

**Криворізький національний університет**  
**Кафедра електричної інженерії**

**БЕРІДЗЕ Т. М.**

**ОПОРНИЙ КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ**  
**З ДИСЦИПЛІНИ**  
**СИСТЕМИ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ**

**Кривий Ріг**  
**2023**

Опорний конспект лекцій з дисципліни «Системи автоматизованого проектування» розроблено згідно ОПП першого (бакалаврського) рівня вищої освіти за спеціальністю 141 «Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка» галузі знань 14 «Електрична інженерія» кваліфікація: бакалавр з електроенергетики, електротехніки та електромеханіки 2023 р.

Розробник:

Тетяна Берідзе – докт. екон. наук, професор кафедри електричної інженерії

Рецензент:

Юрій Осадчук – канд. техн. наук, доцент кафедри електричної інженерії

Робоча програма затверджена на засіданні кафедри електричної інженерії  
Протокол № 1 від 1 вересня 2023 року

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_ (Олег Сінчук

ГАРАНТ

Ігор Пересунько - канд. техн. наук, доцент кафедри електричної інженерії

## ЗМІСТ

| НАЗВА                                                                          | Стр       |
|--------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| <b>ВСТУП.....</b>                                                              | <b>2</b>  |
| <b>1. РОЗВИТОК САПР.....</b>                                                   | <b>3</b>  |
| <b>2. ОСНОВНІ ЦІЛІ ТА ЗАВДАННЯ САПР.....</b>                                   | <b>8</b>  |
| <b>3. ПІДСИСТЕМИ САПР.....</b>                                                 | <b>11</b> |
| <b>4. ПРОЕКТНІ ПРОЦЕДУРИ ТА ПРОЕКТНІ ЗАДАЧІ.....</b>                           | <b>15</b> |
| <b>5. ІДЕОЛОГІЯ САПР, ДЕКОМПОЗИЦІЯ ПРОЕКТНИХ ЗАДАЧ І СИСТЕМНИЙ ПІДХІД.....</b> | <b>17</b> |
| <b>6. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕНИЙ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ.....</b>          | <b>19</b> |
| <b>7. АВТОМАТИЗОВАНА РОЗРОБКА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ.....</b>                     | <b>22</b> |
| <b>8. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ AutoCAD.....</b>                   | <b>24</b> |
| <b>9. ПРИКЛАДИ.....</b>                                                        | <b>34</b> |
| <b>10. ЛІТЕРАТУРА.....</b>                                                     | <b>73</b> |

## ВСТУП

Метою вивчення дисципліни «САПР» є освоєння теоретичних та практичних методів та сучасних систем автоматизованого проектування (САПР) у рамках кваліфікаційних вимог, що висуваються до інженера-енергетика

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

Проміжний контроль за засвоєнням лекційної частини дисципліни – тест (двічі протягом семестру на атестаційних тижнях). Він може здійснюватись у вигляді письмового опитування або комп'ютерного тестування.

Крім тестового опитування в атестацію входить контроль виконання практичних завдань з використанням САПР.

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.

Вивчення дисципліни «САПР» реалізує такі види практичних занять студентів:

- самостійне вивчення та освоєння різного програмного забезпечення САПР з дисципліни;
- використання основної та додаткової літератури під час підготовки рефератів з дисципліни;
- самостійну підготовку до проміжної та підсумкової атестації;
- вправи на комп'ютерних тренажерах.

Звіти з практичних робіт надаються в електронному вигляді. Кожен звіт повинен містити: номер практичної роботи, її найменування, прізвище та ініціали студента, варіант завдання, результати виконання кожного пункту ходу виконання роботи, висновки по роботі.

Під час виконання роботи студент повинен опанувати сучасні способи автоматизованого проектування систем електропостачання з використанням ПЕОМ.

Для виконання роботи рекомендується використовувати відповідне програмне забезпечення.

## 1.

## РОЗВИТОК САПР

Стан та рівень розвитку теорії систем автоматизованого проектування (САПР) технічних об'єктів та електричних систем залежать насамперед від вимог, що висуваються 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 XX століття – ручне індивідуальне проектування (відомі дуже древні індивідуальні проекти, виконані в III–II ст. до н.е.).

Індивідуальне проектування відіграло 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. Протиріччя між потребами промисловості та можливостями індивідуального проектування було усунуто шляхом переходу до нової форми проектування, яку прийнято називати ручним типовим проектуванням.

1940–50-ті роки – ручне типове проектування; у цей час 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) конструктивно подібних виробів, що задовольняють всі існуючі та прогнозовані умови 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. У подальшому уніфікація охопила всі сфери проектування, включаючи організаційні, і істотно вплинула також на 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 в 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 проектною документації. Почалася механізація процесу проектування. Таким чином, можливості процесу проектування загалом різко зросли і за відповідного зростання

кількості проектувальників виявилися у певний період достатніми для задоволення потреб промисловості у нових розробках.

1970-ті роки – початок широкого застосування ЕОМ та їх периферійних пристроїв як принципово нові технічні засоби 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 розробок не можна було задовольнити з допомогою пропорційного зростання проектних організацій за збереження форм типового проектування. Виникла потреба у докорінній розбудові форм проектування, спрямованої на підвищення якості проектів, скорочення термінів та трудомісткості проектування.

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

1980-ті роки – виникла і почала швидко наростати тенденція перекладу розрахункових алгоритмів проектування на персональні ЕОМ.

При цьому:

- стали посилено розвиватися чисельні методи розрахунку диференціальних рівнянь та нелінійних залежностей на ЕОМ;
- різко збільшилася продуктивність праці в розрахунковому проектуванні навіть на ПЕОМ першого покоління;
- виникла суперечність між можливістю ЕОМ розрахувати більше проектних варіантів і фізичної неможливості 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 не лише розрахункові, а й конструкторсько-технологічні стадії проектування.

1990-й рік – створюються та 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, ACAD, в інші програми та об'єкти, наприклад, офісні програми або графічні редактори, дозволили суттєво спростити процес створення та комплектування проектів.

2000-й 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-й рік – поява хмарних технологій, обумовлених наявністю необхідних WEB-ресурсів, дозволяє зробити САПР повністю мобільними, які не залежать від конкретного місця створення проекту: проектувальники можуть перебувати на великій відстані один від одного, але при цьому працювати в єдиній команді над одним проектом.

Системи автоматизованого проектування здійснили революцію в 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 пов'язано з кількома причинами:

– складні моделі, створені за допомогою попередньої версії САПР, не завжди правильно інтерпретуються в наступній; постійно розширюється функціонал САПР, тому при оновленні САПР необхідно переучувати фахівців, відриваючи їх 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.

## 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 належать до різних підсистем (електричні мережі, електрична частина станцій та підстанцій, електропостачання промислових підприємств та ін.), потрібно обробляти великий обсяг різноманітної інформації. Трудомісткість проекту різко зростає за необхідності пошуку найбільш оптимальних параметрів і режимів роботи систем електропостачання (СЕС) 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, т.к. СЕС 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 новітніх 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, яке планує впровадження САПР, має відмовитись від індивідуальних методів проектування, зосередивши зусилля на швидкому переході проектних підрозділів на САПР.

## 2.

## 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 проєктування та оптимізації;
- 2) збільшення продуктивності праці проєктувальників шляхом автоматизації процесів пошуку, обробки та видачі інформації;
- 3) скорочення термінів підготовки проєктної документації та покращення якості її оформлення;
- 4) підвищення частки творчої праці проєктувальників за рахунок автоматизації однотипних (рутинних) робіт, що повторюються.

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

Найбільша ефективність від впровадження САПР досягається під час автоматизації всього процесу проєктування – від постановки завдання та до випуску робочої проєктної 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 проєктними завданнями в галузі електроенергетики є такі:

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

Вихідна інформація для вирішення цього завдання – вимоги технологічного процесу та технологічного обладнання, для забезпечення функціонування яких призначено СЕС (електропривід, електротермічні установки, світлотехнічне обладнання, пристрої та системи контролю роботи технологічних установок, спеціальне обладнання), а також довідково-нормативні дані щодо 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 і розміщення вузлових точок СЕС.*

При цьому виконується побудова структурної схеми СЕС (розподільної мережі), яка показує напрями передачі електроенергії від джерел електричної енергії до споживачів.

Зазвичай ПЕ живляться електроенергією:

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

підстанцій (ДПП) або розподільчих пунктів (РП), розподільчих пристроїв (РУ) та розподільчих пунктів, пов'язаних розподільчою мережею 6–10 кВ;

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

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

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

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

Усі три фактори при вирішенні даного завдання передбачаються відомими. Тоді безліч варіантів вибору та розміщення вузових точок визначається допустимими зонами та трасами прокладки електричних мереж. Вибір кінцевого варіанту із зазначеної множини також є рішенням оптимізаційної задачі, яка задовольняє критерію мінімуму наведених витрат, а також вимогам надійності електропостачання. У найпростішому випадку за критерієм оптимальності можна прийняти мінімум сумарної довжини електричних мереж. Розробка принципів електричних схем.

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

### 3. *Вибір елементів і функціональний аналіз СЕС.*

Після розробки принципів 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 рядом 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 СЕС 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 режими.

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 мають бути відображені специфікація електрообладнання СЕС на рівні принципів однолінійних схем, схеми розміщення вузлових підстанцій у географічному просторі, принципові схеми СЕС, плани розташування ЕП, розрахункові навантаження, струмів коротких замикань, кабельні та кабельно-трубні журнали, техніко-економічне обґрунтування проекту. Функціональна структура САПР

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

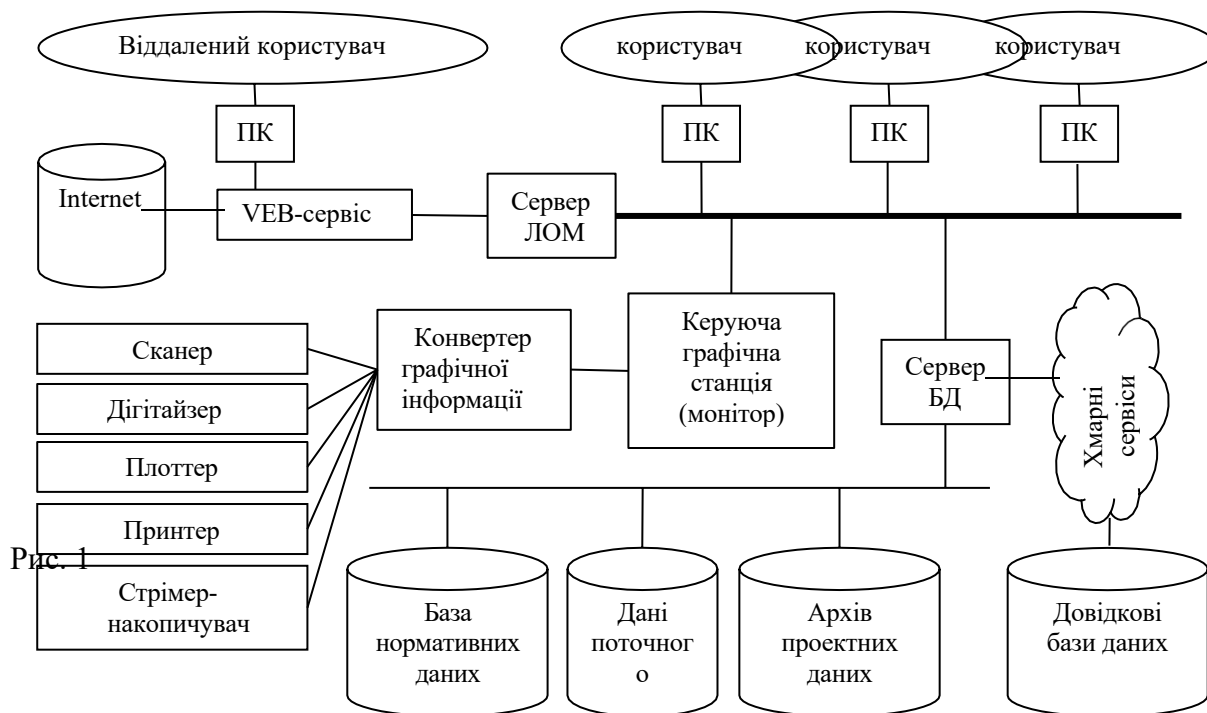


Рис.1 Функціональна структурна схема сучасної САПР СЕС

Центральне місце в структурі займає система управління процесом проектування – графічна станція, що управляє, яка працює на базі штатної операційної системи ПЕОМ.

