безліч лінійних сегментів, у вигляді багатокутників та прямокутників.

*Багатокутники* являють собою замкнуті полілінії з кількістю сторін від 3 до 1024 рівної довжини. За допомогою багатокутників можна створювати квадрати, рівносторонні трикутники, правильні восьмикутники тощо.

Для побудови багатокутника використовується команда МН-КУТ, яка запитує кількість сторін фігури, а також додаткові параметри для побудови залежно від вибраної опції:

– *Вписаний*– радіус кола, в яке вписано багатокутник;

– *Описаний*– радіус кола, вписаного в багатокутник;– *Сторона*- Початок і кінець однієї зі сторін багатокутника.

#### Приклад 4

Побудувати два шестикутники, один з яких вписаний, а другий описаний щодо кола радіусом 30 мм. Центри фігур розташовані у точках з координатами (40, 130) та (120, 130).

Команда: МН-КУТ

Число сторін <4>: 6

Вкажіть центр багатокутника або [Сторона]: 40,130 Встановіть параметр

[Впис у окр / Описаний] <В>: О

Радіус кола: 30

Команда: МН-КУТ

Число сторін <6>: 6

Вкажіть центр багатокутника або [Сторона]: 120,130 Задайте параметр

розміщення [Впис у окр / Описаний] <О>: В

Радіус кола: 30

#### Приклад 5

Побудувати восьмикутник, одна зі сторін якого спирається на точки з координатами (170, 90) та (200, 80).

Команда: МН-КУТ Число сторін

<6>: 8

Вкажіть центр багатокутника або [Сторона]: С

Перша кінцева точка сторони: 170,90

Перша кінцева точка сторони: 200,80

Результати побудови багатокутників наведено на рис. 11.

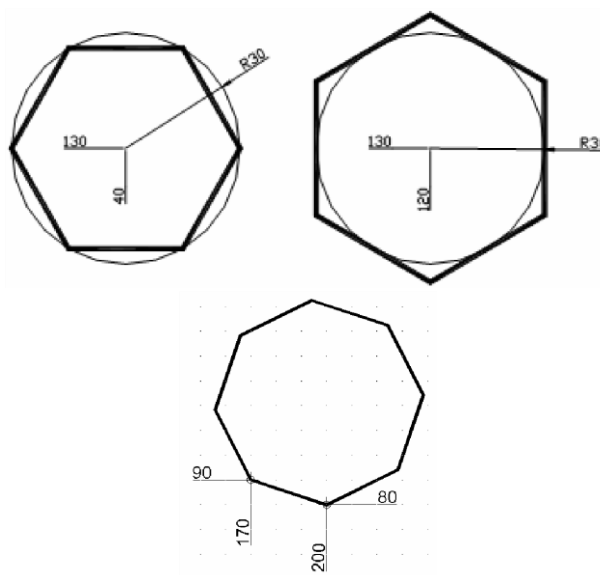




Рис. 11 Результати побудови багатокутників

### 2.2.2. Побудова криволінійних об'єктів

До криволінійних об'єктів належать дуги, кола, полілінії, кільця, еліпси та сплайни, які можна викреслити за допомогою однойменних команд.

ДУГА будується з використанням різних поєднань таких параметрів, як центральна, початкова та кінцева точки, радіус, центральний кут, довжина та напрямок хорди.

Різні поєднання параметрів дуги та способи їх побудови наведено у табл.1.

Таблиця 1

Найменування способу	Порядок побудови
<i>3 крапки</i>	За трьома точками можна будувати дуги в будь-якому напрямку (за годинниковою стрілкою і проти неї)
<i>Початок, центр, кінець</i>	Дуга будується з опорою на центральну точку проти годинникової стрілки від початкової точки (1) до кінцевої точки (3). Кінцева точка знаходиться на перетині дуги та уявного променя, проведеного від центру (2) через другу із зазначених точок
<i>Початок, центр, централ. кут</i>	Дуга будується проти годинникової стрілки від початкової точки (1); використовуються заданий центр (2) та заданий внутрішній кут. Якщо кут має негативне значення, дуга будується за годинниковою стрілкою
<i>Початок, центр, довжина хорди</i>	Якщо значення довжини хорди позитивне, то менша дуга будується від початкової точки проти годинникової стрілки. Якщо значення довжини хорди негативне, то велика дуга будується проти годинникової стрілки.
<i>Початок, кінець, централ. кут</i>	Дуга будується проти годинникової стрілки від початкової точки (1) до кінцевої точки (2); використовується заданий центральний кут. Якщо кут має негативне значення, дуга будується за годинниковою стрілкою
<i>Початок, кінець, напрямок</i>	Дуга будується за дотичним до заданого напрямку. Тут можна будувати більші чи менші дуги; за годинниковою стрілкою чи проти неї. Дуга бере початок у точці (1) і закінчується у точці (2). Напрямок визначається від початкової точки
<i>Початок, кінець, радіус</i>	Будується менша дуга проти годинникової стрілки від початкової точки (1) до кінцевої точки (2). Якщо значення радіусу негативне, будується велика дуга
<i>Центр, початок, кінець</i>	Дуга будується проти годинникової стрілки від початкової точки (2) до кінцевої точки, яка знаходиться на перетині дуги та уявного променя, проведеного від центру (1) через вказану точку (3)
<i>Центр, початок, централ. кут</i>	Дуга будується проти годинникової стрілки від початкової точки (2); використовуються заданий центр (1) та центральний кут. Якщо кут має негативне значення, дуга будується за годинниковою стрілкою
<i>Центр, початок, довжина хорди</i>	Якщо значення довжини хорди позитивне, то менша дуга будується від початкової точки проти годинникової стрілки. Якщо значення довжини хорди негативне, то велика дуга будується проти годинникової стрілки.

<i>Продовжити за дотичною</i>	Виконує побудову дуги, що стосується останнього проведеного відрізка, дуги або полілінії. Для цього потрібно натиснути <Enter> після першого запиту
-------------------------------	-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------

Для побудови послідовності дуг, з'єднаних між собою, з меню Малювання слід вибрати Дуга, потім Продовжити. В даному випадку суміжні дуги мають загальну дотичну точку з'єднання. Подальші дотичні дуги можна будувати за допомогою пункту «Повторити Продовжити» контекстного меню.

**КОЛО** викреслюється по заданим центру та радіусу (діаметру). Крім того, AutoCAD дозволяє використовувати ще три додаткові методи, які визначаються обраною опцією:

- *3T*– За трьома точками, через які проходить коло;
- *2T*– по двох точках, що визначають діаметр кола;
- *KKP* – по двох точках торкання інших об'єктів та радіусу кола.

Різні методи побудови кіл показані на рис. 12.

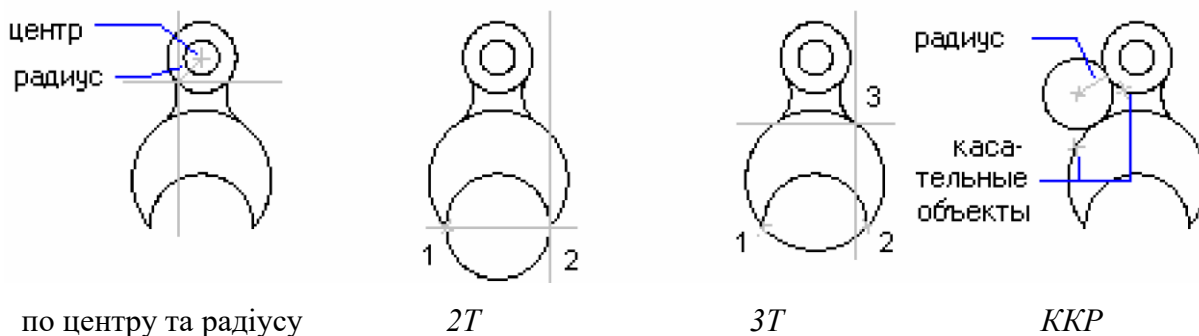


Рис. 12 Різні методи побудови кіл

### Приклад 6

Побудувати коло з центром у точці (100, 200) та радіусом 50 мм.

Команда: КОЛО

Центр кола або [3T 2T KKP]: 100,200 Радіус кола або

[Діаметр]: 50

Команда ПЛІНІЯ дозволяє викреслювати дугоподібні сегменти під час включення опції Дуга.

**КІЛЬЦЕ**– команда вимагає задати внутрішній та зовнішній діаметри кільця, а також його центр. Команда дозволяє побудувати будь-яку кількість кілець, що мають однакові діаметри, але різні центри.

Якщо потрібно побудувати повністю зафарбоване коло, слід встановити нульовий внутрішній діаметр кільця.

### Приклад 7

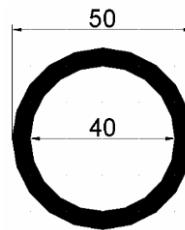
Побудувати кільце з центром у точці (60, 60), товщиною 5 мм та зовнішнім діаметром 50 мм.

Команда: КІЛЬЦЕ

Внутрішній діаметр <0.5000>: 40 Зовнішній діаметр  
<1.0000>: 50

Центр кільця або <Вихід>: 60,60

Центр кільця або <Вихід>:<Enter>



Команда ЕЛЛПС викреслює еліпси та еліптичні дуги шляхом завдання двох осей – великої (довша вісь) та малої (коротка вісь). За замовчуванням будова еліпсів проводиться вказівкою початку і кінця першої осі, а також половини довжини другої осі (рис. 13). Порядок визначення осей може бути будь-яким.



Рис. 13 Будова еліпсів

### Приклад 8

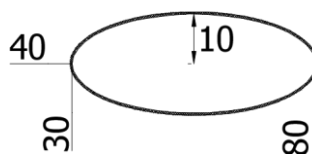
Побудувати еліпс з координатами великої осі (30, 40) та (80, 40). Половина довжини малої осі 10 мм.

Команда: ЕЛЛПС

Кінцева точка осі або [Дуга/Центр]: 30, 40

Кінцева точка осі: 80, 40

Довжина іншої осі або [Поворот]: 10



### Приклад 9

Побудувати еліптичну дугу, що охоплює частину еліпса з попереднього прикладу, обмежену кутами 230° та 30°.

Команда: ЕЛЛПС

Кінцева точка осі або [Дуга/Центр]: д

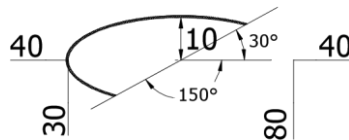
Кінцева точка осі ел. дуги або [Центр]: 30,40

Друга кінцева точка осі: 80,40

Довжина іншої осі або [Поворот]: 10

Початковий кут або [Параметр]: 230

Кінцевий кут або [Параметр / Внутр. кут]: 30



Є й інші способи побудови еліпсів – по центру еліпса, кінцевій точці першої осі та половині довжини другої осі, а також по центру еліпса, кінцевій точці першої осі та куту повороту щодо головної осі. В останньому випадку еліпс виходить як проекція кола з діаметром, рівним довжині першої осі, повернутий щодо цієї осі на заданий кут повороту.

Команда СПЛАЙН викреслює гладку криву, що проходить через набір точок. Користувач може задавати точність проходження кривої через точки, тоді крива сплайна проходитиме поряд з ними при максимальному згладжуванні.

### 2.2.3. Побудова опорних точок

Об'єкти-точки рекомендується використовувати як геометричні опорні вузли для об'єктної прив'язки та відносних зсувів.

Форму символу-точки та її розмір можна задати щодо розміру екрана чи абсолютних одиницях.

Діалогове вікно для зміни формату точок доступне через меню

**Формат / Відображення точок**(Рис. 14).

Команда ТОЧКА розміщує точки в місцях креслення, що задаються користувачем. При зміні форми символів точок змінюється вигляд відображуваних об'єктів-точок всього малюнка.

Параметри відображення точок можна змінювати під час виконання креслення. Для виведення малюнка зі зміненою формою точок слід запустити команду РЕГЕН.

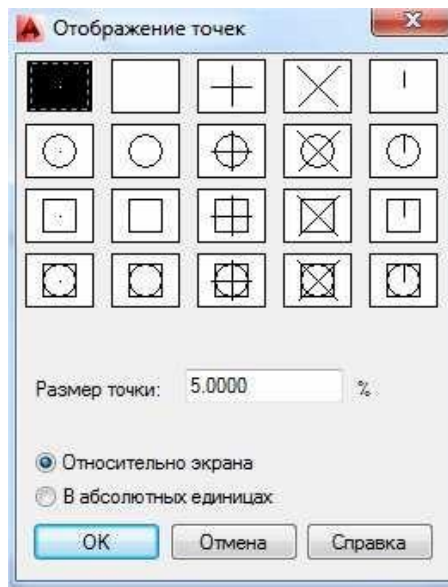


Рис. 14 Формат / Відображення точок

Команда РЕГЕН дозволяє регенерувати все креслення і заново розрахувати розташування та видимість всіх об'єктів на поточному видовому екрані. Вона також виконує індексування бази даних креслення для оптимального відображення на екрані та вибору об'єктів.

#### 2.2.4. Штрихування

Штрихуванням називається заповнення зазначеної області за певним зразком. Штрихування замкнутої області або контуру здійснюється за допомогою команд ШТРИХ і КШТРИХ.

Команда ШТРИХ керує налаштуваннями штрихування за допомогою діалогового вікна «Штрихування та градієнт» (рис. 15), яке викликається з меню Малювання / Штрихування... або натисканням на відповідну піктограму панелі інструментів малювання та дозволяє наносити асоціативну та неасоціативну. Асоціативність означає, що при зміні меж області штрихування змінюється і штрихування. Неасоціативне штрихування не залежить від контуру кордону.

За допомогою діалогового вікна користувач повинен вказати тип зразка штрихування:

- *стандартний*– для штрихування використовується один із наявних на диску зразків візерунків;
- *з ліній*– штрихування виконується лінією поточного типу;
- *користувальницький* - для штрихування використовується візерунок, створений користувачем і наявний на диску в окремому файлі.

Конкретний стандартний тип штрихування встановлюється користувачем вказівкою імені зразка через список, що випадає, або з набору зразків при натисканні кнопки «Зразок». Крім того, можна встановити кут повороту стандартної штрихування та її масштаб по відношенню до стандартного зразка.

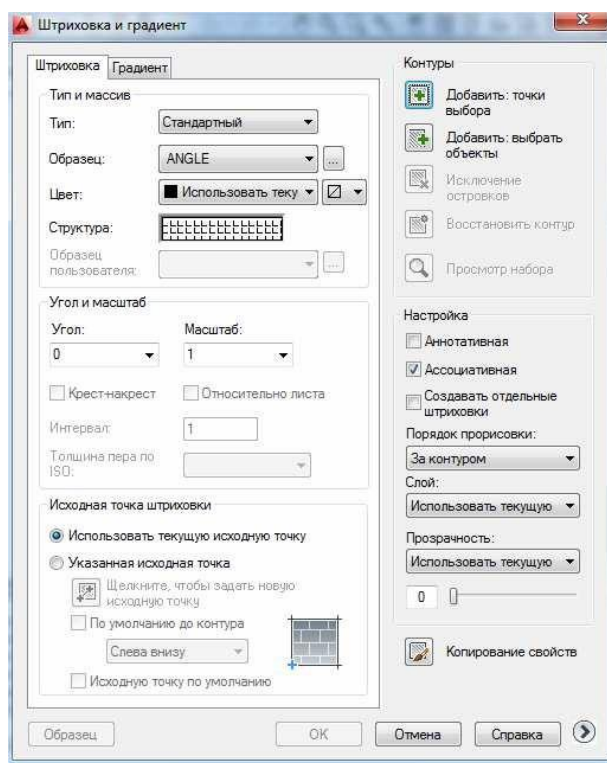


Рис. 15 Діалогове вікно «Штрихування та градієнт»

При штрихуванні лініями можна задати кут нахилу, інтервал між штриховими лініями, а також задати режим штрихування хрест-навхрест.

Визначення контуру в команді ШТРИХ проводиться автоматично на підставі додавання точок вибору, що належать області, що штрихується. Всі об'єкти, що повністю або частково потрапляють в область штрихування і не є контуром, ігноруються і не впливають на процес штрихування.

Контур може містити виступаючі краї та острівці, які можна або штрихувати, або пропускати. Острівцями називаються замкнуті області, що розташовані всередині області штрихування. Контури можна також визначати шляхом вибору об'єктів. Той чи інший спосіб вказівки області штрихування активується при натисканні відповідної кнопки в діалоговому вікні «Штрихування та градієнт».

Контури можуть бути будь-якою комбінацією відрізків, дуг, кіл, поліліній та інших об'єктів. Кожен із компонентів контуру повинен хоча б частково перебувати на поточному вигляді. За промовчанням AutoCAD визначає контури шляхом аналізу всіх замкнутих об'єктів малюнка. Вибрати з безлічі виявлених контурів, які не підлягають штрихуванню, можна при використанні кнопки «Виключення острівців».

Штрихування виявлених контурів здійснюється залежно від Типу рішення острівців (рис. 16), встановлення якого виконується в закладці «►» діалогового вікна «Штрихування та градієнт»:

- *Нормальне*– острівці (вкладені контури) штрихуються через один;
- *Зовнішнє*– Штрихується область тільки до першого острівця;– *Без острівців*– усі острівці ігноруються.

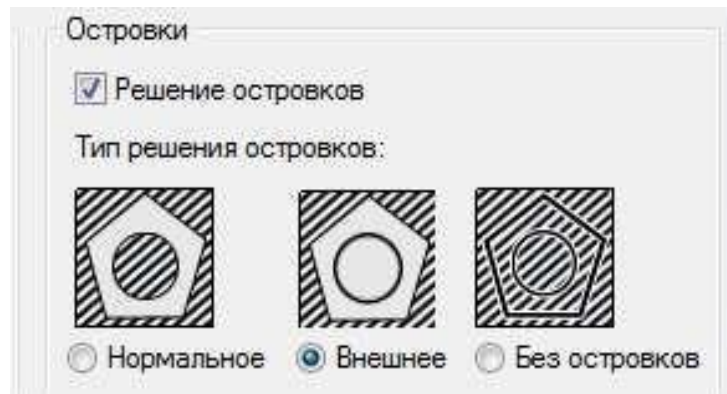


Рис. 16 Типи рішення острівців

Для заповнення областей штрихування заливками використовується закладка «Градієнт».

Команда КШТРИХ в останніх версіях AutoCAD є синонімом команди ШТРИХ і дозволяє виконувати ті самі операції штрихування.

Команда КШТРИХ доступна лише з командного рядка.

### 2.2.5. Виконання написів

В AutoCAD можливе виконання текстових написів у вигляді однорядкового тексту (кожен рядок тексту є самостійним об'єктом) або багаторядкового (множина рядків є єдиним об'єктом).

Для виконання однорядкового тексту використовується команда ТЕКСТ або синонім ДТЕКСТ, яка запитує наступні параметри:

- *початкова точка* щодо якої буде розміщуватися текст;
- *вирівнювання* символів тексту стосовно текстового вікна з можливістю повороту текстового вікна на заданий кут;– *стиль*– Завдання текстового стилю (гарнітури шрифту та його накреслення), що визначає зовнішній вигляд текстових символів.

Перед вказівкою початкової точки користувач може встановити спосіб вирівнювання відносно початкової точки та стиль гарнітури шрифту для виконання тексту, вибравши однойменні опції.

Опції способу вирівнювання:

- *зліва*- Вирівнювання тексту по лівому краю базової лінії, заданої координатами точки та текстового вікна;
- *Центр*– горизонтальне центрування базової лінії від точки;
- *вправо*– вирівнювання тексту праворуч вікна;
- *вписаний*– встановлює висоту, ширину та орієнтацію тексту за заданими кінцевими точками базової лінії (вікна), при цьому розмір символів змінюється пропорційно їх висоті: чим довше текстовий рядок, тим менша ширина символів;
- *Середина*– вирівнювання тексту по центру з урахуванням висоти підрядкових та нарядкових символів (на відміну від опції СЦ);
- *По ширині*- Вирівнювання тексту по ширині текстового вікна зі зміною ширини самих символів;
- *ВЛ*– вирівнювання тексту зверху та зліва;
- *ВЦ*– вирівнювання тексту зверху та по центру;
- *ВП*– вирівнювання тексту зверху та праворуч;
- *СЛ*– вирівнювання тексту посередині та зліва;
- *СЦ*– вирівнювання тексту посередині та по центру;
- *СП*– вирівнювання тексту посередині та праворуч;
- *НЛ*– вирівнювання тексту знизу та зліва;
- *НЦ*– вирівнювання тексту знизу та по центру;– *НП*– вирівнювання тексту знизу та праворуч.

На рис. 17 показана схема розміщення тексту у прямокутному вікні щодо початкової точки (символ×) для різних опцій вирівнювання. Перший символ опції означає положення точки по вертикалі (Верх, Середина, Низ), другий – по горизонталі (Ліво, Центр, Право).

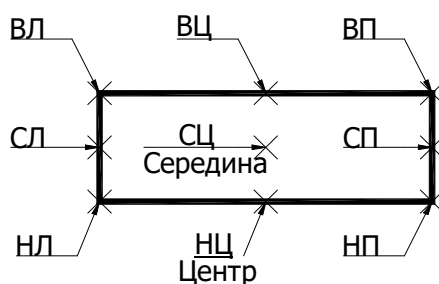


Рис. 17 Схема розміщення тексту у прямокутному вікні щодо початкової точки

Для випадків, коли в команді ТЕКСТ вибрано опцію Вирівнювання, після завдання параметра вирівнювання тексту, координат середньої точки та висоти шрифту стає доступною опція Кут повороту тексту, яка дозволяє, на відміну від команди МТЕКСТ, виконати поворот текстового рядка на довільний кут (у т.ч. та з прив'язкою до певної лінії об'єкта).



При виборі опції Стил ь у команді ТЕКСТ потрібне завдання імені стилю. Якщо стиль невідомий, можна ввести знак питання <?> – з'явиться вікно з підказкою про стилі, що розташовуються.

### Приклад 10

Виконати напис «AUTOCAD», відцентрувавши його щодо точки з координатами (20, 40) та висотою шрифту 10 мм.

Команда: ТЕКСТ

Вкажіть середню точку або [Вирівн Стил ь]: В Задайте параметр

[сЛева Центр вПраво вписаний серед Пошир ВЛ ВЦ ВП СЛ СЛ

СП НЛ НЦ НП]: СЛ

Вкажіть середню ліву точку тексту: 20, 40

Висота <2.5000>: 10

Кут повороту тексту <0.0>: 30

Текст: AUTOCAD

Текст:<Enter>



Для виконання багаторядкового текстового об'єкта використовується команда МТЕКСТ, що супроводжується появою діалогових вікон (рис. 18).

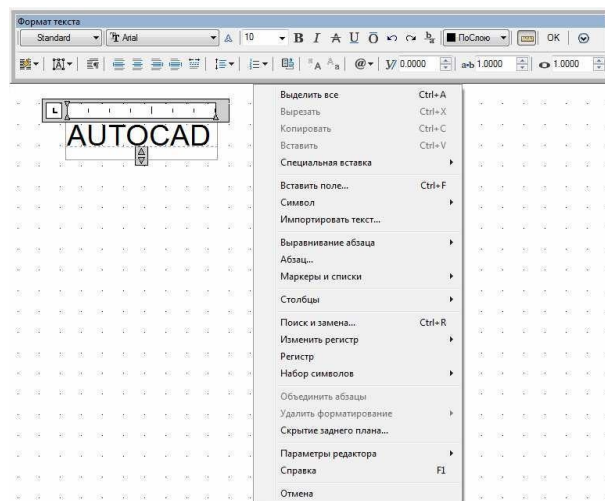


Рис. 18

Команда МТЕКСТ запитує координати протилежних кутів прямокутної області, де буде розміщуватися текст, після чого користувач, використовуючи діалогове вікно «Редактор тексту» (див. рис. 18), набирає заданий текст.

У вікні Формат тексту доступні такі основні функції:

- зміна гарнітури шрифту та висоти символів;
- центрування шрифту у текстовому вікні;
- використання жирного, похилого та підкресленого тексту;
- вставляння символів з інших наборів шрифтів;
- зміна кольору окремих символів;
- зміна кута нахилу букв шрифту, але не самого напису (!);
- інші операції, доступні у вкладці меню, що розкривається при натисканні кнопки <v>.

З вкладки меню можна імпортувати текст із зовнішнього txt- (кодування символів ASCII) або rtf-файлу (кодування символів ANSI).

З кожним текстовим написом AutoCAD пов'язаний деякий текстовий стиль. При написі за промовчаням використовується поточний стиль «Standard», який визначає параметри тексту.

Для введення тексту можна використовувати інші стилі, наприклад, «Аннотативний». AutoCAD дозволяє модифікувати стилі чи створювати власні. Новостворений стиль може бути згодом модифікований, перейменованний або вилучений.

Значення параметрів, що визначаються поточним текстовим стилем, відображаються за замовчуванням у командному рядку.

Усі текстові стилі, окрім стилю «Standard», користувачеві необхідно створювати самому. Текст, що знову вводиться, успадковує висоту, ступінь стиснення / розтягування, кут нахилу та інші параметри (напис праворуч наліво, перевернуте і вертикальне), що задаються поточним стилем.

Створення та модифікація текстового стилю можуть здійснюватися або у діалоговому вікні «Стилі тексту» (рис. 19), або в командному рядку. Діалогове вікно «Стилі тексту» активізується з меню Формат/Стиль тексту або командою СТИЛЬ.

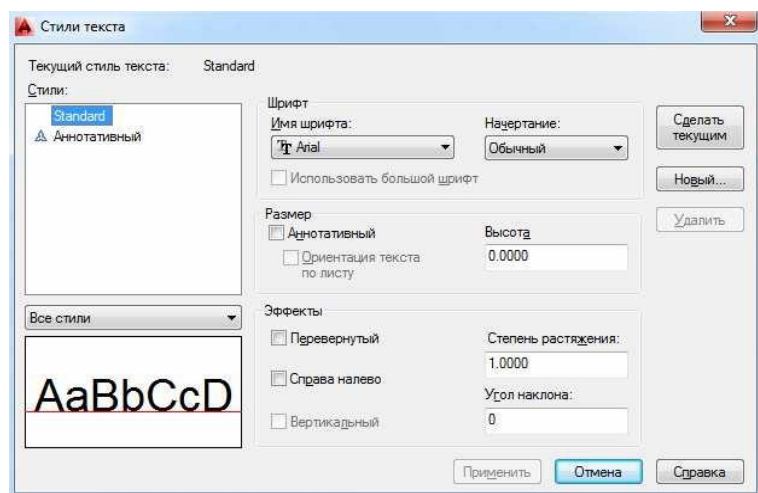


Рис. 19 Діалогове вікно «Стилі тексту»

Для створення текстового стилю в діалоговому вікні «Стилі тексту» використовується кнопка «Новий» і в вікні «Новий стиль тексту» вводиться ім'я стилю.

Новому стилю надаються значення параметрів, задані спочатку у вікні «Стилі тексту». За потреби вони можуть бути змінені та збережені, натиснувши кнопку «Застосувати».

Модифікація наявного стилю також виконується у діалоговому вікні «Стилі тексту».

Якщо в текстовому стилі змінюються шрифт або орієнтація тексту (вертикально/горизонтально), всі написи, виконані цим стилем, регенеруються з урахуванням змінених параметрів.

Зміна інших характеристик (висоти тексту, коефіцієнта стиснення та кута нахилу) не впливає на наявні текстові об'єкти і враховується тільки у написах, що знову створюються. Зміна вирівнювання, ширини та кута повороту не відбивається на багаторядкових написах.

Для використання новоствореного стилю в режимі за промовчанням необхідно натиснути на кнопку «Зробити поточним».

## **2.3. Шари, кольори та типи ліній**

### **2.3.1. Робота з шарами**

*Шари* подібні прозорим листам кальки, що лежать один на одному, і використовуються для групування на них різних типів даних малюнка. Розташування об'єктів на різних шарах дозволяє спростити багато операцій з управління даними малюнка.

Побудовані об'єкти завжди розміщуються на певному шарі. Їм може бути шар за умовчанням, так і шар, визначений і іменованій самим користувачем.

З кожним шаром пов'язані свої кольори, що дозволяють розрізнити подібні елементи малюнка, та типи ліній, які використовуються для швидкого розпізнавання таких елементів, як осьові чи приховані лінії. Наприклад, можна створити окремий шар для розміщення осьових ліній та призначити йому блакитний колір та тип лінії осьова. Згодом, якщо потрібно побудувати осьову лінію, потрібно перейти на цей шар і почати малювання.

Для всіх шарів справедливі одні й самі ліміти малюнка, система координат і коефіцієнт екранного збільшення. На початку роботи з новим малюнком AutoCAD створює шар з ім'ям 0. За умовчанням шару 0 призначається колір під номером 7 (білий), тип лінії CONTINUOUS (суцільна) та товщина (до 0,25 мм).

Шар 0 не можна видалити.

Для кожної зв'язаної групи елементів малюнка (стін, розмірів тощо) можна створити окремий шар, призначивши йому ім'я, колір та тип лінії.

Керування шарами здійснюється командою ШАР або за допомогою діалогового вікна «Диспетчер властивостей шарів» (рис. 20), яке доступне з меню Формат / Шар ..., а також активується при натисканні кнопки на панелі інструментів «Властивості об'єктів».

Об'єкти, що належать якомусь шару, як правило, приймають властивості цього шару. Тим не менш, користувач може виконати об'єкта перевизначення будь-якої властивості шару. Наприклад, якщо для властивості кольору об'єкта встановлено параметр шару, колір об'єкта буде відповідати кольору шару. Якщо для кольору об'єкта встановлено значення «Червоний», об'єкт відображається в червоному кольорі незалежно від того, який колір призначений для цього шару.

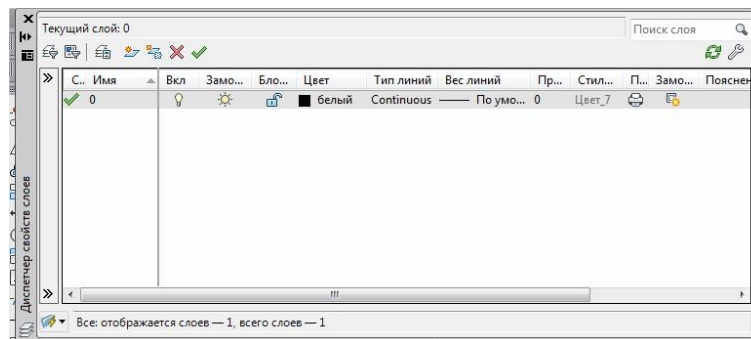


Рис. 20 Діалогове вікно «Диспетчер властивостей шарів»

Для створення нового шару використовується кнопка Створити шар або комбінація клавіш Alt+Д. У списку з'явиться новий шар із тимчасовим ім'ям «Шар1». Користувач може довільно змінити назву нового шару. Всі нові шари автоматично іменуються в порядку їх створення, "Шар1", "Шар2" і т.д.

Для перейменування шару та надання його імені більшої свідомості у конкретному малюнку необхідно клацнути мишею на його імені та ввести нове ім'я. Імена шарів можна змінювати у будь-який момент сеансу роботи.

Новому шару за умовчанням призначається білий колір та тип лінії CONTINUOUS. Якщо один із наявних шарів має статус «Поточний», новий шар успадковує властивості (колір і тип ліній) цього шару. Ці властивості нового шару можуть бути при необхідності змінені. Всі об'єкти, що створюються на шарі, матимуть призначені цьому шару кольори та типи ліній.

Призначення кольорів та типів ліній шарам здійснюється шляхом клацання мишею на піктограмі з підказкою «Кольори» або «Типи ліній» на панелі об'єктів для заданого шару або в списку наявних шарів безпосередньо в діалоговому вікні «Диспетчер властивостей шарів».

Під час встановлення кольору користувач може вибрати бажаний колір зі списку, що містить сім стандартних кольорів, або альбому, що містить 240 відтінків стандартних кольорів у діалоговому вікні «Вибір кольору», яке активується при натисканні вказівником по піктограмі кольору поточних налаштувань шару або меню кольорів.

Вибір для встановлення типу лінії зі списку "Типи ліній" виконується аналогічно вибору кольору. Кількість типів ліній у списку для вибору відповідає кількості типів ліній, завантажених із зовнішнього файлу, що входить у пакет AutoCAD і містить повний набір різних типів ліній.

Під час роботи з шарами в AutoCAD передбачені такі функції керування шарами: встановлення поточного шару, зміна видимості окремих шарів, їх блокування, видалення, фільтрація та сортування.

Для того щоб знову створювані в AutoCAD об'єкти розміщувалися на одному з наявних шарів, необхідно зробити цей шар поточним.

Для встановлення поточного шару необхідно в стовпці статусу в діалоговому вікні «Диспетчер властивостей шарів» двічі клацнути лівою кнопкою миші навпроти відповідного шару, натиснути піктограму <√>, натиснути комбінацію клавіш «Alt+C» або в списку наявних шарів на панелі та натиснути кнопку «Поточний» (Рис. 21).