Вона є системним комплексом – програмним монітором, що організує взаємодію між усіма програмними компонентами САПР. Ця частина загального комплексу викликає необхідні службові програми, дає їм завдання на виконання, отримує результати виконання тощо.

Зв'язок конструктора проекту СЕС з програмним монітором, а через нього та з іншими розробниками цього проекту здійснюється через локальну мережу ПЕОМ, яку підтримує сервер локальної мережі.

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

Вся інформація, необхідна для організації та реалізації процесу проектування, зберігається в електронній базі даних (БД). База даних підтримується (керується) сервером БД, який може бути встановлений як на окремій ПЕОМ, так і входити до складу програмного монітора САПР, а в комплексі складати 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 не лише 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 в основному 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 ти- прості 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 в повному обсязі в структурі САПР передбачено 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 суттєво полегшує процес розробки нових прикладних модулів та внесення змін до діючих модулів, роблячи цим САПР відкритою системою, готовою до постійного вдосконалення.

Використовуючи наявний арсенал програмних інструментальних засобів та СУБД, монітор керує 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.

### 3. ПІДСИСТЕМИ САПР

Системи автоматизованого проектування належать до складних систем, що характеризуються великою різноманітністю складових елементів і розв'язуваних завдань. Для зручності користування кошти 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 проєктують підсистеми дозволяють отримувати технічні рішення, що не залежать від галузі промисловості (схеми управління, компоновання РУ, розкладання кабелів у тунелі тощо).

Підсистеми, що проєктують, 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 проєктування електропостачання, силового електроустаткування, електричного освітлення, ліній електропередачі, підстанцій тощо.

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

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 проєктної 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 проєктування електропостачання. З її допомогою в інтерактивному режимі проводяться необхідні розрахунки та вирішуються інформаційно-логічні завдання з метою випуску проєктної документації.

Підсистема будується на таких основних засадах:

- мінімальній кількості вихідних даних для отримання необхідної вихідної документації;
- можливості спілкування проєктувальника 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 конфігураційної моделі електромережі на основі раніше введеної інформації;
- одержання від ЕОМ документів, придатних для безпосередньої комплектації проєкту.

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

## 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 здійснюється на основі 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 представлене в САПР операційними системами ЕОМ та обчислювальних комплексів.

Прикладне програмне забезпечення САПР призначене для вирішення різноманітних завдань проектування. Його склад залежить від проєктованого об'єкта, специфіки та обсягу завдань, які вирішує конкретна САПР. Прикладні програми розробляються на основі математичного забезпечення. Розробка програм є одним із найбільш трудомістких та відповідальних процесів при створенні САПР.

Так, наприклад, основним завданням проектування електропостачання підприємства є створення оптимального проєкту системи електропостачання, що відповідає чинним 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 приватні 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 пакету прикладних програм. У пакеті прикладних програм можуть виділятися керуюча та обробні

частини.

*Інформаційнезабезпечення.* 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.

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

*Методичнийзабезпечення.* Охоплює документи, що відображають склад, правила відбору та експлуатації засобів автоматизованого проектування.

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



#### 4. ПРОЦЕДУРИ ТА ПРОЕКТНІ ЗАДАЧІ

Процес проектування складається з проектних процедур і операцій.

*Проектна ітерація.* - дія або формалізована сукупність дій, складова частина проектної процедури., алгоритм якої лишається незмінним для ряду проектних процедур.

*Проектна процедура* - формалізована сукупність дій. виконання яких закінчується прийняттям рішення.

*Проектне рішення* - проміжний або кінцевий опис об'єкта, необхідний і достатній для розгляду і визначення подальшого напрямку або закінчення проектування.

Проектна процедура складається з елементарних проектних операцій з чітко встановленим порядком їх виконання і спрямована на досягнення локальної мети в процесі проектування.

Проектна процедура характеризується набором параметрів (групою), що включають в загальному випадку вхідні дані, обмеження, математичну модель, вирішальну процедуру, проектне рішення і критерій оцінки проектного рішення.

Проектні процедури ґрунтуються на мовах проектування, які служать засобом лінгвістичного чи графічного представлення і перетворення опису при проектуванні.

Проектна процедура називається типовою, якщо вона призначена для багаторазового використання при проектуванні багатьох типів об'єктів.

Розрізняють проектні процедури аналізу і синтезу. *Синтез* полягає у створенні опису об'єкта, а *аналіз* ~ у визначенні властивостей та дослідженні працездатності об'єкта по його опису, тобто при синтезі створюються, а при аналізі оцінюються проекти об'єктів.

*Процедури аналізу* діляться на процедури одно і багатоваріантного аналізу. При одно-варіантному аналізі задані значення внутрішніх і зовнішніх параметрів, необхідно визначити значення вихідних, параметрів об'єкта. Багатоваріантний аналіз полягає у дослідженні властивостей об'єкта в деякій області і простори внутрішніх параметрів.

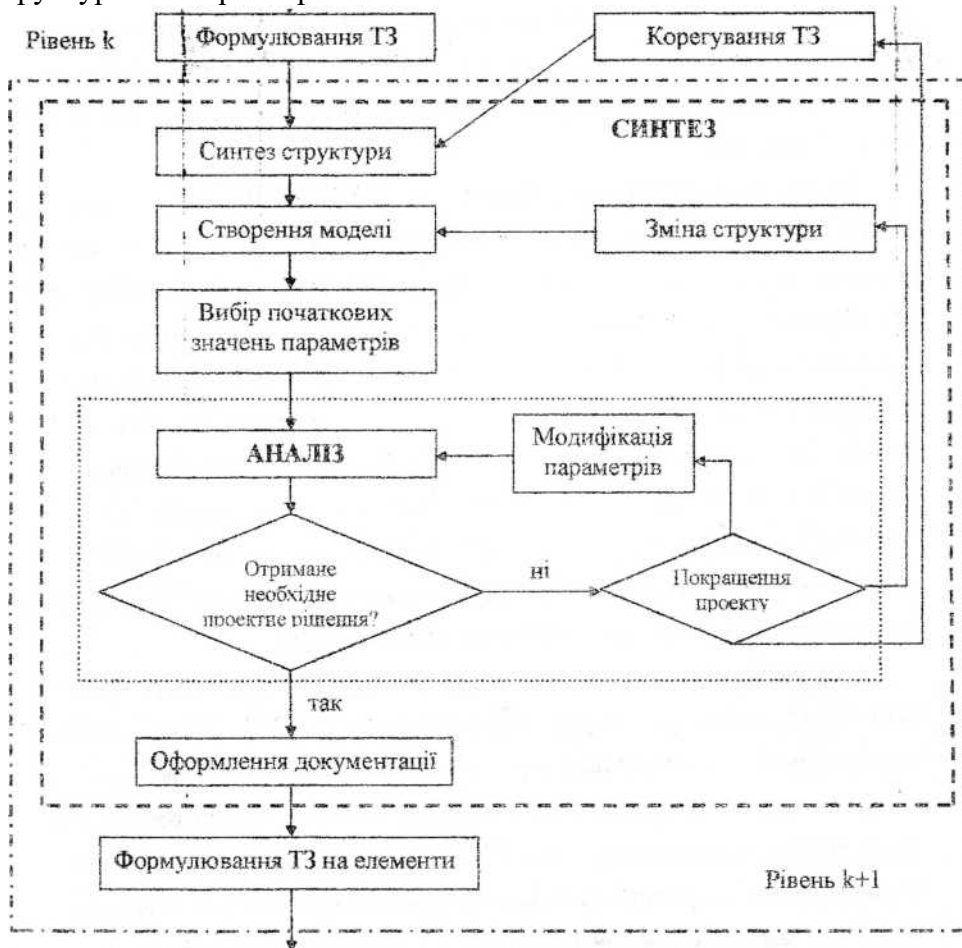
*Процедури синтезу* діляться на процедури структурного і параметричного синтезу. *Метою структурного синтезу* є визначення структури об'єкта - переліку типів елементів, що «спадають» об'єкт та способу зв'язку елементів між собою в складі об'єкта. *Параметричний синтез* полягає у визначенні числових значень параметрів елементів при заданих структурі та умовах працездатності на вихідні параметри об'єкта.

На рис. 2 представлена типова послідовність проектних процедур на одному з етапів проектування. Проектування системи починається з синтезу початкового варіанту її структури. Для оцінювання цього варіанта створюється модель: математична — при автоматизованому проектуванні, експериментальна - при неавтоматизованому проектуванні. Після вибору початкових значень параметрів елементів виконується аналіз варіанту, за результатами якого стає можливою його оцінка. Звичайно оцінка полягає в перевірці виконання умов працездатності, сформульованих в технічному завданні. Якщо умови виконуються, то отримане проектне рішення приймається і формулюється технічне завдання на проектування елементів наступного рівня. Якщо ж отримане проектне рішення незадовільне, вибирається один з можливих шляхів покращення проекту.

Сукупність процедур модифікації, аналізу та оцінювання результатів представляє собою процедуру параметричного синтезу. Якщо модифікації цілеспрямовані і підкоряються стратегії пошуку найкращого значення деякого показника якості, то процедура параметричного синтезу є процедурою оптимізації. Якщо шляхом параметричного синтезу не вдається досягти достатнього ступеня виконання умов працездатності, то використовують шлях модифікації структури.

Новий варіант структури синтезується і для нього повторюються процедури формування моделі та параметричного синтезу. Якщо не отримують допустимого проектного рішення і цим шляхом, то ставиться питання про корегування технічного завдання, сформульованого

Зі схеми процесу проектування (рис.2) видно взаємозв'язок проектних процедур аналізу і синтезу. Цей взаємозв'язок має характер вмісту процедури аналізу в процедуру оптимізації (параметричного синтезу) і процедури оптимізації в процедуру синтезу, що об'єднує синтез структурний і параметричний.



## ЕВРИСТИЧНІ І СИСТЕМАТИЧНІ РІШЕННЯ

- евристичні;

- евристичні;
- систематичні.

*Евристичні рішення* отримують в результаті такого проектування, коли важлива частина творчого процесу і отримання творчого результату проходить в голові людини і не може бути отримана з попереднього досвіду.

**Евристичні методи** - послідовність наказів або процедур обробка інформації, що виконується з метою пошуку більш раціонального і конструктивного рішення. Для такої послідовності немає обґрунтованого доведення і немає гарантій отримання найкращого рішення. Евристичні процедури називають *евристиками* або *еврістами*; вони спрямовані на

рішення задач в умовах дефіциту інформації або часу.

#### ВИДИ ПРОЕКТНИХ ЗАДАЧ

Серед можливих проектних задач характерними є 4 типи, пов'язані з об'єктами проектування:

**1.** Об'єкт, що проектується, можна скомпонувати з готових елементів і блоків (наприклад, проектування електронних схем з стандартних блоків та ін.), Найбільші можливості застосування комп'ютера для автоматизації процедур документування, складання специфікацій, збереження архівів, рішення задач компоновки об'єкта з готових елементів.

**2.** Для об'єкта, що проектується, немає повного набору готових компонентів, але існують аналогічні, в яких зміною параметрів можна отримати ті, яких не вистачає (наприклад, проектування гідросистем, в яких використовуються типова апаратура з нестандартними параметрами). Комп'ютер використовується для аналізу варіантів побудови компонент, вибору їх оптимального параметру, компоновки, деталювання та ін.

**3.** Для об'єкта, що проектується, немає повного набору готових компонентів, не існує аналогічних, але відомі принципи їх побудови (наприклад, проектування типового вузла машини із включенням нових елементів, що не мають аналогів), комп'ютер додатково розраховує варіанти рішення за математичною моделлю, які відповідають принципам, що закладаються в об'єкт.

**4.** На відміну від п.3, не відомі принципи побудови елементів об'єкта (наприклад, проектування з використанням фізичного або математичного моделювання). Комп'ютер додатково застосовується для моделювання різних фізичних процесів і явищ, обробки даних і натурних випробувань.

Важливо відмітити, що чим складніший процес проектування, тим нижчий рівень його автоматизації або, відповідно до закону автоматизації, - добуток складності будь-якого технічного процесу, в тому числі і проектного, на досяжний рівень його автоматизації, є величина постійна, що не залежить від рівня розвитку виробничих сил.