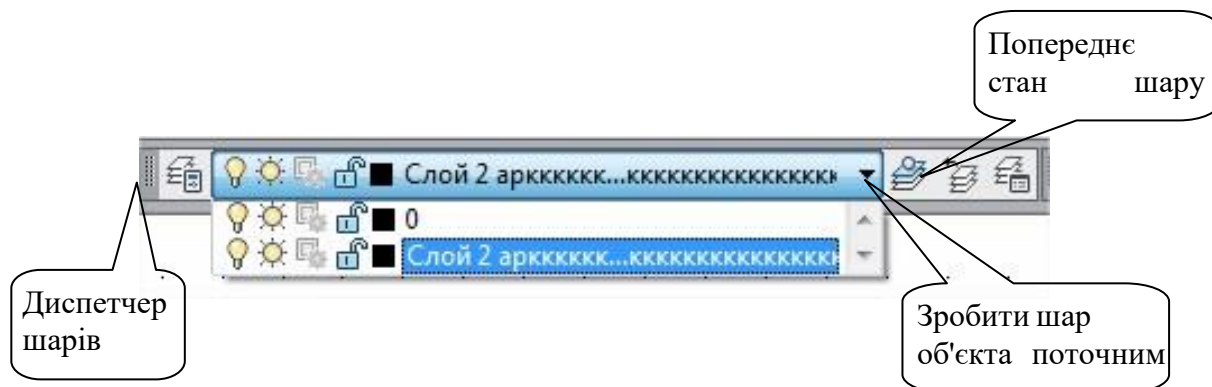


Рис. 21 Кнопка «Поточний»

Для встановлення поточного шару, призначеного для будь-якого об'єкта малюнка, слід вибрати цей об'єкт, а потім натиснути кнопку «Зробити шар об'єкта поточним» на панелі «Шари».

*Управління видимістю шарів* необхідно, якщо під час роботи з об'єктами одному чи кількох шарах малюнок занадто захаращений. Для відключення видимості об'єктів на шарах, що не використовуються, ці шари можна вимкнути або заморозити. При цьому AutoCAD не відображає об'єкти на екрані та не виводить їх на плотер.

Вибір способу відключення видимості шарів залежить від ситуації та розмірів малюнка.

*Вимкнення шарів* рекомендується використовувати, якщо при роботі часто доводиться вмикати та вимикати видимість цих шарів.

*Заморожування* рекомендується для шарів, які ще довго не використовуватимуться в роботі.

Для включення/вимкнення або заморожування/розморожування шару необхідно клацнути мишею на піктограмі «Увімк./Вимкнути» (у вигляді лампочки) або «Заморожування/розморожування» (у вигляді сонечка) відповідного шару на панелі «Шари» або діалогового вікна «Диспетчер властивостей шарів».

*Блокування шарів* застосовується у випадках, коли потрібне редагування об'єктів, розташованих на певних шарах, з можливістю перегляду об'єктів на інших шарах.

**Редагувати об'єкти на блокованих шарах не можна** Однак вони залишаються видимими, якщо шар увімкнений і розморожений. Блокований шар можна встановити поточним та створювати на ньому об'єкти. До об'єктів на блокованих шарах можна прив'язуватись за допомогою режимів об'єктної прив'язки. Блоковані шари можна вмикати та вимикати, а також змінювати пов'язані з ними кольори та типи ліній.

Блокування/розблокування шарів виконується аналогічно операціям керування видимістю за допомогою піктограми «Блокування/Розблокування» (у вигляді замка).

Для видалення шару використовується кнопка "Видалити" діалогового вікна "Диспетчер властивостей шарів" або комбінація клавіш "Alt + Y". Видаляти шари можна будь-якої миті роботи. Не можна видалити шар з ім'ям 0, поточний шар, шари, що залежать від зовнішніх посилань або об'єкти, що містять.

При великій кількості шарів може знадобитися, щоб у списку наявних шарів діалогового вікна перераховувалися лише певні шари, відфільтровані за деякими критеріями.

Для фільтрації шарів на основі їх властивостей використовується список "Фільтри" діалогового вікна "Диспетчер властивостей шарів". Критерії відбору шарів встановлюються в додатковому діалоговому вікні "Властивості фільтрів шарів", яке відкривається по клацанню на піктограмі "Новий фільтр" або натисканням комбінації клавіш "Alt+B".

Список шарів можна відсортувати за будь-яким зі стовпців з параметрами шару: за іменами, атрибутами видимості, кольорами або типами ліній і т.д. Імена шарів і типів ліній можуть бути відсортовані в прямому або зворотному алфавітному порядку.

### **2.3.2. Робота з типами ліній**

Тип лінії описується послідовністю штрихів, точок і пробілів, що повторюється, а лінії складних типів можуть включати в себе різні символи. Конкретні послідовності

штрихів і точок, відносні довжини штрихів і пробілів, а також характеристики текстових елементів і форм, що включаються, визначаються ім'ям типу лінії та його описом.

Можливі типи ліній показано на рис. 22. Користувач може створювати власні типи ліній.



Рис. 22 Типы линий

Для работы с будь-яким типом лінії його потрібно завантажити в малюнок. Для завантаження необхідно, щоб визначення типу лінії існувало у бібліотечному LIN-файлі типів ліній.

Для завантаження типу лінії використовується діалогове вікно «Диспетчер типів ліній» (рис. 23), яке викликається з меню Формат/Типи ліній або командою ТИПЛІН.

У діалоговому вікні необхідно натиснути кнопку «Завантажити» та вибрати тип лінії зі списку «Доступні типи ліній» діалогового вікна «Завантаження або перезавантаження типів ліній».

Вибраний зі списку тип лінії додається до списку діалогового вікна «Диспетчер типів ліній», а також до керуючого списку «Типи ліній» панелі «Властивості об'єктів».

Для використання будь-якого типу лінії при побудові об'єктів на поточному шарі необхідно вибрати цей тип лінії та зробити його поточним.

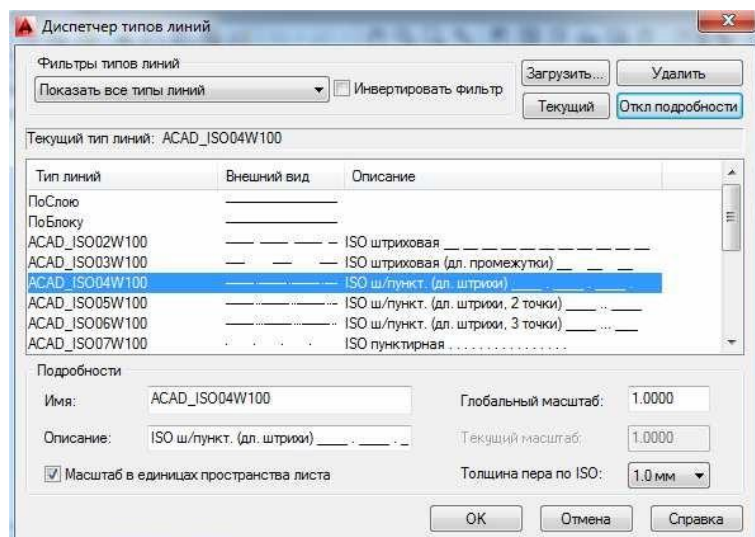


Рис. 23 Діалогове вікно «Диспетчер типів ліній»

Для встановлення поточного типу лінії необхідно у списку наявних типів ліній діалогового вікна "Диспетчер типів ліній" вибрати необхідний тип лінії та натиснути

кнопку "Поточний". Поточний тип лінії може бути також встановлений за допомогою списку «Типи ліній» на панелі «Властивості об'єктів» (рис. 24).

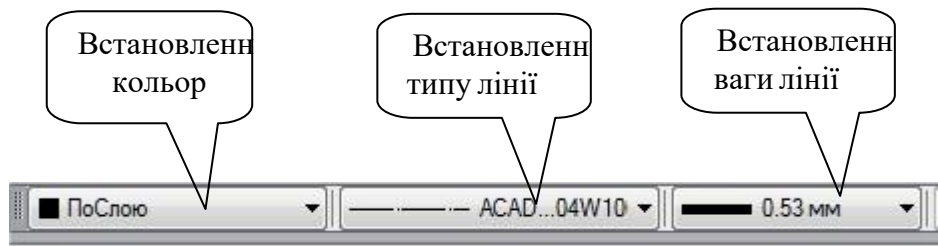


Рис. 24 Панель «Властивості об'єктів»

При виборі значення шару нові об'єкти будуть мати тип лінії, призначений шару, де вони будуються. При виборі значення по блоку всі об'єкти, що знову створюються, будуть мати стандартний тип лінії до тих пір, поки вони не будуть зібрані в блоці. Об'єкти, що вставляють у блок, успадковують тип лінії, призначений для даного блоку.

Користувач має можливість перейменовувати типи ліній для надання їх імен більшої свідомості в конкретному малюнку. Імена типів ліній можна змінювати у будь-який момент сеансу роботи.

Для перейменування типу лінії у списку наявних типів ліній діалогового вікна "Диспетчер типів ліній" необхідно натиснути кнопку "Увімк. подробиці», вибрати тип лінії для перейменування та ввести для нього нове ім'я в полі «Ім'я». Крім того, змінити ім'я типу лінії можна безпосередньо в списку при подвійному натисканні мишею за вибраним типом. У полі "Опис" можна змінювати описи типів ліній.

При перейменуванні будь-якого типу лінії цей процес зачіпає лише визначення даного типу лінії, що використовується в поточному малюнку. Ім'я цього типу лінії в LIN-файлі залишається незмінним.

Не можна змінити імена типів ліній за шаром, блоком і continuous, а також імена типів ліній, що залежать від зовнішніх посилань.

Щоб видалити тип лінії у списку наявних типів ліній діалогового вікна «Диспетчер типів ліній», виберіть потрібний тип лінії або кілька типів ліній і натисніть кнопку «Видалити».

Видаляти типи ліній можна у будь-який момент сеансу роботи, якщо вони не використані в малюнку. Не можна видалити типи ліній з іменами по шару, блоку і continuous, поточний тип лінії, а також типи ліній, що залежать від зовнішніх посилань.

Є можливість завдання масштабу типу лінії для об'єктів, що створюються. Що менше масштаб, то частіше зразок повторюється на одиницю малювання. За замовчуванням AutoCAD використовує глобальний масштаб типу лінії, що дорівнює 1,0 (тобто однієї одиниці малювання).



Для встановлення масштабу типу лінії у групі «Подробиці» необхідно ввести значення для глобального та поточного масштабів у відповідні поля. Зміна глобального масштабу впливає всі наявні і нові типи ліній. Зміна поточного масштабу (щодо глобального) впливає на обраний тип ліній під час використання його для побудови нових об'єктів.

Для активізації режиму масштабування типу лінії має бути увімкнена опція «Масштаб в одиницях простору аркуша».

## 2.4. Методи редагування

Для внесення змін до поточного креслення з використанням графічних об'єктів, що вже є на ньому, використовуються команди редагування, які активуються в командному рядку. Частина команд доступна за допомогою меню Редагувати або панелі інструментів «Редагування».

### 2.4.1. Вибір об'єктів

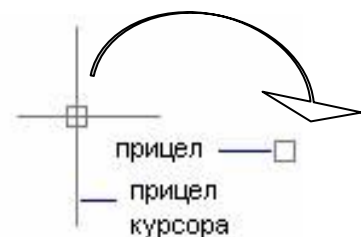
Під час виконання команд редагування необхідно у відповідь запит «Виберіть об'єкти» вказати (вибрати) об'єкти, яких буде застосовані ці команди, тобто. створити набір, що включає редаговані об'єкти. У такий набір може входити як один об'єкт, так і їхнє поєднання: наприклад, сукупність об'єктів певного кольору або розташованих на певному шарі. З тим самим набором вибору можна здійснювати кілька операцій редагування. Є можливість додавати об'єкти в набір та видаляти їх звідти. Різні об'єкти можуть заноситись у набір у різний спосіб.

Спочатку AutoCAD пропонує вибір об'єктів здійснити за допомогою прицілу. Крім того, передбачені інші способи вибору, доступні через опції поповнення та управління набором вибору.

*Вибір за допомогою прицілу* є найпростішим способом вибору об'єкта та активізується одразу при запуску команди редагування.

При цьому перехрестя курсору перетворюється на приціл вибору.

Вибір об'єктів здійснюється за допомогою пристрою вказівки при наведенні прицілу на об'єкт редагування та натискання лівої кнопки миші.



При натисканні лівої кнопки миші під час руху по полю креслення активізується опція БОКС вибору з допомогою рамки.

*Рамка вибору*- Прямокутник, що задається користувачем у графічній області вказівкою двох протилежних кутів.

Колір поля всередині рамки залежить від способу розвороту рамки - "зліва направо" або "справа наліво", як показано на рис. 25.

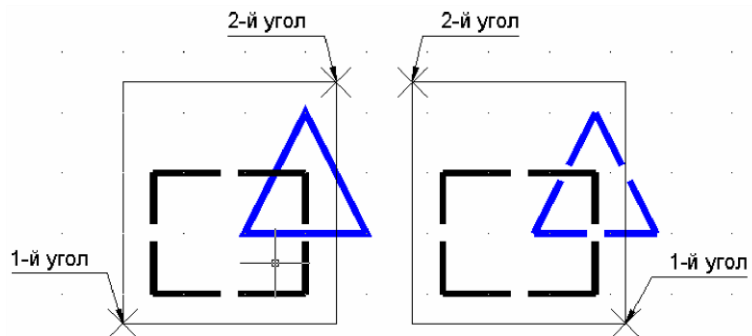


Рис. 25 Схема рамки вибору

При цьому активується опція вибору:

- *Рамка*– об'єкт, що вибирається, повинен повністю поміститися в полі рамки (поле всередині рамки блакитного кольору);
- *Секрамка*– об'єкти, що вибираються, достатньо перетнути рамкою (поле всередині рамки зеленого кольору).

#### 2.4.2. Редагування властивостей об'єктів

Сучасні версії AutoCAD дозволяють при виборі об'єкта одразу отримувати скорочене вікно властивостей, перелік яких можна розширювати.

Команда ВЛАСТИВОСТІ дозволяє змінити загальні властивості об'єктів із зазначенням конкретної властивості для зміни командного рядка.

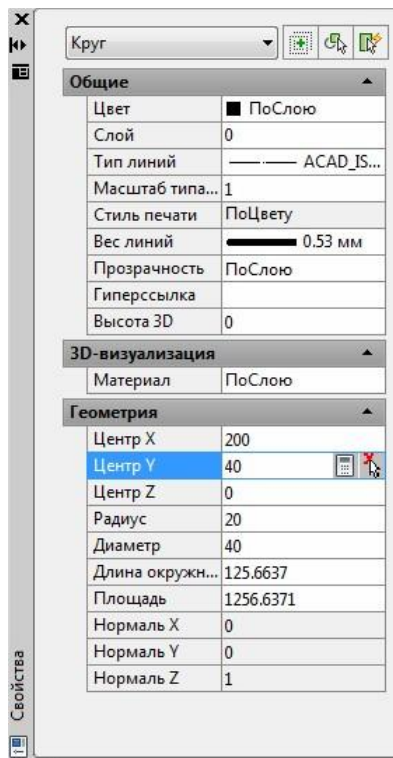


Рис. 26 Діалогове вікно «Властивості»

**ДІАЛСВИЙ** дозволяє отримати параметри властивостей для вибраного об'єкта безпосередньо у діалоговому вікні «Властивості» (див. рис. 26), при цьому для редагування доступні не тільки загальні, але й геометричні властивості об'єкта в залежності від типу вибраного об'єкта. Панель інструментів «Властивості» також дозволяє керувати кольором, типом ліній та шарами на кресленні.

Команда Копіюватися дозволяє властивості одного об'єкта частково або повністю скопіювати в інший або кілька інших об'єктів. Можна копіювати колір, шар, тип лінії, масштаб типу лінії, висоту об'єкта та, в деяких випадках, властивості розмірів, текстів та штрихування. Ця команда може бути активізована в командному рядку з меню Редагувати \ Копіювання властивостей, а також з панелі "Стандартна" відповідною кнопкою.

Для конкретизації, які властивості мають бути скопійовані, необхідно використовувати командну опцію Налаштування, що викликає діалогове вікно «Налаштування властивостей» (рис. 27). У цьому вікні необхідно встановити прапорці для властивостей, які потрібно скопіювати, та прибрати прапорці для інших властивостей.

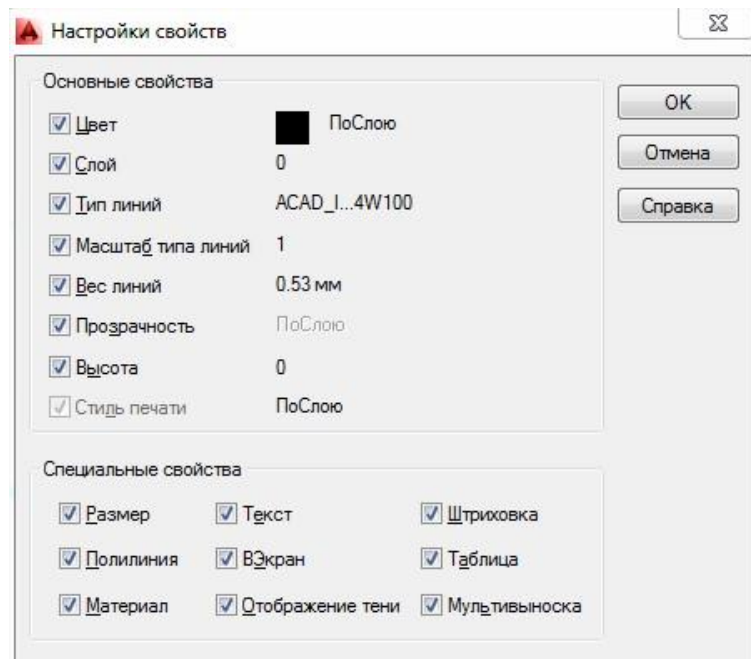


Рис. 27 Діалогове вікно «Налаштування властивостей»

Задані для копіювання властивостей установки зберігаються для поточного сеансу AutoCAD до наступної зміни.

*Зміна змісту тексту* виконується через меню Редагувати / Об'єкт / Текст / Редакт..., або з використанням команди ДІАЛРЕД, при цьому з'являється діалогове вікно, характерне для однорядкових написів, виконаних командою ТЕКСТ або у вікні редактора багаторядкового тексту для написів, виконаних командою МТЕКСТ.

Команда ПОВРЕД дозволяє редагувати полілінії. Управління процесом редагування та зміна властивостей полілінії здійснюється через набір наступних опцій та підопцій:

- *Розімкнути*– роз'єднує початкову та кінцеву точку полілінії;
- *Додати*- Додає до полілінії нові об'єкти;
- *Ширина*- Встановлює однакову ширину для всієї полілінії;
- *Вершина*– перехід у режим управління вершинами полілінії;
- *Слід*- Перехід до наступної вершини;
- *Перед*- Перехід до попередньої вершини;
- *Розірвати*- Розрив полілінії в поточній вершині;
- *Вставити*- Вставка нової вершини слідом за поточною;
- *Перенести*- Перенесення поточної вершини в іншу точку;
- *РЕГЕН*- Регенерація полілінії;
- *Випрямити*- Випрямлення криволінійного сегмента до поточної вершини;
- *Стосовна*– нанесення вектора щодо поточної вершини в заданому напрямку;
- *Ширина*- Зміна ширини сегмента на початку і кінці сегмента;
- *Вихід*- Вихід з режиму управління вершинами;

- *Згладити*- Згладжування ламаної полілінії;
- *Сплайн*– згладжує полілінію сплайнами;
- *Прибрати згладжування*- Прибирає згладжування;
- *Тіплін*– включає/вимикає тип лінії по всій довжині;– *Звернути*– звернення порядку вершин вибраних ліній;– *Скасувати*– скасовує останню дію.

### 2.4.3. Редагування креслення

*Копіювання об'єктів* ACAD є можливість одноразово і багаторазово копіювати об'єкти по одному або групам у межах поточного малюнка.

**Копіювати** виконує копіювання одного або декількох об'єктів в інше місце та активізується в командному рядку, з меню Редагувати / Копіювати або піктограмою з панелі інструментів редагування. Для копіювання команда запитує об'єкти для копіювання, базову точку (для прив'язки курсору до вибраних об'єктів) і точку переміщення для вставки копії (рис. 28). Опція Декілька і вибір базової точки дозволяють перейти в режим багаторазового копіювання.

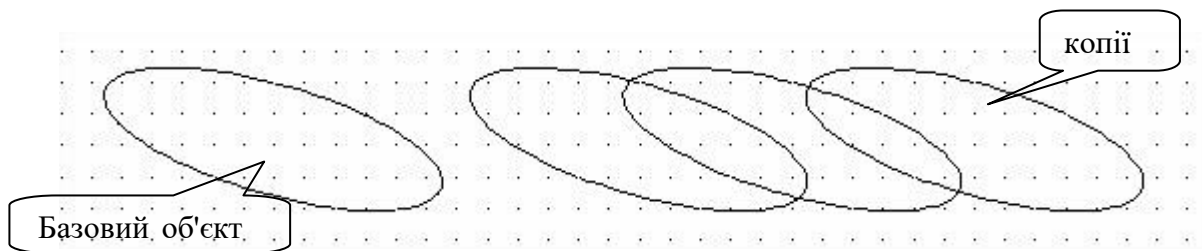


Рис. 28 Точки переміщення для вставки копії

Крім звичайного копіювання, є інші способи розмноження об'єктів на кресленні:

- побудова об'єктів, дзеркально симетричних вихідним щодо заданої осі (дзеркала);
- розмноження об'єкта масивом, коли створюються копії, розташовані у вузлах прямокутної сітки або рівномірно по колу;
- побудова подібних об'єктів, які розташовані на зазначеній відстані від вихідних або проходять через зазначені точки.

Команда ЗЕРКАЛО виконує побудову копії об'єкта за правилами осьової симетрії щодо осі відображення (симетрії), яка визначається двома точками, вказаними користувачем.

#### Приклад 11

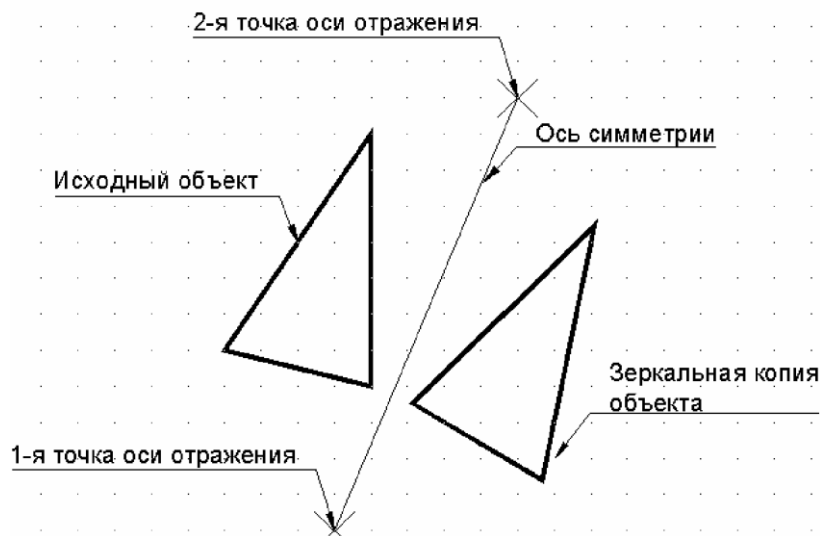
Побудувати трикутник, симетричний заданому щодо осі, що проходить через точки з координатами (10, 20) та (30, 60).

Команда: ДЗЕРКАЛО Виберіть об'єкти:

Перша точка осі відбиття: 10,20

Друга точка: 30,60

Видалити старі об'єкти? <Н>



Команда МАСИВ виконує розміщення копій об'єктів масивом у круговому масиві (упорядковано по колу) або у вузлах прямокутного масиву.

Для кругових масивів задаються центр масиву, кількість елементів масиву, включаючи вихідний, кут заповнення масиву (від 0 до 360) та режим їхнього повороту.

Для прямокутних масивів визначається кількість рядків і стовпців, а також відстань між ними. Приклади використання команди МАСИВ наведені нижче.

Команда: МАСИВ

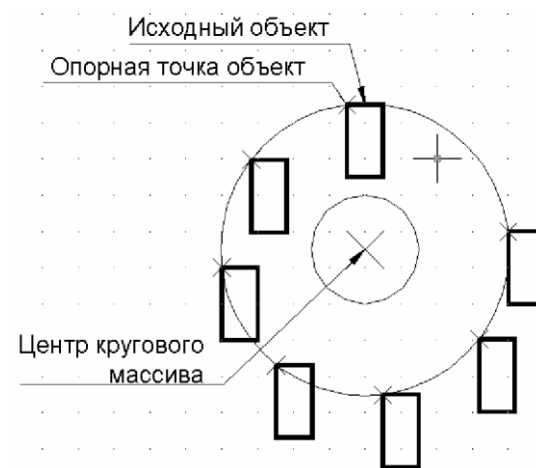
Виберіть об'єкти: Знайдено: 1

Виберіть тип масиву [Прямоуг Траект Круговий] <Прямоуг>: До

Вкажіть центральну точку: 30,40

Кількість елементів у масиві <6>: 7

Виберіть ручку, щоб ред. або [Кут заповнення] <Вихід>: 270 Повертати об'єкти? [так ні]<Д>: Н



: МАСИВ

Виберіть об'єкти: Знайдено: 1

Виберіть тип масиву [Прямоуг Траект Круговий] <Прямоуг>: П

Виберіть ручку, щоб редагувати або [./строки/..] <Вихід>: Т

Кількість рядків <4>: 2

Відстань між рядками <40>: 30

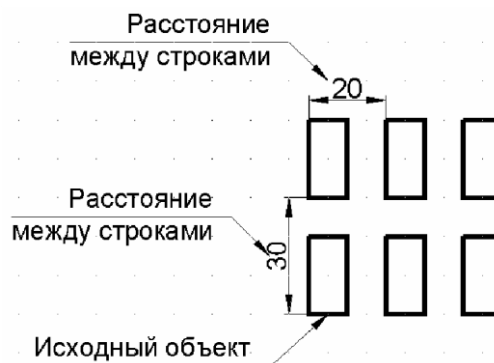
Вкажіть збільшення позначок <0>: 0

Виберіть ручку, щоб редагувати або [./Стовпці/..] <Вихід>: Л

Кількість стовпців <1>: 3

Відстань між стовпців <15>: 20 Виберіть ручку,...

<Вихід>:



Команда ПОДІБ створює нові об'єкти, подібні до обраних і розташовані на заданій відстані від них.

Подібні об'єкти мають більші або менші розміри по відношенню до вихідного об'єкта залежно від того, з якого боку вказано усунення. Якщо зміщення вказано точкою у внутрішній області об'єкта, такий об'єкт має менші розміри, якщо у зовнішній – більші.

Для побудови подібного об'єкта шляхом завдання усунення необхідно задати значення зміщення вказівкою двох точок або введенням з клавіатури, вибрати вихідні об'єкти для побудови подібних до них, вказати бік зміщення. Після побудови можна вибрати наступний об'єкт або натиснути клавішу <Enter> для завершення команди.

Команда: ПОДІБ

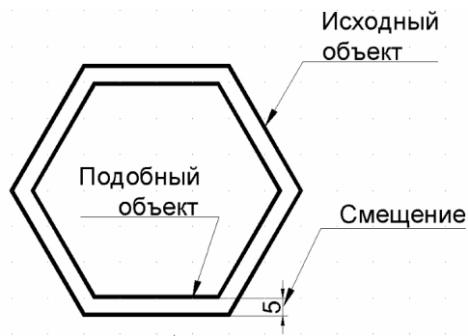
Вкажіть відстань усунення або [Через / Видалити / Шар] <1>: 5

Виберіть об'єкт для зміщення або [Вихід / Скасувати] <Вихід>:

Вкажіть точку, що визначає бік зміщення або [Вихід / Кілька / Скасувати] <Вихід>

Виберіть об'єкт для зміщення або [Вихід / Скасувати] <Вихід>:

<Enter>



Команда: ПОДІБ

Вкажіть відстань зміщення або [Через/Видалити/Шар] <1>: Ч Виберіть об'єкт для зміщення або [Вихід/Скасувати] <Вихід>:

Вкажіть точку, що визначає бік зміщення або [Вихід / Кілька / Скасувати] <Вихід>:

Виберіть об'єкт для зміщення або [Вихід / Скасувати] <Вихід>:



### Переміщення та поворот об'єктів

Зміна положення об'єктів здійснюється переміщенням без зміни орієнтації та розміру, поворотом щодо деякої точки та вирівнюванням.

Команда ПЕРЕНОСТІ переміщує зазначені об'єкти з одного місця креслення на інше, при цьому в діалозі з командою необхідно вказати базову точку для прив'язки курсору до вибраних об'єктів та другу точку переміщення, в яку повинна бути перенесена базова точка разом з об'єктами.

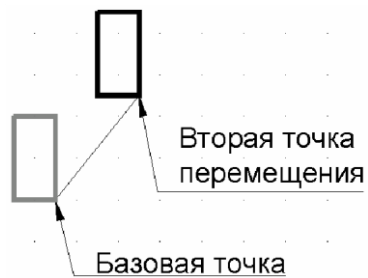
: ПЕРЕНОСТІ

Виберіть об'єкти: знайдено 1,

Базова точка або [зуув] <зуув>:

Друга точка або <вважати зміщенням першу точку>:



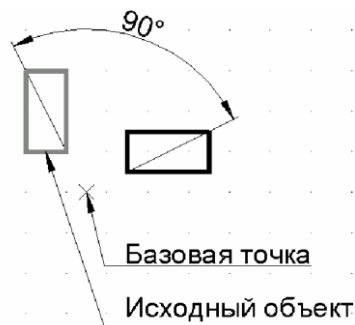


Команда ПОВЕРНУТИ виконує поворот об'єктів, при цьому вимагає вказати базову точку, щодо якої має бути виконаний поворот, а також кут повороту (відносного або абсолютного). Відносний кут повороту означає, що об'єкт повертається навколо базової точки на цей кут щодо поточного положення. Завдання абсолютного (опорного) кута повороту призводить до зміни кута повороту об'єкта з поточного зазначений відносно абсолютних координат.

Команда: ПОВЕРНУТИ

Виберіть об'єкти: знайдено: 1, Базова точка:

Кут повороту або [Копія / Опорний кут] <270>: -90



Команда `_ALIGN` виконує переміщення, поворот і масштабування об'єкта так, щоб він вирівнявся з іншим об'єктом. Для вирівнювання двох об'єктів на площині користувач повинен вказати об'єкти, що вирівнюються, першу вихідну точку і першу цільову точку, другу вихідну точку і другу цільову точку, відповісти на запит про необхідність масштабування за точками вирівнювання.

Команда `_ALIGN` доступна також з меню Редагувати \3Dоперації/Вирівняти.

У прикладі проводиться вирівнювання з поворотом прямокутника на межі багатокутника.

Команда: `_ALIGN`

Виберіть об'єкти: знайдено 1, Перша

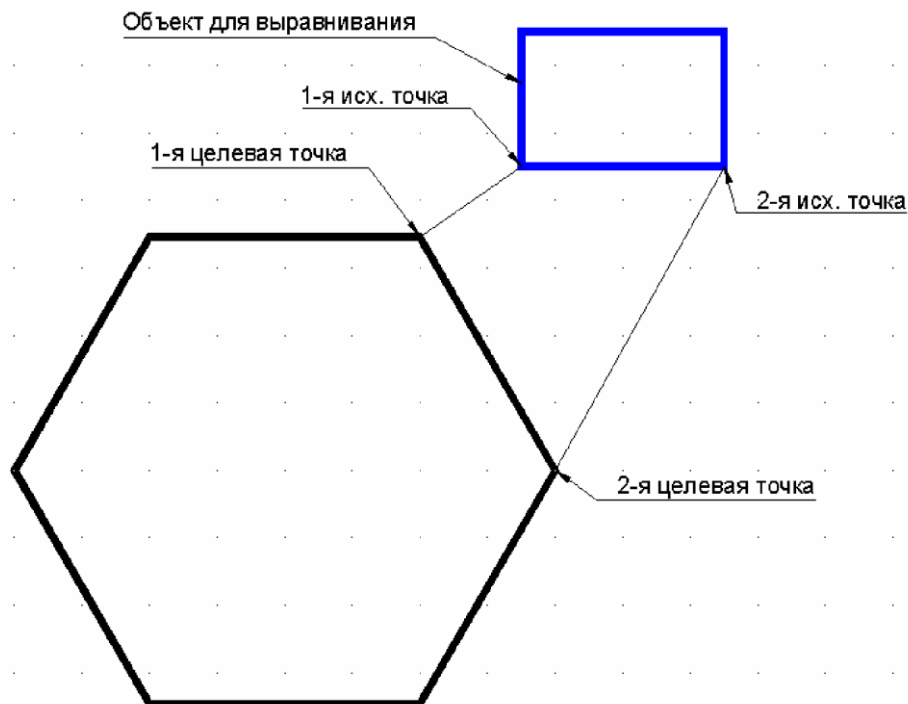
вихідна точка: Перша цільова точка:

Друга вихідна точка:

Друга цільова точка:

Третя вихідна точка або <продовжити>: П

Масштабувати об'єкти за точками вирівнювання? [Так / Ні]: Д



Об'єкти будуть вирівняні (переміщені та повернені), а потім, за потреби, масштабовані. При цьому перша цільова точка є базовою точкою масштабування, відстань між вихідними точками є довжиною послатальної, а відстань між цільовими точками - новою довжиною. Відношення послатальної довжини до нової визначає масштаб зміни об'єкта, що повертається.

Результат вирівнювання без масштабування та з масштабуванням наведено на рис. 29.

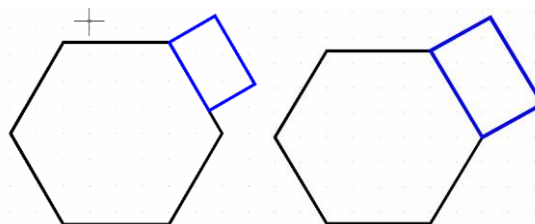


Рис. 29 Результат вирівнювання без масштабування та з масштабуванням

### Стирання, зміна розмірів та розтягування об'єктів

Команда СТРИТИ видаляє зазначені об'єкти з креслення. Такого ж ефекту можна досягти, якщо виділити об'єкт і натиснути клавішу DEL.