## 5. ІДЕОЛОГІЯ САПР, ДЕКОМПОЗИЦІЯ ПРОЕКТНИХ ЗАДАЧ І СИСТЕМНИЙ ПІДХІД

Серед методологічних напрямків у проектуванні останнім часом значного розповсюдження отримав *системний підхід*.

Основні риси системного підходу:

1. Параметричний опис - вихідний рівень дослідження об'єкта; базується на емпіричних спостереженнях, опису властивостей, ознак і відношень між досліджуваним об'єктом і навколишніми об'єктами.

2. Структурний опис - виконується після виявлення параметрів; передбачає виявлення його елементної будови об'єкта. Основна задача - виявити взаємозв'язок властивостей і ознак, виявлених при параметричному описі.

3. Функціональний опис — виконується, виходячи з функціональної залежності між параметрами (функціонально-параметричний опис) та між частинами об'єкта (функціонально-структурний опис).

При вивченні об'єкта з використанням системного підходу' увага звертається на структуру об'єкта (системи) і на властивості його частин, що виявляються у взаємодії. Система синтезує частини таким чином, що самотійне їх існування стає неможливим, оскільки частини складають основу даної системи.

*Система* - це сукупність виділених реальних або уявних об'єктів за умови, що:

- задані зв'язки, що існують між об'єктами,

- кожний з елементів всередині системи неподільний;
- з навколишнім середовищем система взаємодіє, як ціла;
- в між об'єктами в різні моменти часу можна провести однозначні відповідності.

Зв'язки в системах бувають: взаємодії, побудови (структурні), функції снування.

*Декомпозиція* - це розбиття задачі на складові частини. Розрізняють такі рівні декомпозиції:

- системний - загальний опис призначення об'єкта і його зв'язків з урахуванням взаємодії з навколишнім штучним і природним середовищем;
- архітектурний - структурний опис об'єкта;
- функціональний - опис законів функціонування підсистем об'єкта або рішення задачі працездатності об'єкта як системи заданої структури;
- елементний (конструктивний) - опис елементів системи.

Можливі інші, специфічні підходи, до об'єкта, що проектується, які відповідають нижчепереліченим рівням декомпозиції:

- для конструктивних об'єктів: функціонально - структурний, просторової компоновки, кінематичної моделі, технічної моделі, робочої моделі та ін.;
- для технологічних процесів - принципова схема технологічного процесу, маршрутного процесу, операційного технологічного процесу, технологічних наладок та ін.

При створенні та експлуатації САПР об'єкт розглядається як технічна система

*Технічна система* - абстрактне відображення комплексу взаємозв'язаних технічних засобів, що забезпечують перетворення маси, енергії і інформації.

Суттєвою рисою технічних систем є існування зв'язків і перетворень. Кількість зв'язків визначає складність системи. Технічну систему можна описати:

- блок - схемою;
- графіком;
- аналітичне;
- з допомогою матриці.

При системному підході будь-який об'єкт розглядається, як деяка система, яку можна поділити на підсистеми більш низького порядку. Підсистеми самого низького порядку є елементами, властивості їх впливають на другі підсистеми і на систему в цілому.

Ієрархія САПР відображає загальну технологію проектування різних об'єктів і систем, передбачає ряд основних стадій розробки (базові проектні процедури).

Ієрархія САПР передбачає багаторівневий метод її побудови (р).

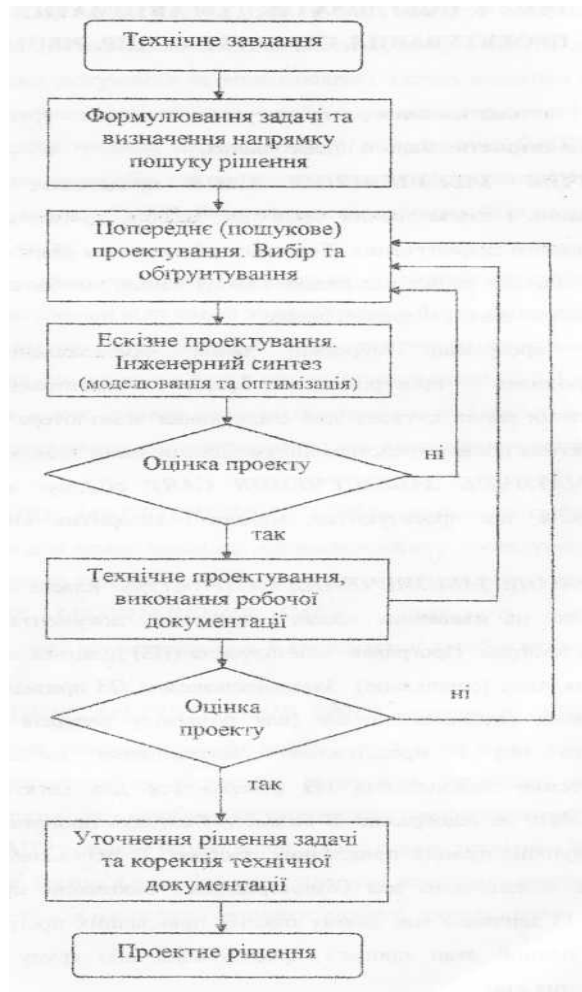


Рис. 3 Типова логічна схема процесу проектування

## 6. МАТЕМАТИЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕНІЙ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ

Математичне забезпечення автоматизованого проектування включає в себе математичні моделі об'єктів проектування, методи і алгоритми виконання проектних процедур.

Математичні моделі служать для опису властивостей об'єктів у процесах автоматизованого проектування. Якщо проектна процедура включає створення математичної моделі і оперує нею з метою отримання корисної інформації про об'єкт, то говорять, що процедура виконується на основі математичного моделювання.

*Вимоги до математичних моделей:*

- універсальність;
- адекватність;
- точність;
- економічність.

Ступінь універсальності математичної моделі характеризує повноту<sup>7</sup> відображення в моделі властивостей реального об'єкта. Математична модель відображає лиш деякі властивості об'єкта. Так, більшість математичних моделей, що використовується при функціональному проектуванні, призначаються для відображення протікаючі в об'єкті фізичних чи інформаційних процесів, при цьому не потрібно, щоб математичні моделі описували таю властивості об'єкта, як геометрична форма його елементів.

Точність математичної моделі оцінюється ступенем співпадіння значень параметрів реального об'єкта і значень тих же параметрів, розрахованих з допомогою математичної моделі.

Адекватність математичної моделі - це здатність відображати задані, властивості об'єкта з похибкою не вище заданої.

Економічність математичної моделі - характеризується затратами обчислювальних ресурсів (затратами машинного часу і пам'яті) на її реалізацію. Чим менші ці затрати, тим модель економічна.

## КЛАСИФІКАЦІЯ МАТЕМАТИЧНИХ МОДЕЛЕЙ

За характером відображуваних властивостей об'єкта математичні моделі розділяють на *структурні* та *функціональні*

*Структурні* математичні моделі призначені для відображення структурних властивостей об'єкта. Вони діляться в свою чергу на *топологічні* і *геометричні*. В топологічних моделях відображається склад і взаємозв'язок елементів об'єкта. В геометричних математичних моделях відображаються геометричні властивості об'єкта, в них додатково до відомостей про взаємне розташування елементів містяться відомості про форму деталей.

У машинобудуванні для відображення геометричних властивостей деталей застосовують математичні моделі, представлені в аналітичній або алгебраїчній формі (прості моделі - поверхні плоскі і другого порядку, складні моделі - каркасні і кінематичні - дія відображення об'єктів складних геометричних властивостей).

*Функціональні* математичні моделі призначені для відображення фізичних чи інформаційних процесів, що протікають в об'єкті при його функціонуванні або виготовленні. Здебільшого функціональні математичні моделі представляють собою систему рівнянь, що зв'язують між собою внутрішні, зовнішні і вихідні параметри. Залежно від місця в ієрархічній системі математичні моделі діляться на моделі:

- мікро-
- макро-
- метарівня.

Особливістю математичні моделі на *мікромовні* є відображення фізичних процесів, що протікають в неперервному просторі і часі (диференцією рівняння в часткових похідних).

На *макрорівні* використовують збільшену дискретизацію простору за функціональною ознакою, що приводить до представлення математичних моделей на цьому рівні у вигляді звичайних диференціальних рівнянь.

На *макрорівні* в якості елементів приймаються складні сукупності деталей

За ступенем деталізації опису в межах кожного ієрархічного рівня виділяють *повні математичні моделі* та *макромоделі*.

Повна модель - модель, в якій відображаються фазові змінні, що характеризують стан всіх між елементних зв'язків.

Макромодель - характеризується меншим, числом фазових змінних, що відповідають опису об'єкта при збільшеному виділенні елементів..

За способом отримання моделі бувають *теоретичні* та *емпіричні*



Рис. 5 Ієрархічна структура математичних моделей.

Реалізація таких моделей включає вибір чисельних методів рішення рівнянь і перетворення рівнянь залежно від вибраного методу. Кінцева мета перетворень >- отримання робочої програми аналізу у вигляді послідовностей елементарних дій (арифметичних і логічних операцій), що реалізуються командами комп'ютера. Гілка 1 на рис. 5 відповідає постановці задачі на мікрорівні, частіше всього диференційні рівняння в часткових похідних (ДРЧП). Чисельні методи рішення таких рівнянь ґрунтуються на дискретизації змінних і алгебраїзації задачі.

*ДИСКРЕТИЗАЦІЯ* полягає в заміні неперервних змінних кінцевою множиною їх значень в заданих для дослідження просторових і часових інтервалах; *АЛГЕБРАІЗАЦІЯ* заміні похідних алгебраїчними рівняннями.

Якщо диференційне рівняння в часткових похідних стаціонарне (описує статичний стан), то дискретизація і алгебраїзація перетворюють ДРЧП в систему алгебраїчних рівнянь, в загальному випадку нелінійних (гілка 2). Якщо ДРЧП нестаціонарні (описують перемінні в часі і просторі поля змінних), то дискретизація і алгебраїзація представляється з двох етапів :

- \* усунення похідних по просторових координатах (гілка 3), результат - система звичайних диференційних рівнянь; .
- \* усунення похідних по часу (гілка 4).

Для чисельного рішення звичайних диференційних рівнянь при заданих початкових умовах існує багато чисельних методів. Специфіка алгебраїзації похідних по часу обумовлює доцільність виділення для вітки4 спеціальних засобів математичного і програмного забезпечення.

Зведення задачі рішення алгебраїчних рівнянь до послідовності елементарних операцій може бути або безпосереднім (гілка 5), приклад - метод простих ітерацій, або з допомогою попередньо лінеаризованих рівнянь (гілка; 6). Рішення системи алгебраїчних рівнянь в цьому випадку (гілка 7) виконується за допомогою прямих методів (наприклад, метод Гаусса).

Гілці 8 відповідає перетворення вихідного опису задачі, що відносяться до макрорівня, в систему звичайних диференційних рівнянь з відомими початковими умовами. Якщо це система нелінійних диференційних рівнянь, подальше перетворення проходить по гілках 4, 6, 7 чи 4, 5; якщо система лінійних

диференційних рівнянь, ТО ДОЦІЛЬНИЙ перехід до системи лінійних алгебраїчних рівнянь (гілка 9).

Для аналізу об'єкта на метарівні застосовують або перехід до системи звичайних диференційних рівнянь (гілка 10), або перехід до системи логічних рівнянь, або моделі масового обслуговування (гілка 11).

## 7. АВТОМАТИЗОВАНА РОЗРОБКА ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

У зв'язку з наявністю проблем, характерних для ручного способу розробки виробничих процесів, в останні роки проводяться спроби розробити машинні програми, які б на основі даних про характеристики конкретної деталі автоматично або автоматизовано генерували необхідну послідовність технологічних операцій.

Автоматизована система проектування відкриває перспективи для зменшення рутинної канцелярської роботи інженера-технолога. В той же час вона забезпечує можливість розробки таких технологічних маршрутів, які раціональні та оптимальні.

На сьогоднішній час розроблюється два альтернативні підходи до автоматизації розробки виробничих процесів:

1. Автоматизовані системи пошукового типу (інколи називають варіантні системи).

2. Генеруючі автоматизовані системи.

### АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ РОЗРОБКИ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ ПОШУКОВОГО ТИПУ

Автоматизовані системи пошукового типу основані на ідеології класифікації та кодування деталей. В рамках такого підходу деталі\* що виробляються на підприємстві, групуються по класах, які різняться за своїми виробничо-технологічними характеристиками. Для кожного класу деталей встановлюється типовий план виробничого процесу. Цей план заноситься в пам'ять комп'ютера і використовується при появі нових деталей того ж класу.

Створення машинних файлів та організація ефективного пошуку планів, що відповідають новим деталям, потребує розробки системи класифікації та кодування деталі. Для деяких нових деталей може виникнути необхідність редагування одного з уже існуючих планів виробничого процесу. Так відбувається, коли технологічні вимоги до нової деталі незначно відрізняються від типових. Технологічний маршрут, що рекомендує машина, може і для нової деталі лишитись стандартним, але конкретні операції, що виконуються на кожному верстаті, можуть бути іншими. Повний план виробничого процесу повинен фіксувати як окремі технологічні операції, так і послідовність верстатів, через які повинна пройти деталь, що

виготовляється. Через зміни, що вносяться в план виробничого процесу, який зберігається в комп'ютері, такі системи інколи називають *варіантними системами*.

Користувач починає з того, що вводить з терміналу кодовий номер деталі. Після цього програма автоматизованої розробки виробничих процесів приступає до пошуку у файлі класів деталей, для того, щоб визначити, чи існує в файлі введений код. Якщо всередині файла існує тотожний кодовий номер, то з існуючих машинних файлів дістаються типові схеми маршрутизації та послідовність конкретних операцій для видачі користувачу. Типовий план ведення процесу аналізується користувачем для того, щоб можна було внести в нього необхідні зміни, привівши план в відповідність з проектом нової деталі. Після такого редагування програма формує машинний код типового вигляду. Якщо в машинному файлі не вдалось знайти кодового номеру, який точно співпадає з кодовим номером нової деталі, то користувач може організувати пошук в файлі технологічних маршрутів і в файлі послідовності операцій для виявлення подібних деталей, плани виробництва які могли б бути використані для визначення схеми виготовлення нової деталі. Будучи один раз встановленим, план виробничого



процесу для деталі з новим кодовим номером стає типовим для майбутніх деталей тієї ж класифікаційної групи.

## ГЕНЕРУЮЧІ АВТОМАТИЗОВАНІ СИСТЕМИ РОЗРОБКИ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

В генеруючих системах розробки виробничих процесів комп'ютер використовується для автоматизованого синтезу конкретного виробничого процесу на основі ескізу деталі. В цьому випадку необхідним являється набір алгоритмів, які забезпечують поступову добудову кінцевого процесу виготовлення деталі на основі послідовності технічних та логічних рішень. Вхідна інформація повинна включати повний опис деталі, що обробляється. Для цього може знадобитись використання її кодового номеру, щоб мати можливість розшукати всю необхідну інформацію про деталь, але при цьому зовсім не має на увазі використання існуючого типового плану. Замість цього генеруюча система синтезує варіант оптимальної послідовності ведення процесу і цей ескізний варіант ґрунтується на аналізі геометрії деталі, її матеріалі та інших факторах, які можуть опливати на виробничі рішення.

В ідеальному випадку генеруючий пакет програм розробки виробничих процесів повинен забезпечити синтез оптимального процесу для будь-яких деталей, що проектуються. Але насправді системи генеруючого типу за своїм застосуванням далеко не універсальні.

## ПЕРЕВАГИ АВТОМАТИЗОВАНОЇ РОЗРОБКИ ВИРОБНИЧИХ ПРОЦЕСІВ

Автоматизована розробка виробничих процесів, незалежно реалізується вона в формі пошукової системи або генеруючої системи, має ряд переваг порівняно з розробкою вручну.

### 1. *Підвищення раціональності прийняття рішень.*

При автоматизованій підготовці технологічних маршрутів їх вибір більш узгоджений, логічно обумовлений, ближчий до оптимального, ніж при розробці вручну. Плани виробничих процесів будуть при цьому більш узгодженими, так як всі проектанте використовують одні і ті ж програмні засоби,

### 2. *Підвищення продуктивності праці проектантів.*

При автоматизованому проектуванні робиться менше помилок, проектувальник отримує оперативніший доступ до всієї інформації в базі даних, що стосується виробу, який він проектує. Застосування автоматизованого проектування може призвести до зростання продуктивності праці на 600 %.

### 3. *Скорочення затрат праці на підготовку виробництва.*

Внаслідок скорочення часу розробки маршрутно-технологічної карти для нової деталі скорочується час виробничого циклу.

4. *Підвищується чіткість заповнення технічної документації* Машинний документ виглядає акуратнішим та простіше читається.

### 5. *Можливості включення інших прикладних програм.*

Систему розробки виробничих процесів можна спроектувати з урахуванням взаємодії з іншими пакетами прикладних програм з метою автоматизації різних трудомістких операцій по забезпеченню виробництва

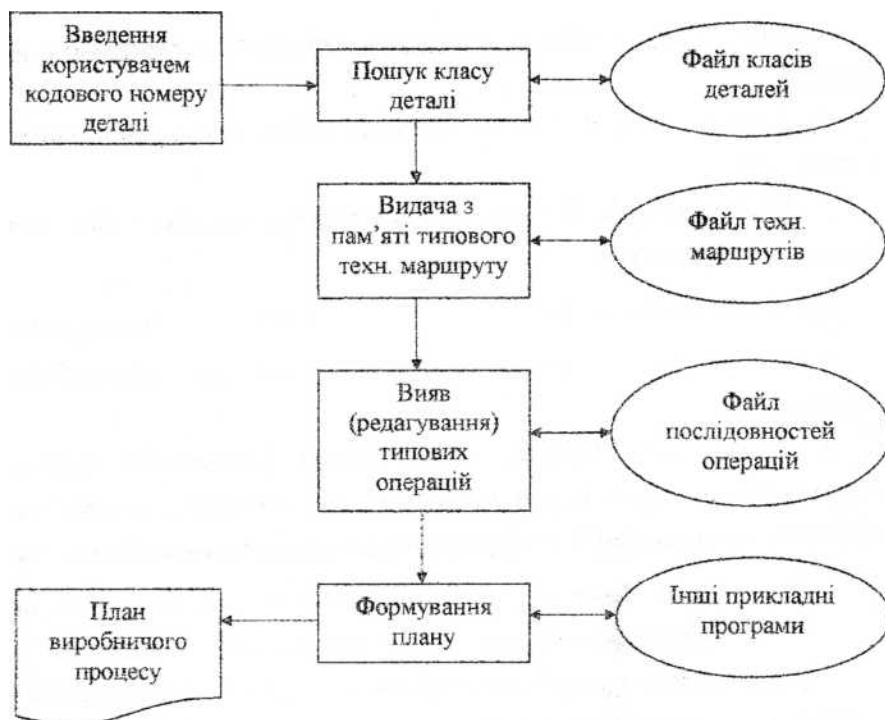


Рис. 8 Схема інформаційних потоків з автоматизованій системі пошукового типу

## 8. СИСТЕМА АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЕКТУВАННЯ AutoCAD

**Інтерфейс AutoCAD.** Найбільш поширеною САПР загального користування є програма AutoCAD розробки фірми Autodesk США. Російський аналог – САПР КОМПАС (КОМПлекс Автоматизованих Систем проектування).

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

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

Відразу після старту системи відкривається стандартне вікно 2-координатна модель проектування.

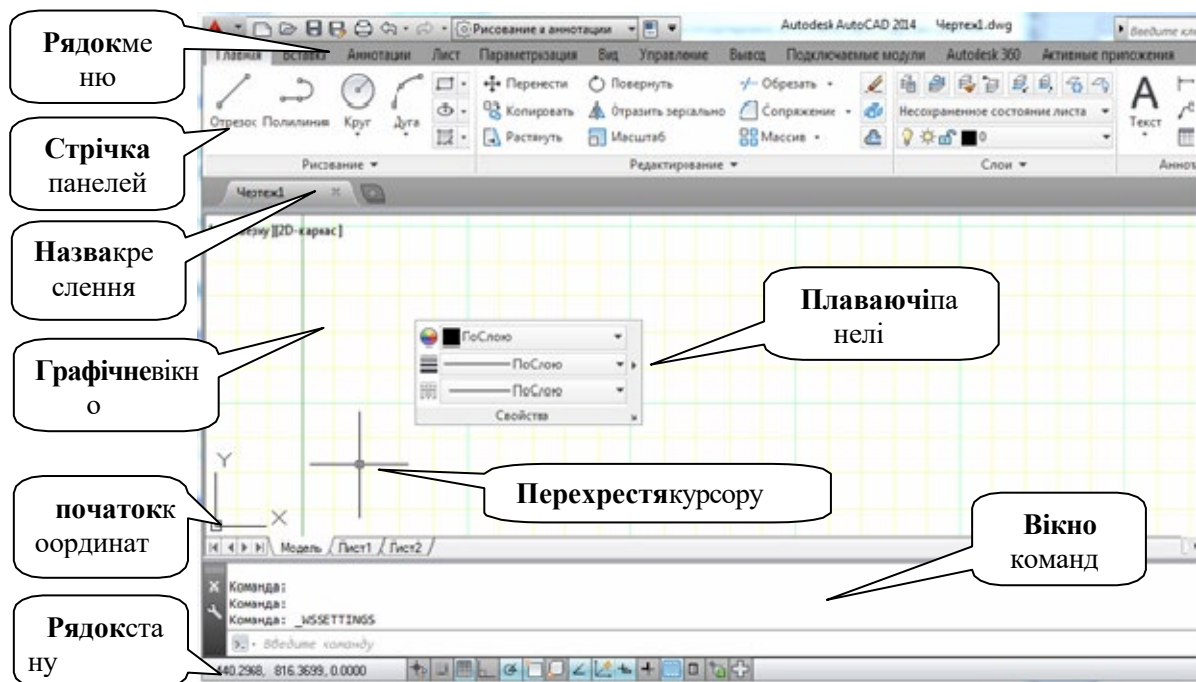
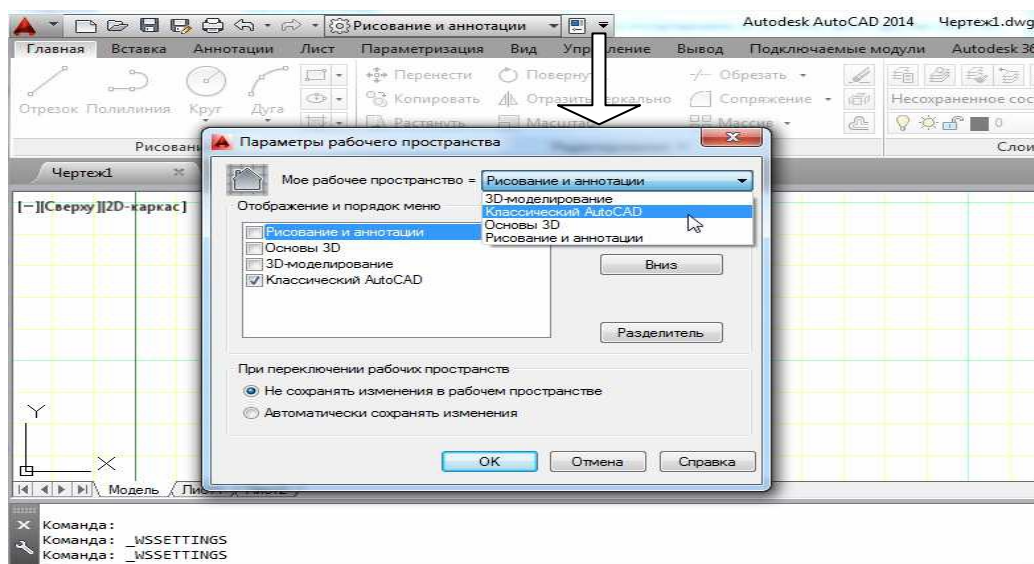


Рис. 2-координатна модель проектування

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 політик 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