Команда МАСШТАБ змінює розміри вибраних об'єктів щодо заданої базової точки в масштабі, вказаному явно у вигляді числа або у вигляді посилання. При масштабуванні посилання один з існуючих вимірювань об'єкта використовується як посилання для нового. При цьому вказується довжина об'єкта у поточному масштабі та його нова

довжина після перетворення. Наприклад, якщо у якомусь із вимірів об'єкт має довжину 4,8 одиниць, і його потрібно збільшити до 7,5 одиниць, то перша довжина служить посилальною, а друга – новою.

Результат масштабування схожий на результат виконання команди ПОДІБ, але при цьому вихідні об'єкти видаляються.

Команда Розтягнути дозволяє розтягувати одну частину об'єкта щодо іншої. Команда вимагає вказати базову точку розтягування і дві точки переміщення. Об'єкти для розтягування повинні вибиратися січною рамкою. Сегменти об'єктів, перетнуті секучою рамкою, будуть розтягуватися, а сегменти (або об'єкти), що повністю потрапили в рамку, - переміщатися.

На рис. 30 показано розтягування плану покрівлі. Точками 1 і 2 визначено січна рамка, точкою 3 – базова точка, точкою 4 – точка переміщення.

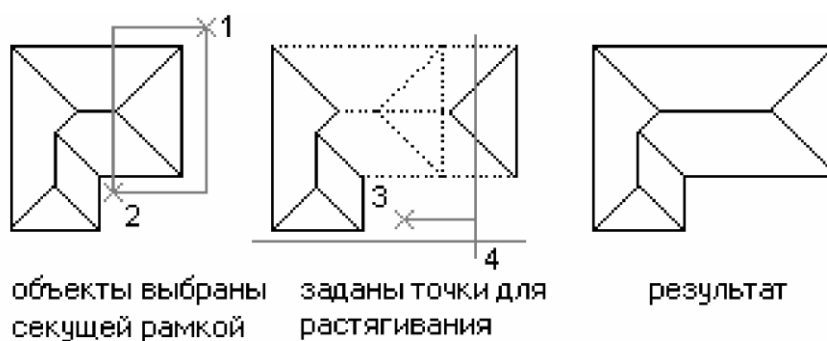


Рис. 30 Розтягування плану покрівлі

### Обрізання та розрив об'єктів

Команда ОБРІЗАТИ виконує обрізання об'єкта точно по ріжучій кромці, що задається одним або декількома іншими об'єктами. Об'єкти, зазначені в якості ріжучих кромок, не обов'язково повинні перетинати об'єкти, що обрізаються, можна виконати обрізку в точці уявного перетину об'єкта з продовженням ріжучої кромки. Ріжучі кромки можуть бути відрізки, дуги, кола, полілінії, еліпси, сплайни і т.д. Широкі полілінії обрізаються по осьових лініях.

На рис. 31 показано, як виконується з'єднання двох стін шляхом обрізання лінії перетину. Для обрізки вибрано ріжучі кромки (1 і 2 за допомогою прицілу або січної рамки) та вказано ділянку, призначену для обрізки (3).

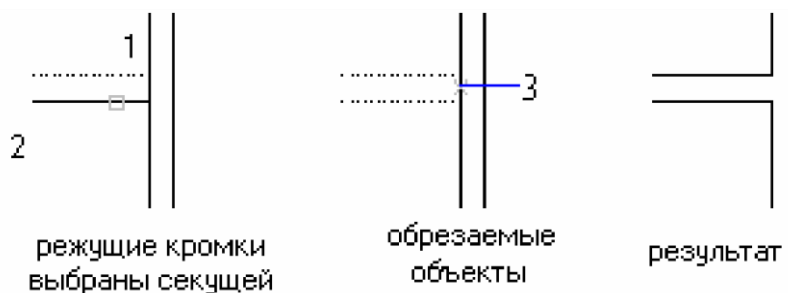


Рис. 31 Виконання з'єднання двох стін шляхом обрізання лінії перетину

### Редагування за допомогою ручок

Після вибору об'єктів на полі креслення за допомогою миші на вибраних об'єктах з'являються ручки, розташовані в визначальних точках вибраних об'єктів (рис. 32).

Ручки дозволяють, використовуючи пристрій вказівки, комбінувати вибір об'єктів та виклик команди з контекстного меню, а також маніпулювати об'єктами за допомогою графічного курсору або ключових слів і прискорити процес редагування.

Використовуючи ручки, можна суттєво скоротити звернення до меню.

Графічний курсор автоматично прив'язується до ручки, якою він проходить. Якщо ручки увімкнені, при видаленні об'єктів з набору вибору вони перестають бути підсвіченими, але ручки на них залишаються. Щоб видалити будь-який об'єкт із набору вибору, що має ручки, слід натиснути клавішу SHIFT під час вибору цього об'єкта. Видалення ручок з набору об'єктів здійснюється натисканням клавіші ESC.

Для редагування за допомогою ручок потрібно вибрати ручку, точка розташування якої буде базовою точкою редагування. Вибрана ручка виділяється іншим кольором.

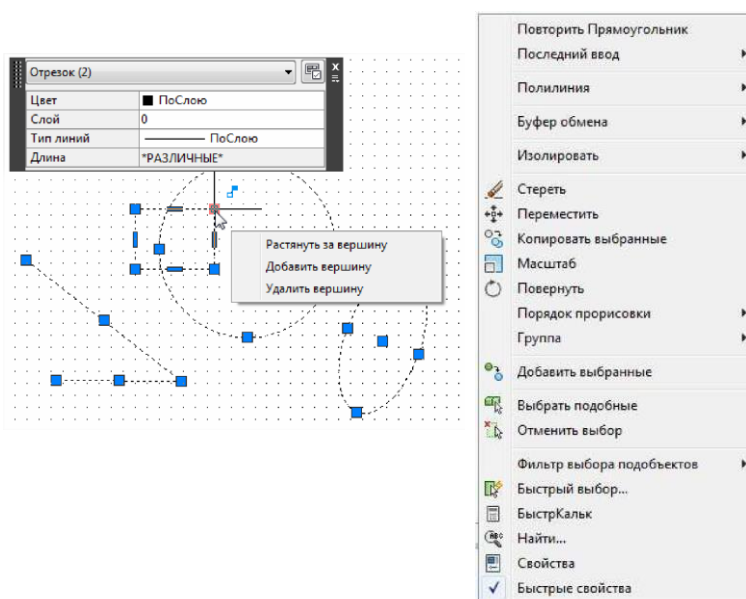


Рис. 32 Точки вибраних об'єктів

Після цього вибирається одна з команд редагування: РОЗРІСНУТИ, ПЕРЕНЕСТИ, ПОВЕРНУТИ, МАСШТАБ або ДЗЕРКАЛО.

Вибір цих команд здійснюється у командному рядку введенням початкових літер або виклику контекстного меню (див. рис. 32), яке викликається натисканням правої кнопки миші.

При тривалому утриманні клавіші SHIFT у процесі вказівки положень копій на екрані включається режим багаторазового копіювання або перенесення зазначених об'єктів.

Є можливість використовувати кілька ручок як базові. Це дозволяє редагувати об'єкт із збереженням геометрії його елементів, що знаходяться між базовими ручками, без змін. Для вибору кількох ручок в якості базових слід утримувати клавішу SHIFT у натиснутому стані в процесі вибору ручок.

Налаштування режиму роботи ручок та розміру прицілу виконується у діалоговому вікні «Налаштування», яке активізується командою ДІАЛРУЧ або з меню Сервіс/Налаштування (закладка Вибір). У вікні можна виконати увімкнення/вимкнення ручок, вибрати колір відображення вибраних та невибраних ручок, а також їх розмір на екрані (мал. 33).

Показ панелі Швидкі властивості об'єктів (див. мал. 32) може бути вимкнений через меню Сервіс / Режими малювання, якщо в закладці Швидкі властивості прибрати галочку.

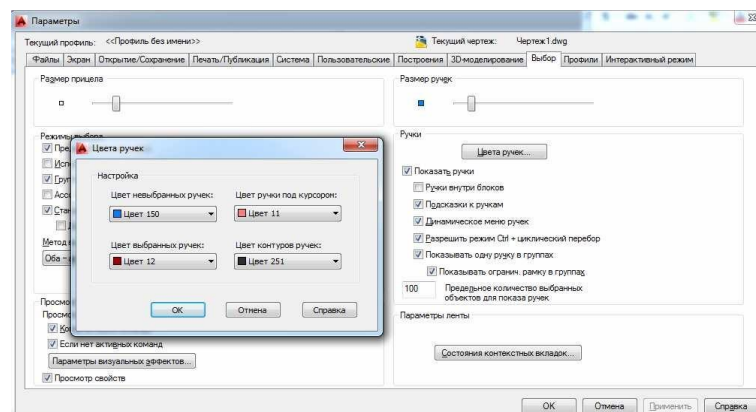


Рис. 33 Вікно «Налаштування»

## 2.5. Блоки, атрибути та зовнішні посилання

Одним із механізмів створення креслення в AutoCAD є використання блоків з атрибутами та зовнішніх посилань на інші малюнки.

*Блоки*— це організовані групи об'єкти малюнка, якими можна маніпулювати як єдиним цілим об'єктом.

Використання блоків спрощує створення, редагування та сортування об'єктів малюнка та пов'язаної з ними інформації. Блоки можна використовувати, наприклад, у таких цілях:

- створення стандартної бібліотеки символів, вузлів і деталей, що часто використовуються;
- швидкого редагування малюнків шляхом вставки, переміщення та копіювання цілих блоків, а не окремих геометричних об'єктів;
- економії дискового простору шляхом адресації всіх входжень одного блоку до того самого опису блоку в базі даних малюнка.

*Атрибути*– текстові об'єкти, які можуть бути розміщені в блоках для зберігання в них деякої інформації про блок або про те, що він зображує, наприклад, найменування та номери деталей, їх номінал, тип, позиційне позначення на схемі.

*Зовнішні посилання*- Додаткові дані, які дозволяють зв'язати блок поточного креслення з іншим малюнком. При відкритті креслення із зовнішніми посиланнями інші малюнки і креслення у ньому відбиваються все внесені там зміни.

### 2.5.1. Робота з блоками

#### Створення блоків

Для створення блоку необхідно виконати його опис (визначення), який включає ім'я блоку, базова точка вставки, графічні об'єкти.

*Опис блоків* можна створювати наступними командами:

- **БЛОК**– групує об'єкти для використання лише у поточному малюнку, у своїй опис блоку користувач формує, відповідаючи запити у командному вікні, показаному на рис. 34.

- **ЗБЛОК**- Аналогічна команді БЛОК.

- **ПБЛОК** -групує об'єкти або блоки та записує їх у файл x.dwg. Цей файл використовується для вставок в інші зображення з посиланням на нього.

#### Приклад 12

Створити блок умовного позначення резистора. Об'єкти, що входять до блоку, можуть бути обрані будь-яким з можливих способів, наприклад, полілінією.

Команда: БЛОК

Виберіть об'єкти: знайдено: 3 Ім'я блоку

або [?]: РЕЗИСТОР Виконується

регенерація моделі Базова точка вставки:

Вкажіть розташування параметра Об'єкти, поміщені в блок Базова крапка

Команда БЛОК вводиться в командному рядку, що викликається через меню Малювання / Блок / Створити або піктограму Створити блок на панелі інструментів та активізує діалогове вікно «Визначення блоку» (рис. 34). Для оперативного перегляду імен

блоків, що вже є, використовується кнопка «Список імен блоків». Щоб залишити на кресленні об'єкти, що формують блок після створення, необхідно встановити перемикач «Залишити».

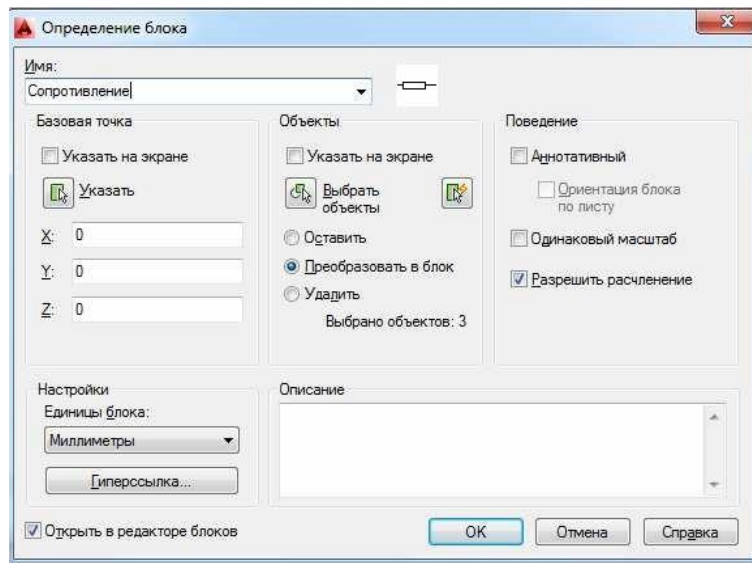


Рис. 34 Діалогове вікно «Визначення блоку»

Блоки, створені командами БЛОК та ЗБЛОК, доступні лише у поточному малюнку. Для того, щоб блок був доступний і в інших кресленнях, його необхідно записати у файл командою ПБЛОК з визначенням шляху розміщення.

Блок може включати інші (вкладені) блоки. Єдине обмеження при використанні вкладених блоків – заборона посилань із блоку на самого себе.

### **Управління блоками та їх перевизначення**

З блоками можна виконувати такі операції:

- *вставляти* малюнок з масштабуванням та поворотом;
- *розчленовувати* складові об'єкти та редагувати;
- *перевизначати* опис блоку, при цьому AutoCAD оновлює всі існуючі входження

блоку і застосовує новий опис до блоків, що знову вставляються.

Вставлення окремих блоків і цілих малюнків із зовнішніх dwg-файлів у поточний малюнок проводиться командами ВСТАВИТИ. При вставці блоку малюнок відбувається так зване входження блоку, що супроводжується появою діалогового вікна, показаного на рис. 35.

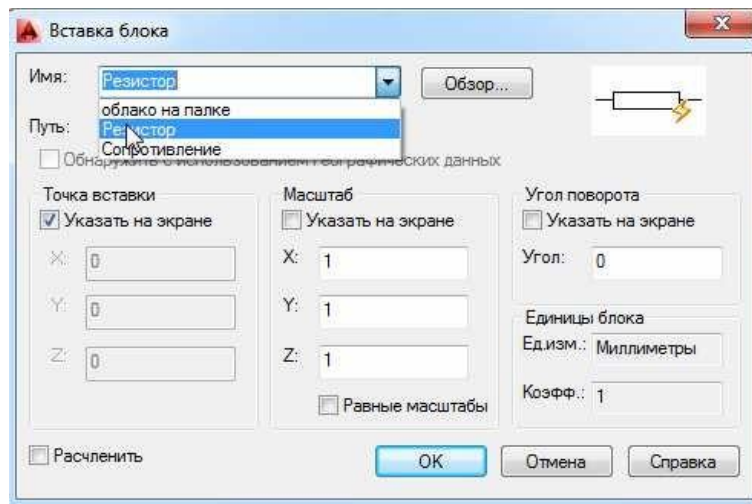


Рис. 35 Входження блоку, що супроводжується появою діалогового вікна

У діалоговому вікні вказуються ім'я блоку, що є в поточному малюнку (кнопка ІМ'Я ▼), або шлях та ім'я файлу, в якому зберігається зовнішній блок (кнопка ОГЛЯД), а також параметри його вставки: точка вставки, масштабні коефіцієнти по осі X і Y ( Z ігнорується) та кут повороту блоку щодо базової точки вставки.

Команда МВСТАВИТИ використовується для множинної вставки блоку з розміщенням у вузлах прямокутного масиву. При цьому, крім параметрів вставки блоку (такою ж, як і в команді ВСТАВИТИ), запитуються параметри прямокутного масиву, аналогічні параметрам, що задаються в команді МАСИВ.

Для того, щоб після вставки блок можна редагувати, необхідно активувати перемикач «Розчленувати», якщо він доступний.

При вставці в рисунок іншого малюнка AutoCAD обробляє вставлений рисунок так само, як і звичайне входження блоку. За замовчуванням в якості базової точки для малюнків, що вставляються, приймається точка з координатами (0, 0, 0). Змінити координати точки вставки блоку (Базової точки) можна в редакторі блоку, перетягнувши її за допомогою миші до іншої базової точки. За всіх наступних вставок цього малюнка AutoCAD використовуватиме нову базову точку.

Команда РОЗЧЛЕННЯ, якщо вона дозволена в описі блоку, використовується для розчленування входження блоку на складові об'єкти. Команда може бути активізована у командному рядку або з меню Редагувати/Розчленувати.

Після розчленування блоку можна відредагувати його елементи, додати чи видалити будь-які об'єкти у його описі та зберегти наново з тим самим ім'ям, тобто, перевизначити. Після перевизначення всі входження блоку в малюнок негайно оновлюються відповідно до нового опису.

### **Взаємодія з шарами, кольорами та типами ліній**



Об'єкти, що часто об'єднуються в блок, знаходяться на різних шарах, мають різні кольори і типи ліній. Можна встановити режим, коли інформація про вихідні шари, кольори та типи ліній об'єктів зберігається. При кожній вставці блоку кожен об'єкт поміщається на свій вихідний шар та малюється з використанням вихідних кольорів та типу лінії.

Блок, що складається з об'єктів, що знаходяться на шарі 0 і мають колір та тип лінії ПОСЛОЮ, вставляється на поточний шар і приймає колір та тип лінії цього шару. Ця установка має пріоритет перед явним завданням блоку кольору та типу лінії.

Блок, що складається з об'єктів, що мають колір та тип лінії ПОБЛОКУ, при вставці приймає поточні значення кольору та типу лінії. Якщо колір і тип лінії явно не встановлені, блок малюється за допомогою кольору та типу лінії, призначених шару.

Наявність різних шарів, кольорів та типів ліній при некоректному використанні ускладнює роботу з блоками.

При призначенні кольорів та типів ліній об'єктам та блокам рекомендується дотримуватися таких правил:

– якщо у всіх входженнях даного блоку одні і ті ж об'єкти повинні розташовуватися на одних і тих же шарах і мати одні і ті ж кольори і типи ліній, всім об'єктам блоку (в т.ч. які знаходяться у вкладених блоках) слід явно призначити шар, колір та тип лінії;

– якщо потрібно, щоб кожне входження блоку мало колір та тип лінії, призначені шару, на який блок вставлений, потрібно при створенні блоку розмістити всі його об'єкти на шарі 0, а колір та тип лінії встановити

#### **ПОСЛОЮ;**

– якщо потрібно, щоб для кожного входження блоку колір і тип лінії задавалися явно, потрібно при створенні блоку встановити для всіх його об'єктів колір і тип лінії ПОБЛОКУ.

Значення шару, кольору та типу лінії доступні для редагування у вікні «Властивості», що відкривається командою ДИАЛСВОЙ або піктограмою на панелі «Стандартна».

### **2.5.2. Робота з атрибутами блоків**

*Атрибут* деякою подобою мітки або ярлика, що використовується для зв'язування з блоком текстових рядків. Надалі можливий експорт інформації, що зберігається в атрибутах малюнка, зовнішні файли з подальшим використанням в базах даних для генерації різної проектної документації.

Атрибути можуть бути змінними, постійними, прихованими.

*Змінні контрольовані* атрибути блоку завжди запитуються AutoCAD при кожному вході блоку, змінні встановлені присвоюються за замовчуванням, але можуть змінюватися в командному рядку, потім значення всіх змінних атрибутів зберігаються разом із блоком.

*Постійні* атрибути приймають однакові значення всім входжень блоку, т.к. мають фіксоване значення.

*Приховані* атрибути також мають фіксовані значення, але ні на екран монітора, ні на малюнок для друку не виносяться. Але дані таких атрибутів зберігаються у файлі малюнка і можуть бути вилучені та експортовані до зовнішніх даних.

*Створення атрибутів* виконується в редакторі блоків, робоче вікно якого викликається автоматично після визначення блоку, якщо встановлена ознака «Відкрити в редакторі блоків» (див. рис. 34), або через контекстне меню, яке викликається після вибору блоку на кресленні (рис. 36).

Визначення кожного атрибуту блоку задається в діалоговому вікні «Визначення атрибуту» (рис. 37), в якому користувач вказує властивості та параметри атрибута: ім'я, підказку, значення за замовчуванням, текстові властивості, точку вставки та його режими (прихований, постійний, контрольований встановлений).

Вікно відкривається командою ДІАЛАТОП або АТОПР у командному рядку або у вікні редактора блоку при натисканні на піктограму "Опис атрибута", яка показана стрілкою на рис. 36.

Властивості та параметри вже введених атрибутів можна змінювати у вікні властивостей, що викликається через контекстне меню для вибраного атрибута у редакторі блоків.

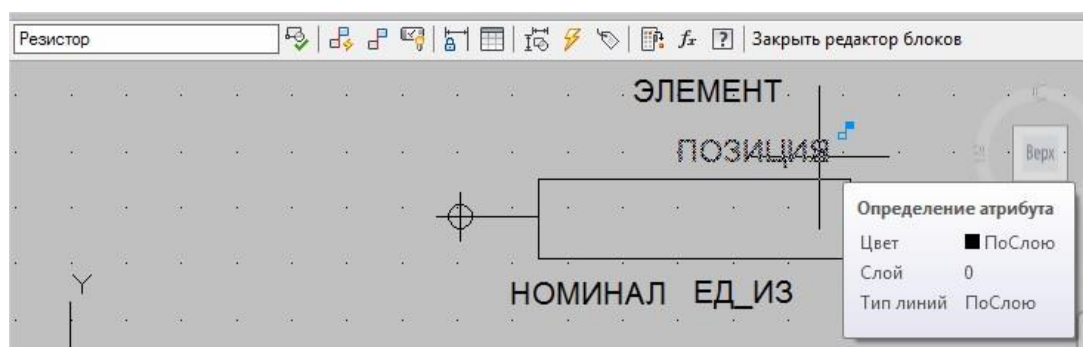


Рис. 36 Піктограма "Опис атрибута"

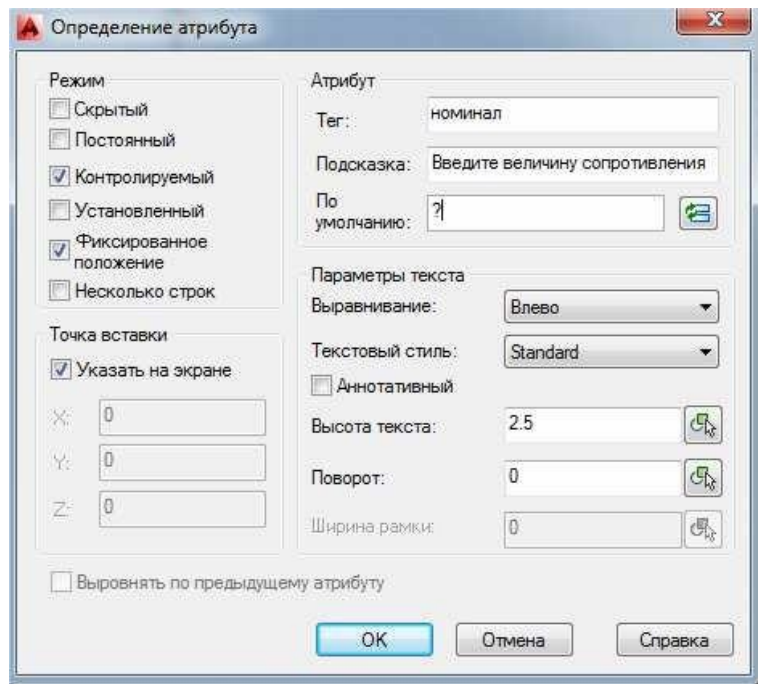


Рис. 37 Діалогове вікно «Визначення атрибуту»

При вставці блоку на креслення AutoCAD пропонує ввести значення контрольованих атрибутів, використовуючи як підказку вказаний в описі текстовий рядок. Для цього автоматично відкривається вікно «Редагування атрибутів», показане на рис. 38.

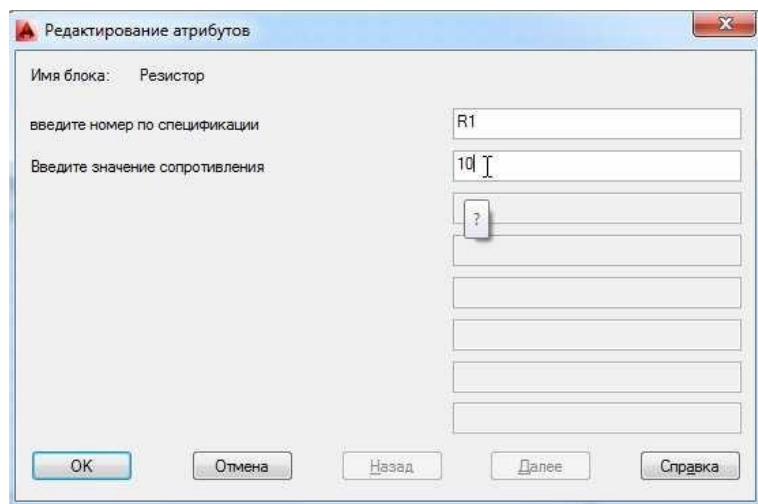


Рис. 38 Вікно «Редагування атрибутів»

Значення атрибутів можна ввести і пізніше викликом цього вікна командами АТРЕД або ДІАЛАТР.

Порядок вибору атрибутів під час запису в блок визначає порядок слідування запитів на введення їх значень при вставці цього блоку. При необхідності порядок атрибутів може бути змінений в редакторі блоків.

На рис. 39 показані сформовані блоки – графічні елементи для умовних позначень конденсатора та резистора, а також їх атрибути: елемент, позиція, номінал та ед\_зм для

розміщення в них при кожному вході блоку відповідних даних. Справа представлені результати вставки цих блоків на полі креслення.

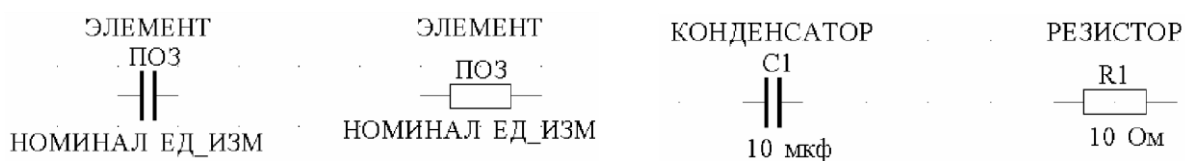


Рис. 39 Сформовані блоки

Редагування текстових параметрів атрибутів та їх значень можливо безпосередньо у вікні «Редактора атрибутів блоків» (мал. 40), яке викликається подвійним клацанням лівої кнопки миші на контурі вибраного блоку, командою ДИАЛРЕД, через меню Редагувати / Об'єкт / Атрибути / По одному або через елемент контекстного меню «Редагувати атрибут», яка викликається для зазначеного блоку.

У редакторі атрибутів блоків можливе редагування як їх значень, а й параметрів тексту (висота, нахил тощо.), і навіть властивостей атрибута (шар, колір та інших.).

Зміна всіх, а не тільки значень та текстових описів, можлива командою ЗМІНИТИ в діалоговому вікні «Властивості».

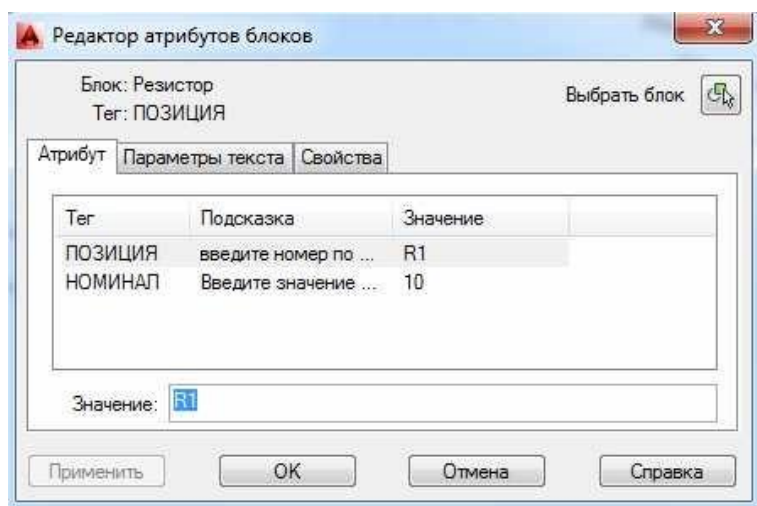


Рис. 40 Вікно «Редактора атрибутів блоків»

Управління глобальною видимістю атрибутів здійснює команда АТЕКР шляхом перемикання трьох опцій-режимів:

- *Нормальный*– видимість атрибутів визначається їх описом (приховані чи ні);
- *Увімк*– всі атрибути видно незалежно від їх описів;
- *Вимкнути*– повне вимкнення видимості атрибутів.

Вилучення даних атрибутів блоків для подальшого використання в AutoCAD передбачено командою ДИАЛАТЕК у кількох форматах через діалогове вікно.

Передбачено виведення файлів:

- *CDF*- Текстовий файл містить по одному запису для кожного входження: поля розділені комами, а символні поля укладені в апострофи;
- *SDF*- текстовий файл містить по одному запису для кожного входження: всі поля фіксованої довжини та розділені пробілами;
- *DXF*– файл містить підмножину даних графічної інформації обміну малюнками AutoCAD із входженнями блоків, атрибутами та символами кінця послідовності. Шаблон для виведення у форматі DXF не потрібний.

### 2.5.3. Зовнішні посилання

З поточним малюнком можна пов'язувати інші малюнки як зовнішні посилання через меню Вставка / Зовнішнє посилання.

Відмінність зовнішніх посилань від блоків полягає в наступному:

- якщо малюнок вставляється як блок, то опис блоку (тобто перелік геометричних об'єктів, що входять до нього) записується в базу даних поточного малюнка. Жодні подальші зміни вихідного малюнка не змінюють тих малюнків, куди він був вставлений;
- якщо малюнок вставляється як зовнішнє посилання, то будь-яка модифікація вихідного малюнка змінює ті малюнки, де він використовується.

Таким чином, малюнок із зовнішніми посиланнями завжди відображає їхній поточний стан.

Як і блоки, зовнішні посилання є єдиними об'єктами поточного малюнка.

Застосування зовнішніх посилань майже збільшує розмір файлу поточного рисунка; крім того, їх не можна розчленовувати. Як і блоки зовнішні посилання можуть бути вкладеними.

Для керування зовнішніми посиланнями призначені команди ПОСИЛАННЯ або ГІПЕРСИЛЛЕННЯ, що активують діалогові вікна «Диспетчер зовнішніх посилань» або «Вставка гіперпосилання». AutoCAD відображає в ньому статус кожного з наявних посилань та їх поточні взаємозв'язки.

Використання зовнішніх посилань дозволяє:

- збирати головний малюнок із фрагментів, які можуть змінюватися під час розробки проекту іншими розробниками;
- координувати свою роботу з роботою інших розробників, накладаючи інші малюнки на свій та вносячи зроблені в них зміни;
- гарантувати наявність на екрані останніх версій фрагментів малюнків. При відкритті AutoCAD автоматично здійснює оновлення всіх посилань, таким чином, малюнок завжди відображає їх поточні стани;

- виводити на екран лише певні фрагменти посилань, підрізаючи їх межі.

При відкритті або виведенні малюнка на плотер AutoCAD здійснює оновлення всіх посилань, відображаючи поточний стан кожної з них. Після завершення редагування малюнка та його збереження він стає доступним всім користувачам, при цьому їм потрібно лише оновити посилання.

### **3. РОЗРАХУНОК РЕЖИМУ РОБОТИ ЕНЕРГОСИСТЕМИ У MatCAD**

Метою розрахунку режиму електричної системи, що встановився, є визначення параметрів режиму, таких як:

- напруги у її вузлових точках;
- потоки потужності та струми у гілках схеми заміщення;
- узагальнені дані, що характеризують режим роботи електричної мережі (втрати потужності, втрати напруги, відхилення напруги від номінальних значень та ін.).

#### **3.1. Порядок побудови математичної моделі енергосистеми**

Для виконання розрахунку режимів електричної мережі, що встановилися, створюється математична модель електричної мережі.

Математична модель електричної мережі включає:

- моделі елементів електричної мережі (активних та пасивних) та параметри схеми заміщення;
- інформацію про топологію схеми електричної мережі;
- активні параметри розрахункової схеми ( $I$ ,  $U$ ,  $S$ );
- математичні вирази, що пов'язують результати, що шукаються, з вихідними даними.

##### **3.1.1. Моделі елементів енергосистеми**

Окремі елементи електричної системи в розрахунках встановлених режимів представляються схемами заміщення, що складаються з елементів електричного ланцюга: джерел напруги або струму та опорів.

При розгляді симетричних режимів системи трифазного змінного струму всі величини, що характеризують схеми заміщення її елементів, визначаються комплексними числами. У цьому схемі заміщення складаються однією фазою з нейтраллю.

Всі елементи електричної мережі можна розділити на пасивні (лінії електропередачі, трансформатори, реактори, батареї конденсаторів) і активні (енергосистеми, генератори, електричні навантаження).

### Лінії електропередач

Характеризуються поздовжнім опором  $Z_{\text{л}}=R_{\text{л}}+jX_{\text{л}}$  та поперечною провідністю  $Y_{\text{л}}=G_{\text{л}}-jB_{\text{л}}$  (Рис. 40).

Значення  $G_{\text{л}} = g_0l$ , що відповідає активній, і  $B_{\text{л}} = b_0l$  – реактивної провідності, зумовлені втратами на корону і зазвичай враховуються для мереж напругою 1 кВ і більше.

Зазначені параметри у розрахунках режимів характеризують П-подібну схему заміщення лінії. Значення  $R_{\text{л}}$ ,  $X_{\text{л}}$ ,  $G_{\text{л}}$ ,  $B_{\text{л}}$  визначаються довжиною лінії  $l$  між сусідніми вузлами розрахункової схеми і значеннями питомих параметрів.