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

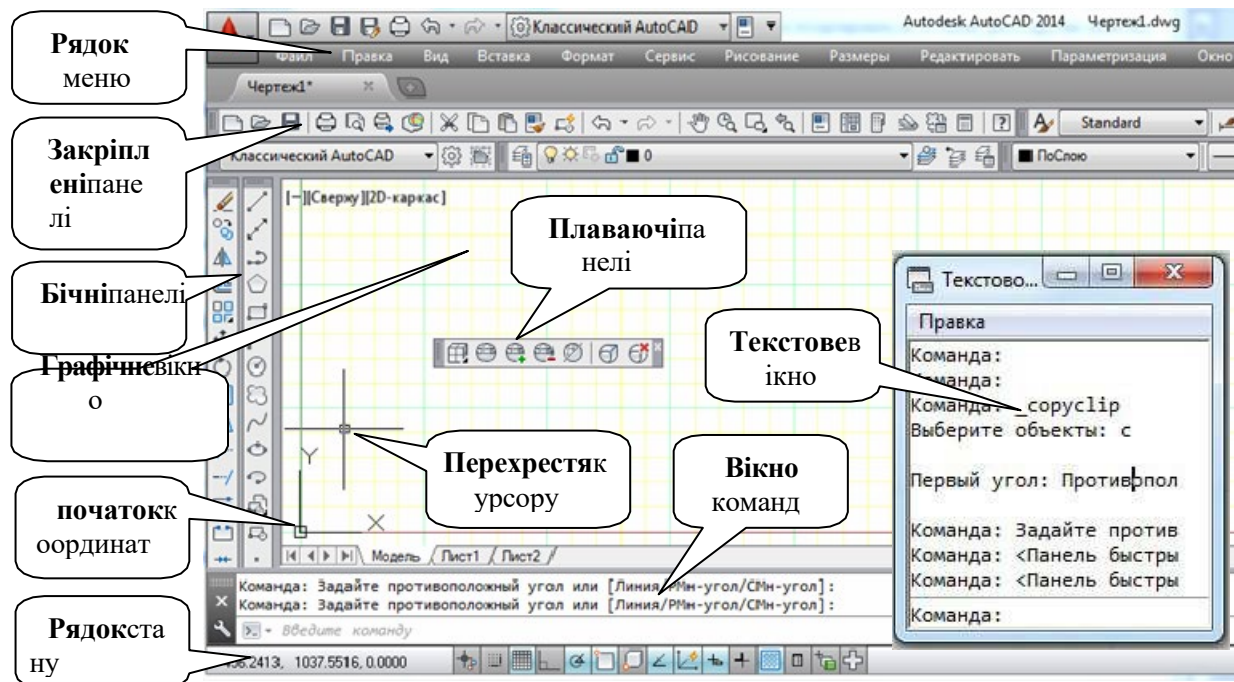


Рис. 4. У рядку меню висвічуються заголовки спадних меню. Виклик конкретного пункту здійснюється клацанням миші спочатку на заголовку меню, а потім на імені потрібного пункту.

Інший спосіб виклику – одноразове натискання клавіші ALT супроводжується підкресленням активних літер 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.

*Перехрестяк курсору*, який керується пристроєм вказівки (зазвичай як останній використовується миша), призначений 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, в якому користувач вказує команди для керування роботою ACAD.

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

*Текстове вікно*, яке 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.



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.

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 з країв малюнку. Не можна змінити розміри закріпленої панелі. Її можна відбуксирувати в інше місце. Закріплення панелей можна блокувати від переміщення.

Як правило, контекстні меню пропонують такі дії:

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

**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 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.

виділену великими літерами, після чого необхідно 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 і 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 виконується клавішами BACKSPACE та DEL.

Для повторного виклику останньої команди слід натиснути або

☐Enter☐, або ☐Прбел ☐, або кнопку введення пристрою вказівки (права клавіша миші). Та ж мета може бути досягнута введенням МНОГОРАЗ в командному рядку перед ім'ям команди (через пробіл), наприклад: МНОГОРАЗ 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 можливе 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 керує режимом відображення на екрані допоміжної розмітки у вигляді точок або ліній.

Команда сітки має такі опції:

- *Увімк / Вимкнути* – увімкнення/вимкнення сітки на екрані (F7);
- *Крок прив'язки* - Задає крок сітки, рівний кроку переміщення курсора;  
сміття;
- *Основний* - Частота основних ліній сітки;
- *Адаптивний* – обмеження густини 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).

### Налаштування робочого середовища малювання та одиниць вимірювання.

При відкритті наявного малюнка всі системні налаштування робочого середовища набувають значень, 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, оберігає від грубих помилок малювання у випадках частоті зміни екранного збільшення малюнку;
- *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 наступні 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.

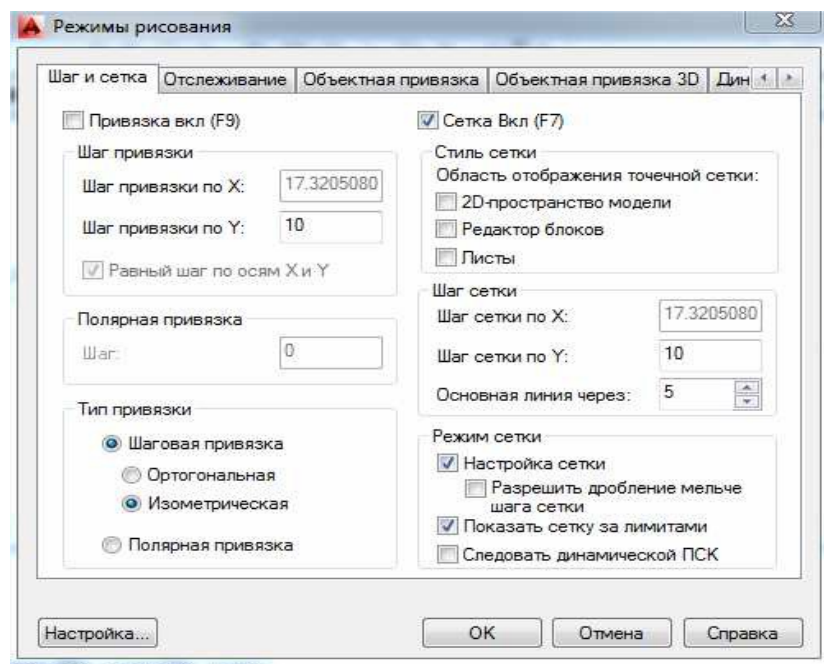


Рис. 6

Якщо потрібно, щоб лінії, що створюються, проходили паралельно горизонтальній або вертикальній осі координат, слід увімкнути режим

"Орто" натисканням піктограми у 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 є малюнком, що 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 креслення1.dwg.

### **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 певної точки можуть вводитися 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 характеризують довжину відрізка R, що з'єднує описувану точку з початком координат та кут нахилу цього відрізка до горизонтальної осі  $\angle$ . 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  $1 < 45$  градусів.

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

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

*Відносні* – від останньої зазначеної точки (тобто за початок координат приймається остання вказана точка). Для зазначення координат у відносному вигляді перед координатами вказується символ @, наприклад, декартові координати @-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) є точка, що знаходиться в 4 одиниці в негативному напрямку осі X і 2 одиниці в 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.



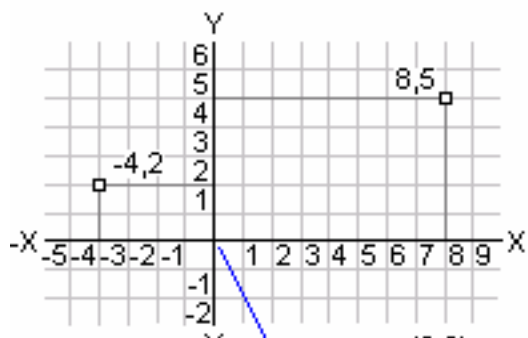


Рис. 7

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 це показано на рис. 8.

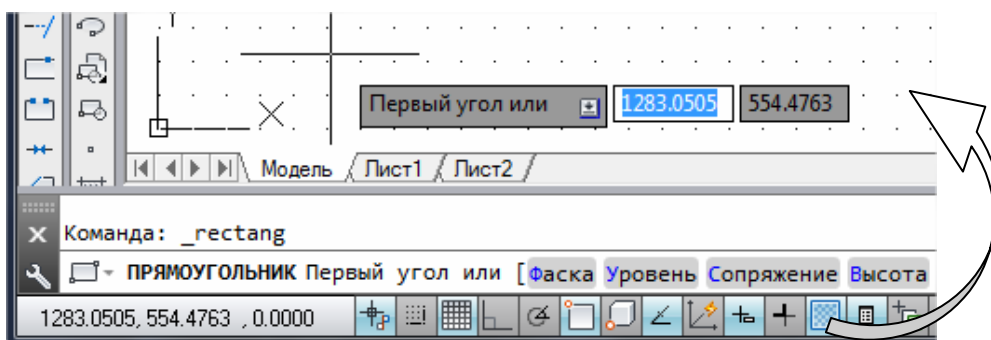


Рис. 8

Перемикання режиму відображення координат здійснюється за допомогою клавіші F6 або комбінації 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 використовується крокова або об'єктна прив'язка курсору.

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

Команда КРОК має такі опції:

- *Увімк / 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 курсора;
- *Стиль* - Задає стандартний або ізометричний крок;
- *Тип* - Прив'язка до полярних або ортогональних координат. Приклад виклику команди:

**КРОК – Крок прив'язки або [Вкл Вимкнено Аспект Legacy Стиль Тип]**  
**<10.0>:(число).**

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

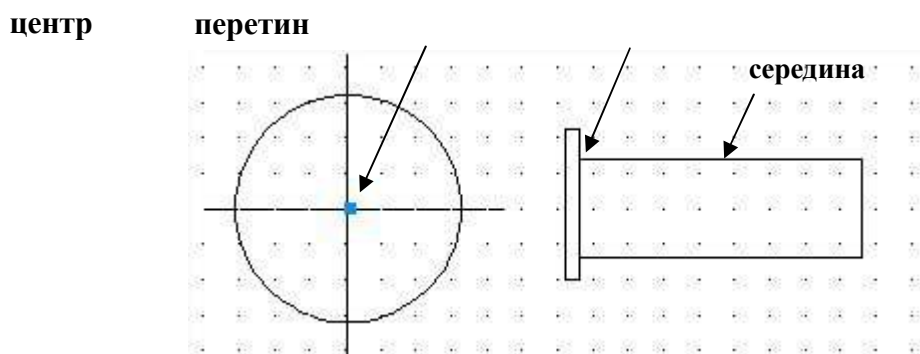


Рис. 9

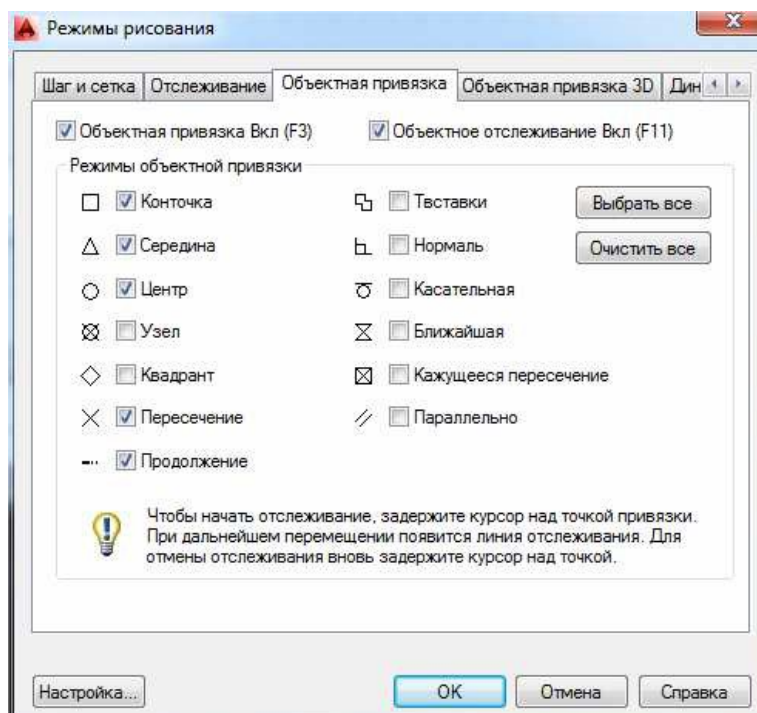


Рис. 10

При переміщенні курсору поблизу характерної точки прив'язки вказівник миші «примагнічується» 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. мал. 10). Вікно активізується через меню Сервіс / Режими малювання або меню, що з'являється при натисканні правою кнопкою миші на піктограмі «Об'єктна прив'язка» у рядку стану.

**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:

- *всі* - 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, розміри 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;
- *Реальне час* – безпосередня зміна розмірів креслення на видовому екрані пропорційно переміщенню миші вгору (збільшення) або вниз (зменшення) при натиснутій лівій кнопці миші. інструментів «Стандартна».

Під час виконання креслення на екрані з'являються маркери, що позначають точки, що вказуються. Для очищення зображення на екрані від таких елементів та оновлення монітора його можна перемальовувати або регенерувати. При регенерації крім перемальовування зображення поточного видового екрану здійснюється перерахунок екранних координат усіх 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* малюнка здійснюється командою РЕГЕН або з меню Перегляд / Регенерувати.

### **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.

### **Побудова лінійних об'єктів.**

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

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 наслідків.

нього. 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.

## 9. ПРИКЛАДИ

### Приклад 1

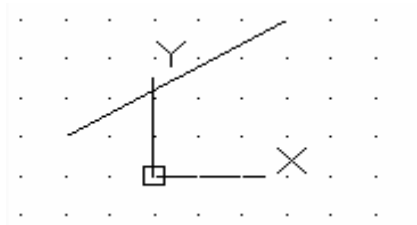
Побудувати відрізок з початком у точці (-2, 1) та кінцем (3, 4).

Команда: ВІДРІЗОК

Перша точка: -2,1

Наступна точка або [oTm]: 3,4

Наступна точка або [oTm]: ESC



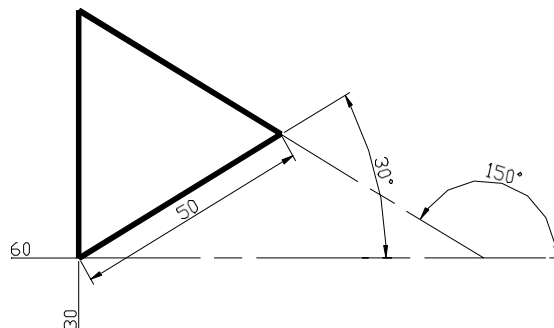
### Приклад 2

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

Команда: ВІДРІЗОК

Перша точка: 30,60

Наступна точка або [oTm]: @50<30 Наступна точка або [oTm]: @50<150 Наступна точка або [Замк/oTm]: 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 і в кінці кожної ділянки) і кривизну.

Команда ПЛІНІЯ має такі опції:

- *Дуга*– перемикає 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 широких 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 осової лінії широкої полілінії до краю;
- *Довжина* - Задє довжину сегмента;
- *Скасувати* - скасовує введення останнього сегмента;
- *Ширина*– аналогічна опції «Напівширина». Можна задавати відстань від осової 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

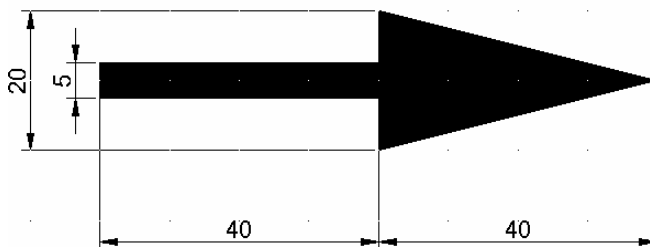
Кінцева ширина <5.0000>: 5

Наступна точка або [Дуга Напів довжина Отм Шир]: @40,0 Наступна точка або [Дуга Напів 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 (мультиліній) 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 в точках з координатами (40, 130) та (120, 130).

Команда: МН-КУТ

Число сторін <4>: 6

Вкажіть центр багатокутника або [сторона]: 40,130

Задайте параметр розміщення [Впис у окр / Описаний] <В>: Про 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>: У 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.

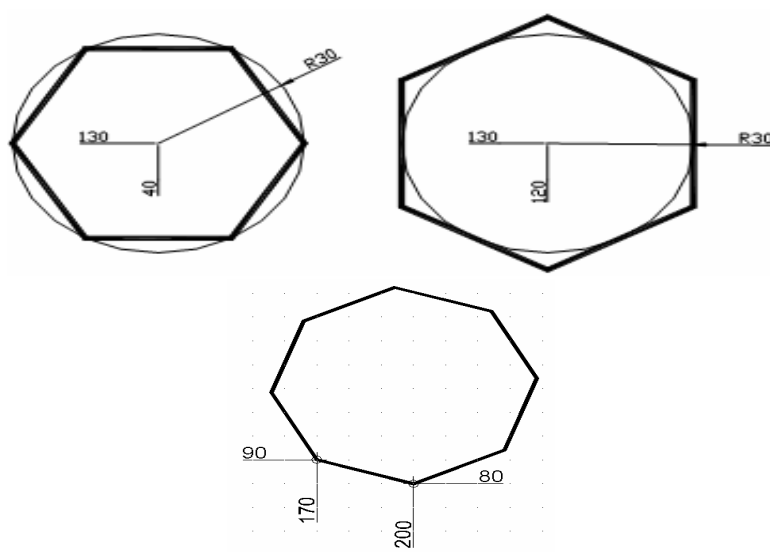


Рис. 11

### 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 (по часовій стрілці 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 і 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 по годиннику.<br>виття стрілки                                |
| <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, велика дуга будується проти годинника.<br>виття 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 по годиннику.<br>виття стрілки                              |
| <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 радіуса заперечення-<br>тельне, 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 зазначену крапку.<br>ку (3)                                         |
| <i>Центр, початок, централ. кут</i>  | Дуга будується проти годинникової стрілки від початкової точки (2);<br>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, велика дуга будується проти годинника.<br>виття стрілки |
| <i>Продовжити подотичної</i>         | Виконує побудову дуги, що стосується останнього проведеного відрізка, дуги або полілінії. Для цього потрібно натиснути <input type="checkbox"/> Enter <input type="checkbox"/> після першого запиту            |

Для побудови послідовності дуг, з'єднаних між собою, з меню Малювання слід вибрати Дуга, потім Продовжити. У даному випадку суміжні дуги мають загальну дотичну в точці 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* – за двома точками торкання інших об'єктів та радіусом довкілля.

Різні методи побудови кіл показані на рис. 12.

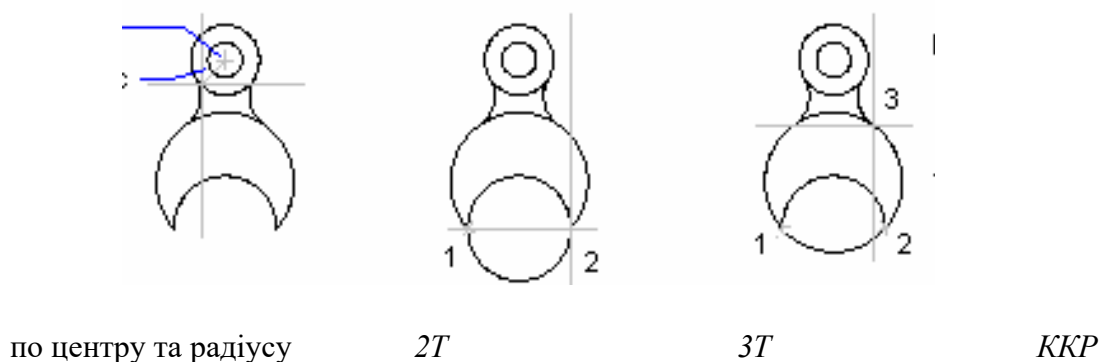


Рис. 12

### 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.



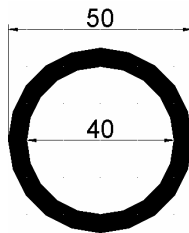
### Приклад 7

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 ЕЛЛІПС 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

### Приклад 8

Побудувати еліпс з координатами великої осі (30, 40) та (80, 40).

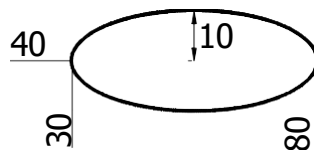
Половина довжини малої осі 10 мм.

Команда: ЕЛЛІПС

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  $230^\circ$  та  $30^\circ$ .

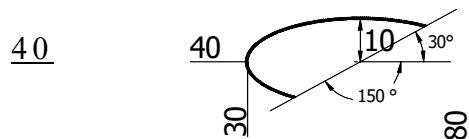
Команда: ЕЛЛПС

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 заданий набір точок. Користувач може задавати точність проходження кривої через точки, тоді крива сплайну проходитиме поряд з ними при максимальному згладжуванні.

### 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 або в 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.

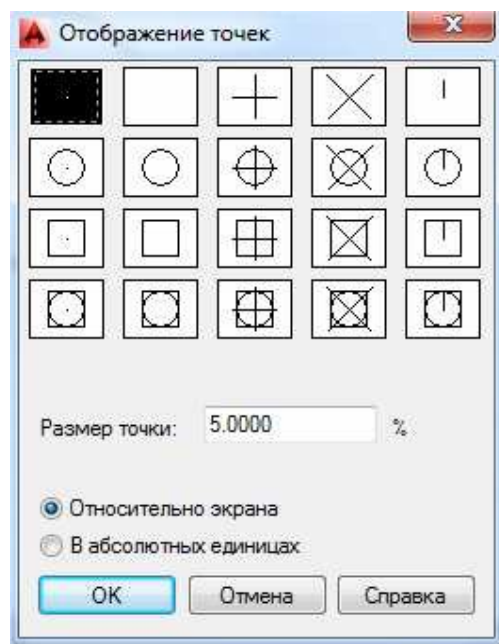


Рис. 14

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

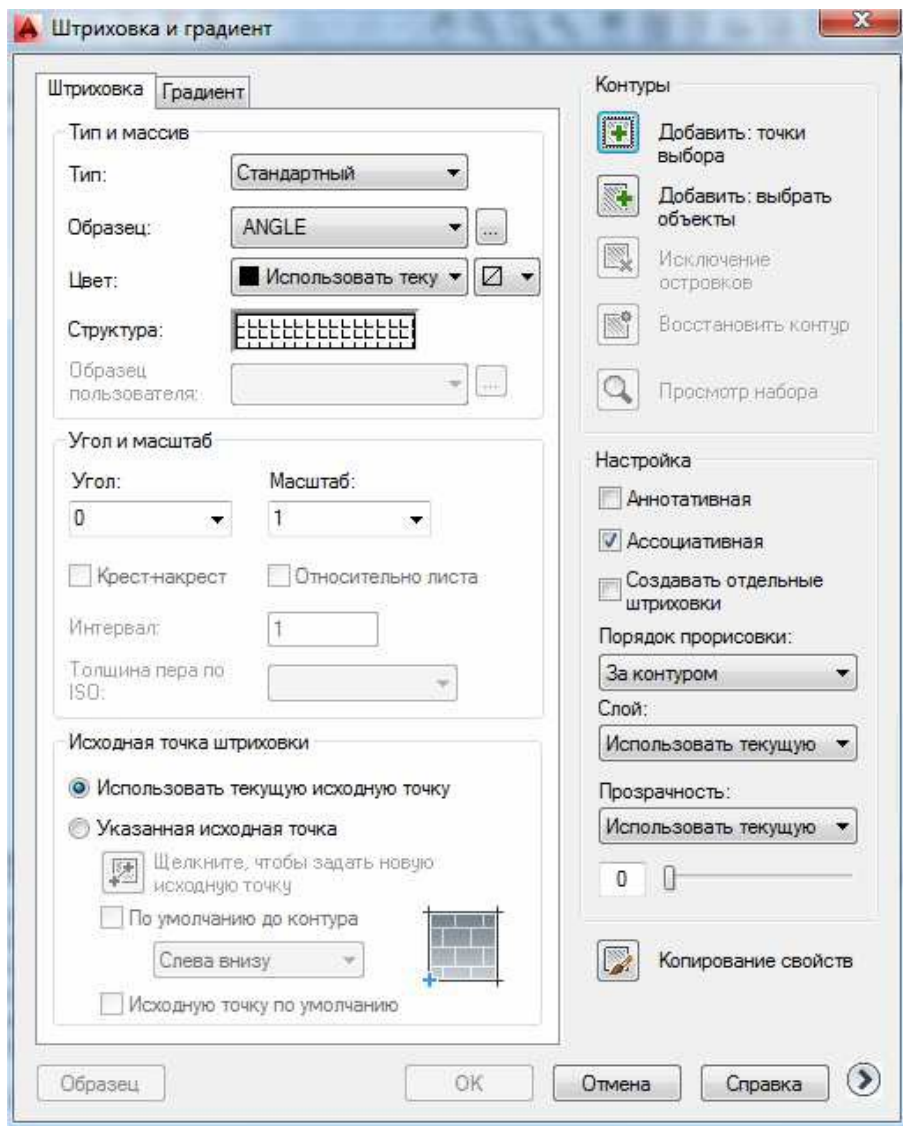
### Штрихування

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



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

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

Контур може містити виступаючі краї та острівці, які можна або штрихувати, або пропускати. Острівцями називаються замкнуті області, розташовані всередині області штрихування. Контури можна також визначати шляхом вибору об'єктів. Той чи інший спосіб вказівки області штрихування активізується при натисканні відповідної кнопки у 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 замовчуванням AutoCAD визначає контури шляхом аналізу всіх замкнених об'єктів малюнку. Вибрати з безлічі виявлених контурів, які не підлягають штрихуванню, можна за допомогою кнопки «Вимкнення острівів».