Рис. 40 Схема лінії на кресленні

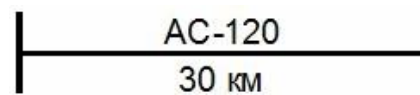
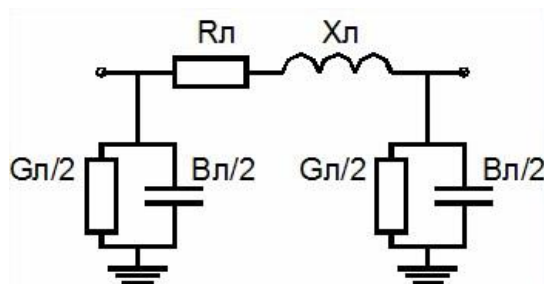


Рис. 40 П-подібна схема заміщення



### Трансформатори

Характеризуються Г-подібною схемою заміщення із опором короткого замикання  $Z_{\text{т}}=R_{\text{т}}-jX_{\text{т}}$  та провідністю шунта намагнічування  $Y_{\text{ш}}=G_{\text{ш}}-jB_{\text{ш}}$  (Рис. 41).

Ідеальний трансформатор характеризується коефіцієнтом трансформації  $k_{\text{т}} \approx U_{\text{ВН}} / U_{\text{НН}}$ .

Рис. 41 Схема трансформатора на кресленні

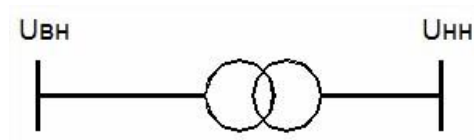
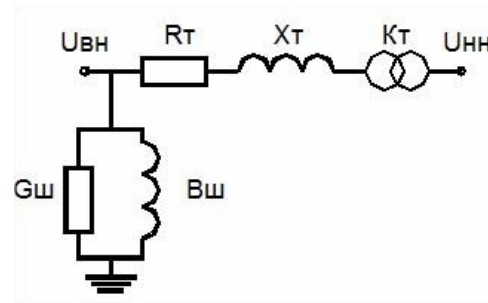


Рис. 41 Г-подібна схема заміщення



**Реакторита конденсаторні батареї**

Індуктивні та ємнісні опори установок поздовжньої компенсації моделюються лінійними елементами:  $R_p \approx 0, X_p = \omega L$  и  $R_c \approx 0, X_c = 1/\omega C$  (Рис. 42)

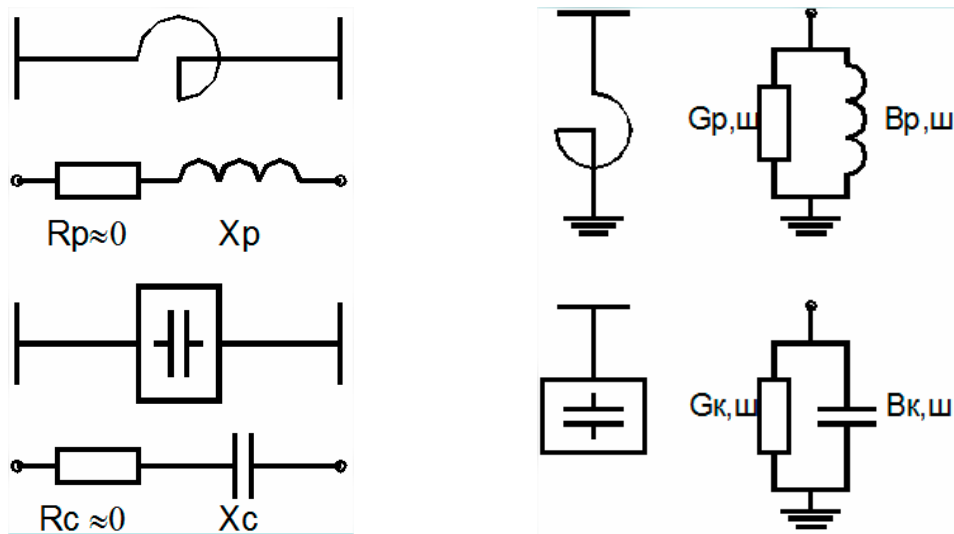


Рис. 42 Схеми індуктивних та ємнісних опорів

Реактори та нерегульовані конденсаторні батареї поперечної компенсації моделюються гілками, з'єднаними із «землею» (шунтами), для яких передбачено завдання  $Z_{ш} = G_{рш} - jB_{рш}$  або  $Y_{ш} = G_{кш} - j^y_{кш}$ .

**Джерела живлення (енергії)**

Джерела живлення (ДЖ) (рис. 43) можуть бути представлені у вигляді джерела напруги з ЕРС  $E$  і внутрішнім опором  $Z$  або джерела струму  $J = I$ , значення якого дорівнює струму встановленого режиму  $I$ , причому останній зазвичай відображають так званим струмом.



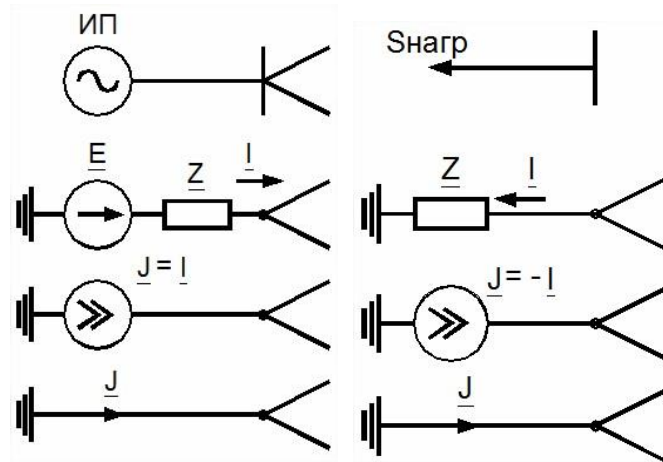


Рис. 43 Джерела живлення

Ті, що задають струми в  $j$ -му вузлі виражаються через потужності генераторів або навантажень  $P_j$  і  $Q_j$  і напруги вузлів  $U_j$ :

$$\underline{J}_j = \frac{P_j - jQ_j}{\underline{U}_j^*}$$

Вихідними даними про джерела живлення, як правило, служать активні потужності, що видаються генераторами в систему ( $P_{Гj}=\text{const}$ ) та абсолютні значення напруг у точках їх підключення:  $U_{Гj}=\text{const}$ , хоча в ряді випадків джерела живлення можуть бути задані і постійними значеннями активних та реактивних потужностей ( $P_{Гj}=\text{const}$ ,  $Q_{Гj}=\text{const}$ ) аналогічно навантаженням.

Крім того, одне з джерел (як правило, найбільш потужна електрична станція), що грає роль балансуєчого, задається комплексним значенням напруги ( $U_{б}=\text{const}$ ).

#### **Електричне навантаження (Споживачі електроенергії)**

Має схему заміщення або у вигляді опору  $Z$ , або (аналогічно ІП) джерела струму, що дорівнює взятому зі зворотним знаком струму навантаження, або струму, що задає (див. рис. 70).

Вихідними даними про навантаження реальних електричних систем при їх проектуванні та експлуатації зазвичай є значення споживаних ними активних і реактивних потужностей ( $P_{ні}+jQ_{ні}=\underline{S}_{ні}$ ), які можуть прийматися постійними ( $S_{ніj}=\text{const}$ ) чи залежними від напруги у точці підключення навантаження до мережі, тобто.  $S_{ніj}=f(U_{ij})$ .

### **3.1.2. Топологічна модель схеми електричної мережі**

Схеми заміщення сучасних складних електричних систем містять сотні вузлів та гілок. Кількість рівнянь стану для таких систем відповідно настільки велика, що для їх вирішення необхідно використовувати ЕОМ.

Схема заміщення електричної системи, використовувана для розрахунків усталених режимів, є електричний ланцюг, що містить пасивні та активні елементи і до неї застосовні такі поняття, як гілка, вузол і контур.

Конфігурацію схеми заміщення електричної системи можна відобразити у вигляді графа, який є безліч вершин (вузлів) і ребер (гілок), що з'єднують деякі (або всі) пари вершин. Будь-яка частина графа називається підграфом. Сукупність ребер, що з'єднують дві довільні вершини, утворюють підграф, який визначається як шлях графа. Якщо початкова і кінцева вершини шляху графа збігаються, цей шлях графа є замкнутим і утворює контур.

Гілки, пов'язані з вузлом нейтралі (гілки джерел живлення та навантажень), називають поперечними, решта гілок – поздовжніми.

Схема заміщення, що має хоча б один контур, називається замкненою, за відсутності контурів - розімкнутою.

Якщо у графі можна вибрати шлях, який з'єднує його будь-які дві вершини, цей граф є пов'язаним, якщо не можна – непов'язаним.

Якщо ребра графа мають фіксовані напрями, цей граф називається направленим. Кожне ребро направленого графа має початкову та кінцеву вершини, його напрямок приймається від першої вершини до другої.

*Топологічна модель схеми заміщення* електричної системи зазвичай є зв'язаним графом, ребрами якого є гілки, а вершинами – вузли. Гілки утворюють ланцюжки (шляхи графа), які можуть бути замкнутими. Усі величини, що характеризують стан гілок (струми, ЕРС, падіння напруги), мають певний напрямок (без чого не може бути розрахований режим цієї схеми). У зв'язку з цим доцільно кожній галузі схеми надати певний (довільно обраний) напрямок.

Для узагальненого аналітичного подання направленого графа служать матриця з'єднань гілок у вузлах  $M$  (перша матриця інцидентів) та матриця з'єднань гілок у незалежні контури  $N$  (друга матриця інцидентів),

*Перша матриця інцидентів*- Це прямокутна матриця  $(n \times m)$ , число рядків якої дорівнює числу вершин графа  $n$ , а число стовпців – числу ребер  $m$ :

$$M_{\Sigma} = (m_{ij}), \quad i=1, \dots, n; \quad j=1, \dots, m. \quad (2)$$

Номери рядків  $i$  відповідають номерам вершин, а номери стовпців  $j$  – номерам ребер. Елементи матриці  $M_{\Sigma}$  можуть набувати одне з трьох значень:

–  $m_{ij} = +1$ , якщо вузол  $i$  є початковою вершиною гілки  $j$  (струм гілки виходить із  $i$ -го вузла);

- $m_{ij}=-1$ , якщо вузол  $i$  є кінцевою вершиною гілки  $j$  (струм гілки входить у  $j$ -й вузол);
- $m_{ij}=0$ , якщо вузол  $i$  не є вершиною гілки  $j$  (немає зв'язку між  $i$ -м вузлом та  $j$ -ю гілкою).

Кожен рядок матриці  $M_{\Sigma}$  показує, якими вершинами відповідні гілки приєднуються до цього вузла схеми; кожен стовпець - які вузли є початковою та кінцевою вершинами цієї гілки. Очевидно, що у кожному стовпці матриці  $M_{\Sigma}$  може бути лише одна позитивна та одна негативна одиниці, іншими елементами є нулі. Сума всіх рядків цієї матриці (по шпальтах) повинна давати нульову (маленьку) матрицю.

*Друга матриця інцидентів* – це прямокутна матриця ( $k \times m$ ), число рядків якої дорівнює числу незалежних контурів графа  $k$ , а число стовпців – числу ребер  $m$ :

$$N=(n_{ij}), i=1,\dots, k; j=1,\dots, m. \quad (3)$$

Номери рядків  $i$  відповідають номерам незалежних контурів, а номери шпальт  $j$  – номерам гілок. Елементи матриці  $N$  можуть набувати одне з трьох значень:

- $n_{ij}=+1$ , якщо гілка  $j$  входить у  $i$ -й контур та їх напрями збігаються;
- $n_{ij}=-1$ , якщо гілка  $j$  входить у  $i$ -й контур, але напрями протилежні;
- $n_{ij}=0$ , якщо гілка  $j$  не входить до  $i$ -го контуру.

Кожен рядок матриці  $N$  показує, які гілки входять до складу відповідного незалежного контуру та який напрямок мають щодо напрямку контуру. Кожен стовпець матриці показує, до складу яких незалежних контурів входить дана гілка і чи збігається її напрям з напрямками цих контурів.

На рис. 44 наведено направлений граф та відповідні йому матриці інцидентів.

Матриці  $M_{\Sigma}$  і  $N$  дають можливість записати рівняння стану електричного кола в матричній формі.

Конкретний вид цих рівнянь визначається формами рівнянь стану, покладених в основу математичного опису встановленого режиму, та узагальненими параметрами системи.

З рівнянь стану найбільше широко застосовуються:

- *вузлові* – характеризуються як простотою формування, і великими можливостями ефективної організації процесу їх вирішення;
- *контурні* – Формуються дещо складніше, проте і вони мають певну раціональну сферу застосування.

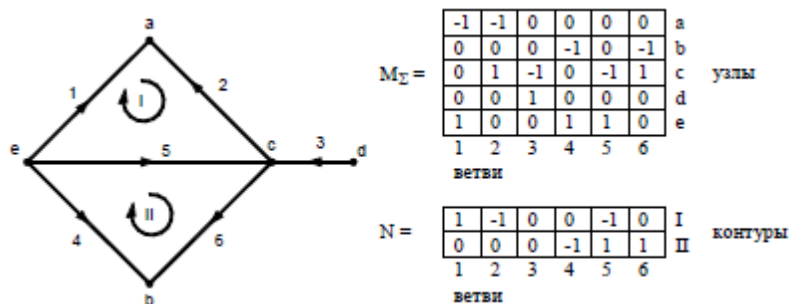


Рис. 44 Направлений графік та відповідні йому матриці інцидентів

### 3.1.3. Рівняння встановленого режиму електричної мережі

Рівняння законів Кірхгофа у матричній формі:

$$M \underline{I} = \underline{J},$$

$$N \underline{Z} \underline{I} = \underline{E}, \quad (4)$$

У до

де  $M$  – перша матриця інцидентів;

$N$  - Друга матриця інцидентів;

$\underline{I}$  - Стовець струмів у  $m$  гілках;

$\underline{J}$  - Стовець задають струмів в  $(n - 1)$  вузлах (за позитивний напрямок задає струму приймається його напрямок до вузла);

$ZB = \text{diag} (Z_j), j = 1, \dots, m$  - діагональна матриця опорів гілок;

$\underline{E}_k$  - Стовець контурних ЕРС.

Вектор  $E_k$  визначається виразом

$$\underline{E}_k = N \underline{E}, \quad (5)$$

де  $E = (E_j), j = 1, \dots, m$  - стовпець ЕРС у гілках.

Стовпець падінь напруги  $U_B$  в опорах гілок визначається виразом

$$\underline{U}_B = Z \underline{B} \underline{I} - \underline{E}. \quad (6)$$

Вузлові рівняння можуть бути записані через матрицю вузлових провідностей  $Y_u$  та матрицю вузлових опорів  $Z$ :

$$Y_u \underline{U}_{\Delta} = \underline{J} - M \underline{Z} - B \underline{1} \underline{E}_a \text{ або } \underline{U}_{\Delta} = Z \underline{J} - Z \underline{B} M \underline{Z}^{-1} \underline{E},$$

(7)

де  $U_{\Delta} = U_y - U_0$  - стовпець різниць напруг  $U_y$  в  $(n-1)$  вузлах по відношенню до напруги базисного вузла  $U_0$ ;  $J$  – стовпець вузлових струмів;

$E$  – стовпець ЕРС у гілках;

$Y_u$  - Квадратна матриця вузлових провідностей.

По головній діагоналі матриці  $Y_u$  знаходяться елементи  $Y_{11}, Y_{22}$  і т.д., що являють собою власні провідності вузла або суму провідностей усіх гілок, пов'язаних із вузлом.

Інші елементи цієї матриці є провідністю гілок між відповідними вузлами, взяті зі зворотними знаками.

Напруги у вузлах і струми у гілках визначаються за відсутності ЕРС у гілках та розбіжності балансуєчого та базисного вузлів:

$$U = ZJ + U_0, \quad (8)$$

$$I = Z^{-1} M' t U \Delta.$$

Тут  $M' t$  – транспонована матриця  $M'$ , що являє собою першу матрицю з'єднань, але записана для того випадку, коли базисний і балансуєчий вузли у схемі заміщення не збігаються.

Відмінність полягає в тому, що в матриці  $M$  відсутній рядок, що відповідає балансуєчого (збігається з базисним) вузлу, а в матриці  $M'$  відсутній рядок, що відповідає базисному вузлу.

Якщо базовий і балансуєчий вузли збігаються, то замість  $M' t$  використовується матриця  $M t$ .

Контурні рівняння, за якими обчислюються струми у гілках, мають вигляд:

$$Z_{до} I_{до} = E_{до} - NZBJ, \quad (9)$$

де  $Z_{до} = NZBNt$  – квадратна матриця  $\begin{pmatrix} M_{\alpha}^{-1} \\ 0 \end{pmatrix} J$  контурних опорів;

$I_k$  – матриця контурних струмів;

$I$  – стовпець струмів у гілках;

$M_{\alpha}$  – підматриця першої матриці сполук  $M$ , що характеризує зв'язок гілок дерева з її вузлами:

$$M = M_{\alpha} M_{\beta}, \quad (10)$$

де  $M_{\beta}$  – також підматриця матриці  $M$ , що показує зв'язок між хордами схеми та її вузлами. При складанні матриці  $M$  спочатку записуються стовпці, що відповідають гілкам, що утворює дерево схеми, а потім гілкам, що є її хордами.

### 3.2. Виконання розрахунків встановленого режиму в MatCAD

З математичної погляду розрахунок встановленого режиму електричної мережі зводиться до вирішення системи лінійних чи нелінійних рівнянь. Конкретний вид цих рівнянь визначається формами рівнянь стану, покладених в основу математичного опису встановленого режиму, та узагальненими параметрами системи.

Використання системи MathCAD для інженерних та науково-технічних розрахунків не вимагає від студента знання мов програмування. Слід лише вивчити інтерфейс програми та правила його застосування для складання та вирішення рівнянь.

Система MathCAD після запуску одразу готова до складання документа з необхідними обчисленнями. Загальний вигляд основного вікна показано на рис. 45.

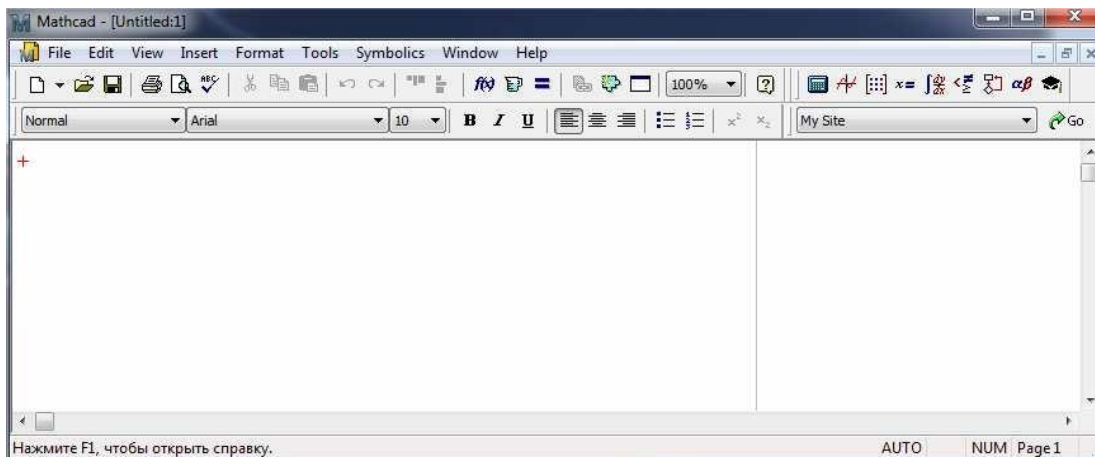


Рис. 45 Загальний вигляд основного вікна

Зовнішній вигляд екрану, функціонального меню та основних кнопок є традиційними для програм MS Windows. Призначення цих клавіш аналогічно вже розглянутим раніше.

У верхньому ряду справа знаходиться блок кнопок наборів інструментів. У розкритому вигляді панелях вони показані на рис. 46.

Набір інструментів можна вільно переміщати по всьому полю екрана. Для введення необхідного символу попередньо встановлюють курсор (червоний хрестик на полі) у потрібне місце набору та клацають правою кнопкою миші за значком.

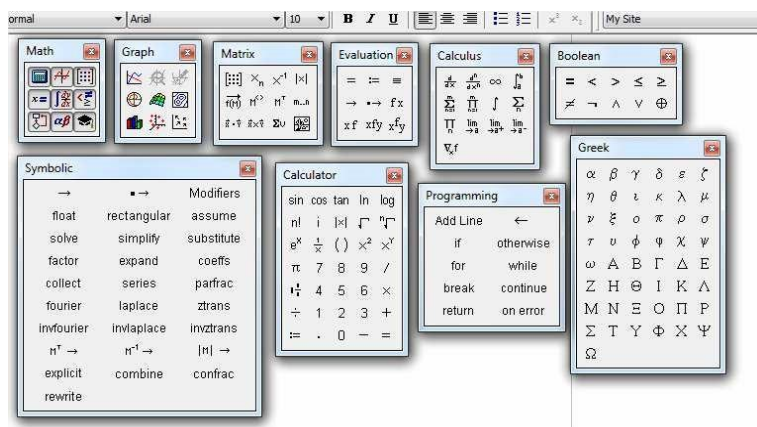


Рис. 46 Розкритий вигляд набору інструментів

Порядок використання цих інструментів зазвичай докладно досліджується на курсах інформатики і щодо чисельних методів розрахунків, у цьому курсі повторювати його ми будемо.

Розглянемо порядок виконання розрахунків режимів, що встановилися в електричних ланцюгах.

Для розрахунку режиму, що встановився, зазвичай використовується задана або проєктована топологічна схема розподільної електричної мережі, наприклад, рис. 47.

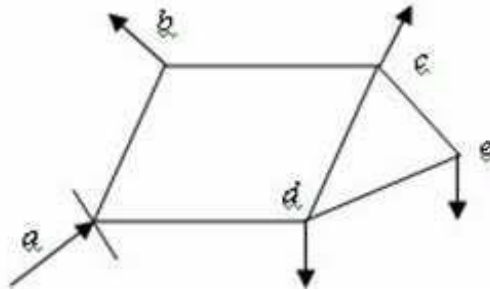


Рис. 47 Проєктована топологічна схема розподільної електричної мережі

Тут вузол є балансуєчим, а інші вузли - знижувальні електричні підстанції. Параметри споживаної потужності у вузлах, довжини ліній та параметри ліній електричних мереж також відомі. Потрібно розрахувати струми у гілках і падіння напруг в режимі, що встановився, і порівняти отримані результати із заданими значеннями.

Параметри вузлів та гілок для наведеної топологічної схеми представлені у вигляді таблиць (рис. 48).

**Параметры узлов,  $U_n = 110$  кВ**

Схема	Узел	$P$ , МВт	$Q$ , Мвар	$I_A$ , А	$I_B$ , А
0	<b>проверяемые значения</b>	<b>92</b>	<b>52</b>	<b>484</b>	<b>274</b>
	b	20	10	105	53
	c	30	15	158	79
	d	30	20	158	105
	e	12	7	63	37

**Параметры ветвей**

Схема	Начало	Конец	$B_0$			$L$ , км	$R$ , Ом	$X$ , Ом	$B$ , См-Е-6
			Ом/км	Ом/км	См/км-Е-6				
0	a	b	0,198	0,420	2,700	60,000	11,880	25,200	162,000
	b	c	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	89,800
	c	d	0,162	0,431	2,750	70,000	11,340	30,170	197,000
	d	e	0,249	0,427	2,660	40,000	9,960	17,080	106,000
	e	c	0,198	0,420	2,700	30,000	5,940	12,600	87,000
	a	d	0,249	0,427	2,660	30,000	7,470	12,810	79,800

Рис. 48 Параметри вузлів та гілок для наведеної топологічної схеми

Для побудови схеми заміщення скористаємося П-подібною моделлю електричної лінії електропередачі, але, вважаючи, що поперечна провідність лінії напругою 110 кВ і є незначною, тобто, втрати на корону невеликі по відношенню до поздовжнього опору лінії, їх можна не враховувати.

Таким чином, модель заміщення електричної лінії для заданої схеми набуде вигляду, показаного на рис. 49.

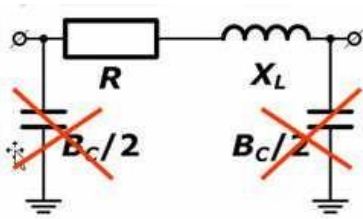


Рис. 49 Модель заміщення електричної лінії

Активні та реактивні опори для такої схеми розподільної мережі розраховані та показані в таблиці (див. рис. 48).

Формуємо розрахункову схему (рис. 50) топологічної мережі, показаної на рис. 44, і складаємо для неї систему рівнянь вузлових та контурних струмів згідно із законами Кірхгофа.

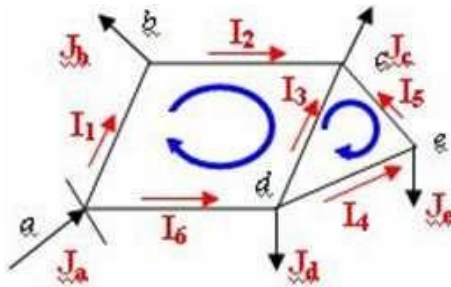


Рис. 50 Активні та реактивні опори для схеми розподільної мережі

Схема містить п'ять вузлів, шість внутрішніх гілок, що утворюють два замкнуті контури, і п'ять відхідних гілок, які містять струми, що задають, представлені у вигляді ідеальних джерел струму. Отже, для опису ланцюгів необхідно скласти чотири рівняння за першим законом Кірхгофа та два рівняння за другим законом Кірхгофа.

Напрями струму у гілках, що утворюють контури, поставимо довільно, а величини комплексних опорів цих гілок отримаємо з таблиць завдання (див. рис. 48, 49).

Рівняння для вузлів a, b, c та d, а також обох контурів можна записати у вигляді системи (11):

$$\begin{aligned}
 & \square I_1 + I_6 = J_a; \\
 & \square \square -I_1 + I_2 = -J_b; \square -I_2 - I_3 - I_5 \\
 & = -J_c; \\
 & \square \\
 & \square I_3 + I_4 - I_6 = -J_d; \square I_1 Z_1 + I_2 Z_2 - I_3 Z_3 - I_6 Z_6 = 0; \square \\
 & \square I_3 Z_3 - I_4 Z_4 - I_5 Z_5 = 0.
 \end{aligned} \tag{11}$$



При складанні системи рівнянь необхідно використовувати максимальну кількість контурних рівнянь, інакше матриця A вийде трансцендентною, тобто. її визначник може дорівнювати нулю.

Складемо першу та другу матриці інцидентів M та N для даної схеми (див. рівняння (2) та (3)). Другу матрицю інцидентів N помножимо на діагональну матрицю опорів ZB згідно з рівнянням (6) та об'єднаємо їх у єдину матрицю A для вирішення системи рівнянь (4).

$$\begin{bmatrix}
 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\
 -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\
 0 & -1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\
 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\
 & & -Z_3 & 0 & 0 & 0 \\
 Z_1 & Z_2 & & Z_3 & Z_4 & Z_5
 \end{bmatrix} (12) A =$$

Для цієї системи рівнянь згідно (4) запишемо стовпець B струмів J, що задають, і контурних ЕРС:

$$\begin{bmatrix}
 J_a \\
 -J_b \\
 -J_c \\
 -J_d \\
 0_0
 \end{bmatrix} B = \begin{bmatrix}
 -J_c \\
 -J_c
 \end{bmatrix}. (13)$$

Розв'язання цієї системи рівнянь будемо шукати відповідно до рівняння (9) у вигляді

$$I = A^{-1}B. (14)$$

Використовуємо для цього систему MathCAD.

Задамо ідентифікатори (змінні) параметрів ланцюгів.

Рядки та стовпці матриць у MathCAD за умовчанням нумеруються, починаючи з нуля, що для фізичного представлення елементів ланцюга незручно. Початок відліку стовпців та рядків матриці можна змінити командою ORIGIN=1.

Надаємо чисельні значення ідентифікаторам. Задаємо шаблони матриць A та B, вводимо їх значення відповідно до рівнянь (12) та (13), записуємо рішення у вигляді рівняння (14).

Результат обчислення можна отримати, набравши іw=. Процедура рішення показано на рис. 78.

### Расчет установившегося режима цепей переменного тока

$$\begin{aligned}
 & \text{ORIGIN} := 1 \\
 & i := (-1)^{0.5} \\
 & z_1 := 11.88 + i \cdot 25.2 \quad j_1 := 484 + i \cdot 274 \\
 & z_2 := 7.47 + i \cdot 12.81 \quad j_2 := 105 + i \cdot 53 \\
 & z_3 := 11.34 + i \cdot 30.17 \quad j_3 := 158 + i \cdot 79 \\
 & z_4 := 9.96 + i \cdot 17.08 \quad j_4 := 158 + i \cdot 105 \\
 & z_5 := 5.94 + i \cdot 12.6 \quad j_5 := 63 + i \cdot 37 \\
 & z_6 := 7.47 + i \cdot 12.81
 \end{aligned}$$

$$a := \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 \\ -1 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & -1 & 0 & -1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 1 & 0 & -1 \\ z_1 & z_2 & -z_3 & 0 & 0 & -z_6 \\ 0 & 0 & z_3 & -z_4 & -z_5 & 0 \end{pmatrix} \quad b := \begin{pmatrix} j_1 \\ -j_2 \\ -j_3 \\ -j_4 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix} \quad iw := a^{-1} \cdot b \quad iw = \begin{pmatrix} 187.039 + 96.033i \\ 82.039 + 43.033i \\ 59.971 + 25.026i \\ 78.99 + 47.94i \\ 15.99 + 10.94i \\ 296.961 + 177.967i \end{pmatrix}$$

Рис. 51. Приклад розрахунку струмів у гілках схеми у системі MathCAD

Потім виконується перевірочний розрахунок потужностей споживачів. (рис. 52).

### Расчет мощностей переменного тока в узлах сети (для проверки) (Напряжение в узле <a> принимаем 115 кВ)

фазовые напряжения:

$$U := \begin{pmatrix} 66386 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 63500 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 63500 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 63500 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 63500 \end{pmatrix} \quad J := \begin{pmatrix} -j_1 \\ j_2 \\ j_3 \\ j_4 \\ j_5 \end{pmatrix}$$

$$S := 3U \cdot J \quad S = \begin{pmatrix} -9.639 \times 10^7 - 5.457i \times 10^7 \\ 2 \times 10^7 + 1.01i \times 10^7 \\ 3.01 \times 10^7 + 1.505i \times 10^7 \\ 3.01 \times 10^7 + 2i \times 10^7 \\ 1.2 \times 10^7 + 7.048i \times 10^6 \end{pmatrix}$$

Мощности в узлах совпадают с заданными: расчет выполнен успешно

Рис. 52. Приклад розрахунку потужностей, що споживаються у вузлах схеми

Фазова напруга визначається за формулами розрахунку трифазного ланцюга змінного струму.

Напруга на джерелі потужності зазвичай збільшується на 5-7% для компенсації втрат у лініях електропередачі.

У системі MathCAD рішення таких матричних рівнянь можливе за допомогою спеціальної функції  $iw := \text{lsolve}(A, B)$ , введення якої здійснюється через верхнє меню натисканням кнопки  $\langle f(x) \rangle$  та вибором функції  $\text{lsolve}(*, *)$  із переліку функцій Solving.

Для розрахунку встановленого режиму також можна скористатися методом контурних струмів з використанням рівнянь (9) і (10), методом вузлових потенціалів або методом складання балансу потужностей.

Використання кількох методів та подальше порівняння результатів дозволяє оцінити правильність виконання розрахунків.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ 3321-2003 Система конструкторської документації. Терміни та визначення основних понять. – [Чинний від 2003-12-08]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 2005. 51 с.
2. ДСТУ 2226-93. Автоматизовані системи. Терміни та визначення. – [Чинний від 1994-07-01]. Вид. офіц. Київ : Держстандарт України, 1994. 93 с.
3. Чермных И. А., Журиле А. Г., Краевская Е. А., Адашевская И. Ю. Геометрическое моделирование в компьютерной графике. Харьков : НТМТ, 2017. 320 с.
4. David E. Weisberg The Engineering Design Revolution. URL: <http://cadhistory.net/>.
5. Системы автоматизированного проектирования. URL: <https://msd.com.ua/osnovy-proektirovaniya-ximicheskix-proizvodstv-ioborudovaniya/sistemy-avtomatizirovannogo-proektirovaniya/>
6. Hirschtick J. Celebrating 25 Years of SolidWorks: Founding Memories From 1993. URL: <https://www.linkedin.com/pulse/celebrating-25-yearssolidworks-founding-memories-from-jon-hirschtick> .
7. Стенін О. А., Лапковський С. В., Солдатова М. О. Використання CALS-технологій в сучасній промисловості. *Адаптивні системи автоматичного управління*. 2011. № 18(38). С. 114–123.
8. Гонсьор О. Й. Впровадження CALS-технологій в системи управління якістю на підприємствах агропромислового комплексу. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка"*. 2013. № 753. С. 135–139.
9. Каратанов А. В. Методы и модели оценки качества систем автоматизированного проектирования в едином информационном пространстве. Системы управління, навігації та зв'язку. 2013. 3(27). С. 122-128.

Навчальне видання

## **Системи автоматичного проектування і розрахунку (САПР)**

Методичні рекомендації

Укладачі: **Мартиненко** Володимир Олександрович

Формат 60x84 1/16. Ум. друк. арк. 2,3

Тираж 20 прим. Зам. № \_\_\_\_\_

Надруковано у видавничому відділі

Миколаївського національного аграрного університету

54020, м. Миколаїв, вул. Георгія Гонгадзе, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК № 4490 від 20.02.2013 р.