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



Для заповнення областей штрихування градієнтними 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.

#### **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 її синонім ДТЕКСТ, яка запитує наступні параметри:

- *початкова крапка*, щодо якої буде розміщуватись 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:

- *ліворуч* – 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 надрядкових 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 показано схему 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).

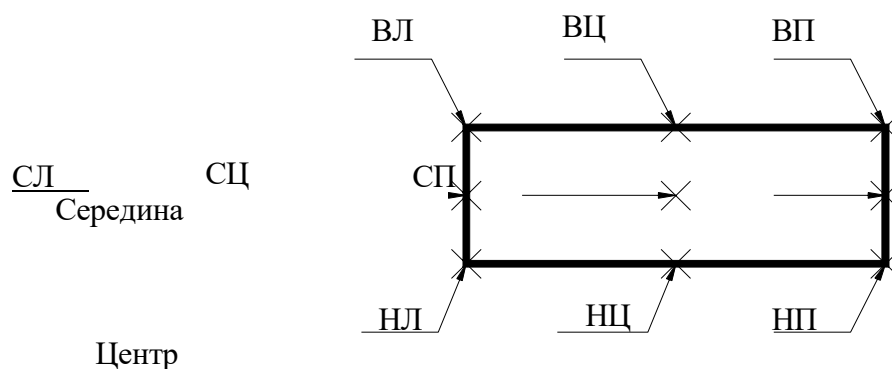


Рис. 17

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 (В т.ч. і з прив'язкою до певної лінії об'єкта).

При виборі опції Стил 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

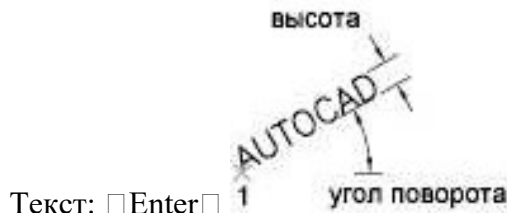
Вкажіть середню точку або [Вирівн Стиль]: В Задайте параметр [сЛева Центр  
вПраво вписаний серед Пошир ВЛ ВЦ ВП СЛ СЛ СП НЛ НЦ НП]: СЛ

Вкажіть середню ліву точку тексту: 20, 40

Висота <2.5000>: 10

Кут повороту тексту <0.0>: 30

Текст: AUTOCAD



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

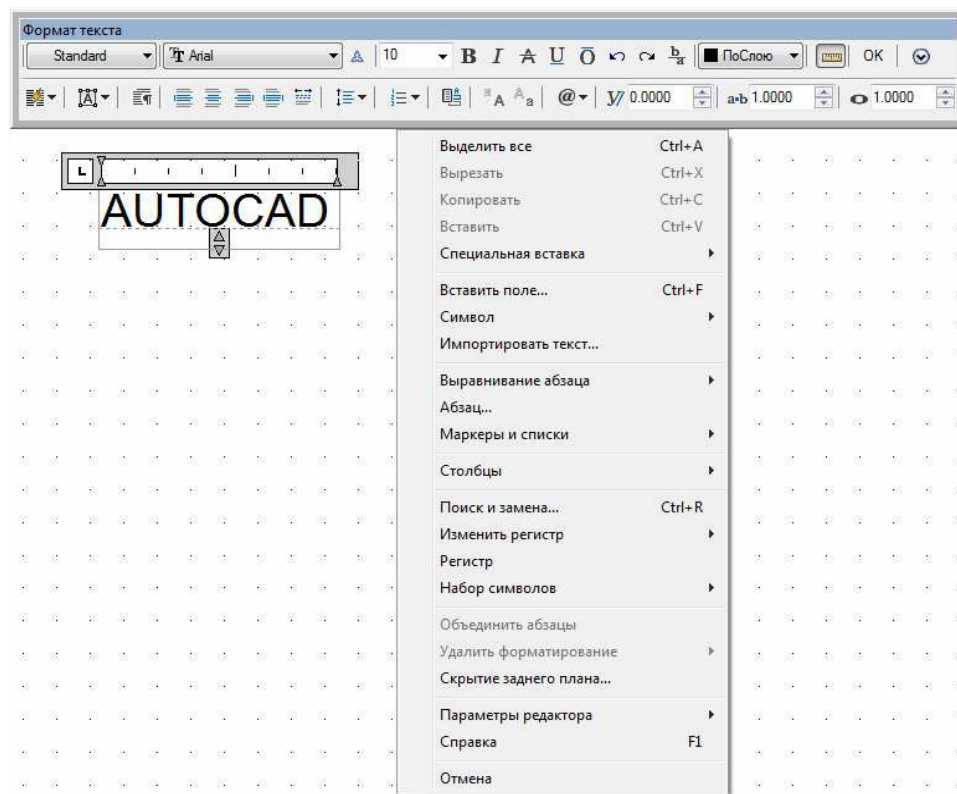


Рис. 18

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

У вікні Формат текста 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 під час натискання кнопки <v>.

З вкладки меню доступний імпорт тексту із зовнішнього txt- (кодованих символів ASCII) або rtf-файлу (кодування символів ANSI).

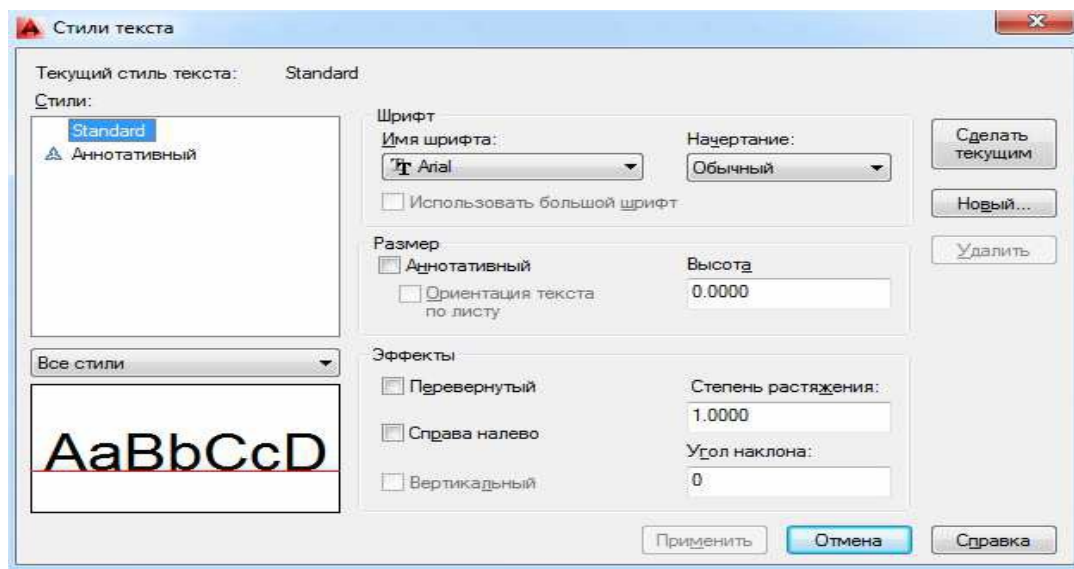
З кожним текстовим написом у AutoCAD пов'язаний певний текстовий стиль. При написі за промовчанням використовується поточний стиль «Standard», який визначає параметри тексту.

При введенні тексту можна використовувати інші стилі, наприклад «Аннотативний». AutoCAD дозволяє модифікувати стилі чи створювати власні. Новостворений стиль може бути згодом модифікований, перейменований або видалений.

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 проводитися чи в діалоговому вікні «Стили текста» (рис. 19), чи в командному рядку. Діалогове вікно «Стили текста» активізується з меню Формат/Стиль текста або командою СТИЛЬ.





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 наявному текстовому стилі змінюється 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 відображається на багаторядкових написах.

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

## **Шари, кольори та типи ліній.**

### **Робота із шарами.**

*Шари* подібні до прозорих листів кальки, що лежать один на одному, і використовуються для групування на них різних типів даних малюнку. 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 замовчуванням, так і шар, визначений і іменований самим користувачем.

З кожним шаром пов'язані свої кольори, що дозволяють розрізняти подібні елементи малюнка, та типи ліній, які використовуються для швидкого розпізнавання таких елементів, як осьові або приховані лінії. Наприклад, можна створити окремий шар для розміщення осьових ліній та призначити йому блакитний колір та тип лінії осьова. Згодом, якщо потрібно побудувати осі-ну 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. Управління шарами здійснюється командою ШАР або за допомогою

діалогового вікна «Диспетчер властивостей шарів» (рис. 20), яке доступне з меню Формат / Шар..., а також активізується при натисканні кнопки на панелі інструментів «Властивості об'єктів».

Об'єкти, які належать якомусь шару, як правило, набувають властивостей 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", то об'єкт відображається в червоному кольорі незалежно від того, який колір призначений даному шару.

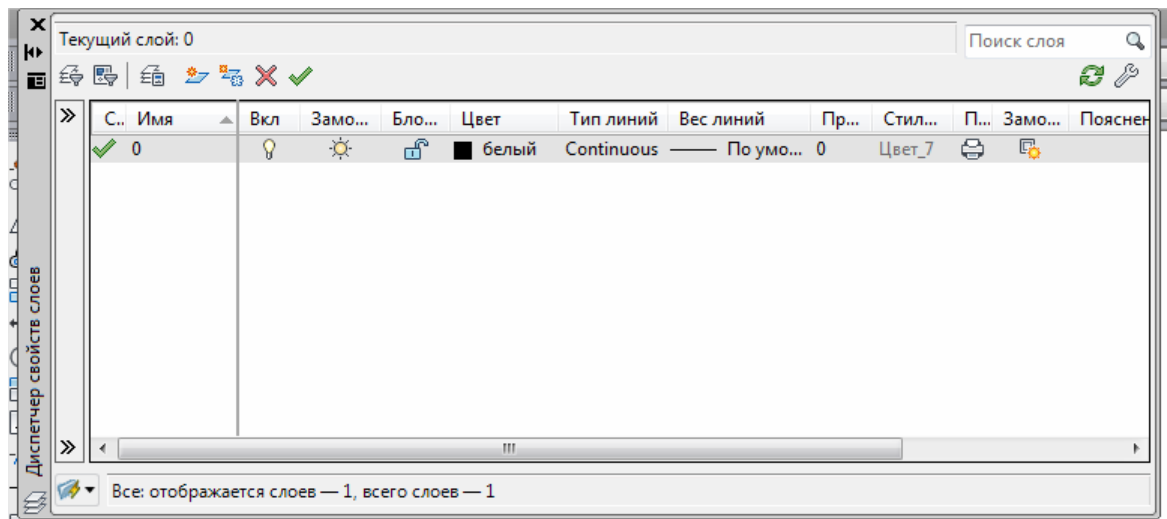


Рис. 20

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 в 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», то новий шар успадковує властивості (колір та 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 і типів ліній шарам здійснюється шляхом клацання мишею на піктограмі з підказкою «Кольори» або

«Типи ліній» на панелі об'єктів для заданого шару або у 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 за піктограмою кольору поточних налаштувань шару або з меню.

Вибір для встановлення типу лінії зі списку «Типи ліній» виконується аналогічно до 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 шарів

Попереднє стан шару

Зробити шар об'єкта

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».

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

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

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

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

"Диспетчер властивостей шарів" або комбінація клавіш "Alt + Y". Видаляти шариможна 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.

50

Для фільтрації шарів на основі їх властивостей використовується список

"Фільтри" діалогового вікна "Диспетчер властивостей шарів". Критерії відбора шарів встановлюються у 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 тощо. Імена шарів і типів ліній можуть бути відсортовані в алфавітному прямому або зворотному порядку.

### **Робота з типами ліній.**

Тип лінії описується послідовністю штрихів, точок і пробілів, що повторюється, а лінії складних типів можуть включати 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.

Для роботи з 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.

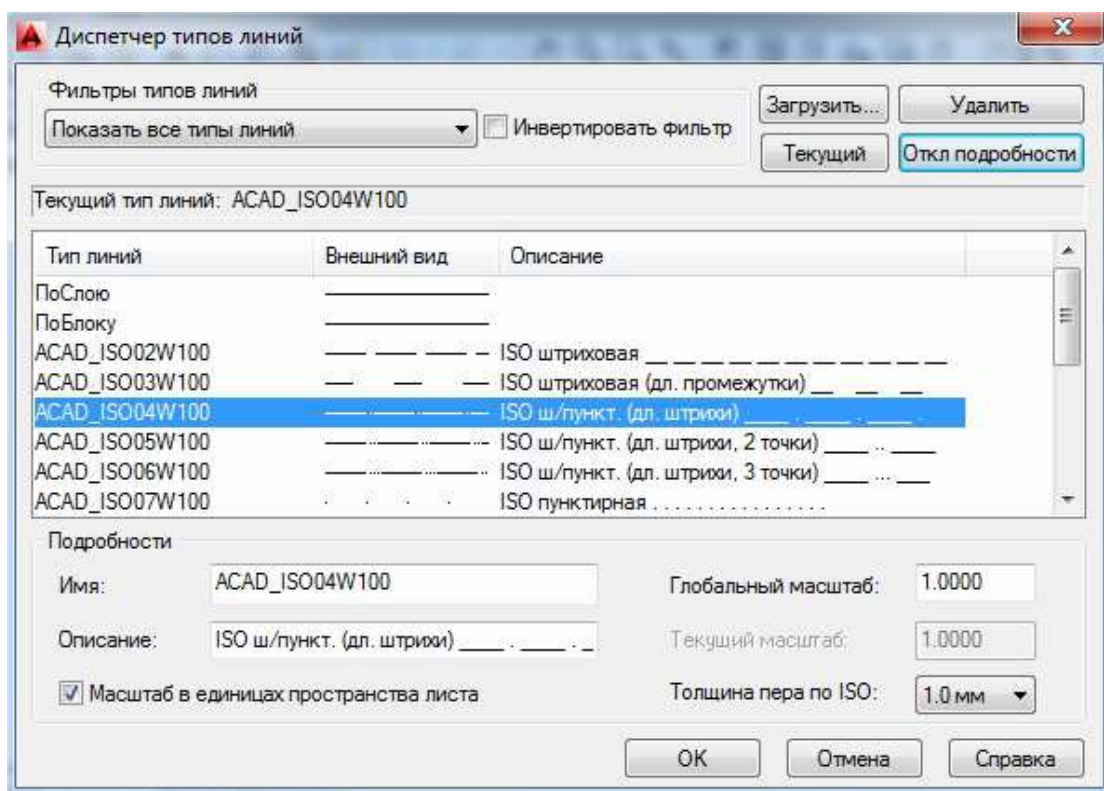


Рис. 23

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 встановлений також за допомогою керуючого списку «Типи ліній» на панелі «Властивості об'єктів» (рис. 24).

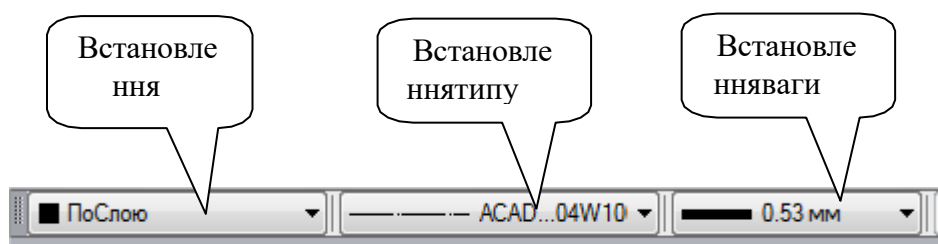


Рис. 24

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 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 по шару, блоку і continuous, а також імена типів ліній, що залежать від зовнішніх посилань.

Для видалення типу лінії у списку наявних типів ліній діалогового вікна «Диспетчер типів ліній» вибрати необхідний тип лінії або кілька типів ліній та натиснути 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 на всі наявні та 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».

## **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». Вибір об'єктів

Під час виконання команд редагування необхідно у відповідь на запит «Виберіть об'єкти» вказати (вибрати) об'єкти, до яких будуть 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 й інші способи вибору, доступні через опції поповнення та керування 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.

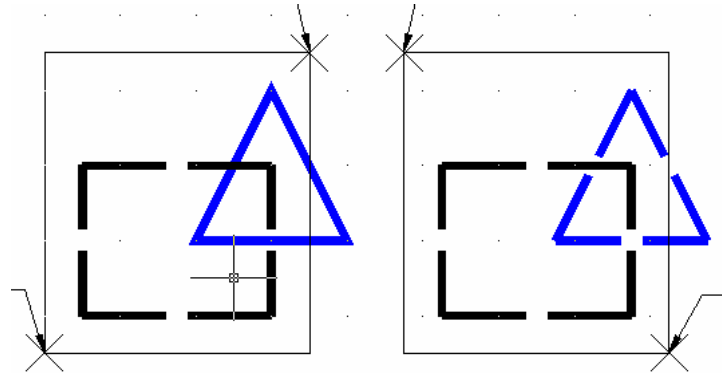


Рис. 25

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).

#### **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.

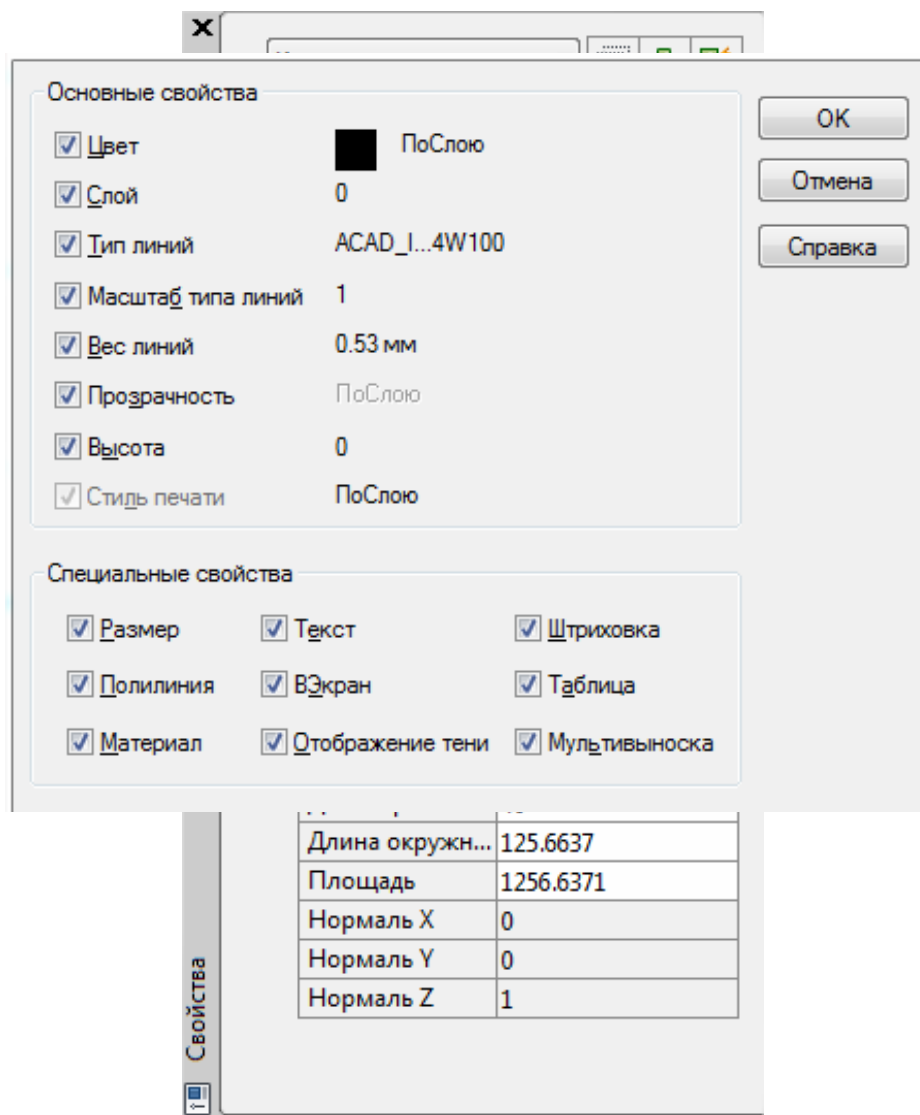


Рис. 26

Команда ДИАЛСВОЙ дозволяє отримати параметри властивостей для вибраного об'єкта у діалоговому вікні «Властивості» (див. рис. 26), у своїй для редагування доступні як загальні, а й геометричні властивості об'єкта залежно від типу обраного 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». У цьому вікні необхідно встановити прапорці для властивостей, які потрібно скопіювати, та прибрати прапорці для інших 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.

### **Редагування креслення**

*Копіювання об'єктів* в ACAD є можливість одноразово і багаторазово копіювати об'єкти по одному або групам у межах поточного малюнка. Команда Копіювати виконує копіювання одного або кількох 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 (мал. 28). Опція Декілька і вибір базової точки дозволяють перейти в режим багаторазового копіювання.

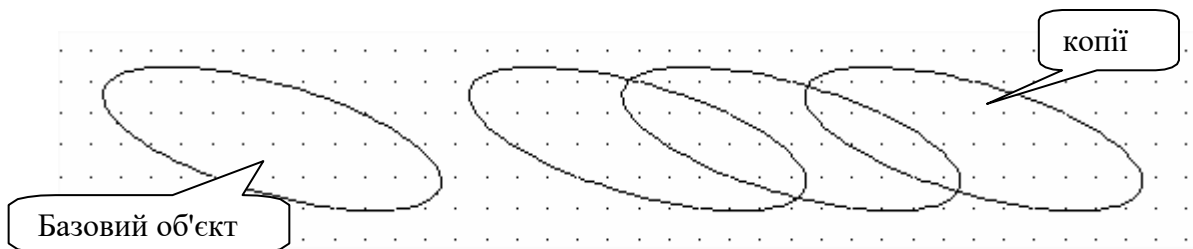


Рис. 28

Крім звичайного копіювання, є й 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 ДЗЕРКАЛО виконує побудову копії об'єкта за правилами осьової симетрії щодо осі відображення (симетрії), що визначається двома точками, вказаними користувачем.

### Приклад 11

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

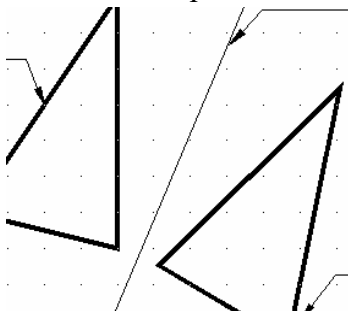
Команда: ДЗЕРКАЛО

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

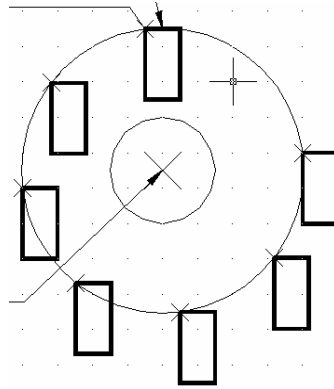
Виберіть об'єкти: Знайдено: 1

Виберіть тип масиву [Прямоуг Траект Круговий] <Прямоуг>: До Вкажіть центральну точку: 30,40

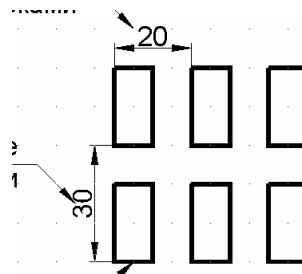
Кількість елементів у масиві <6>: 7

Виберіть ручку, щоб ред. або [Кут заповнення] <Вихід>: 270

Повертати об'єкти? [так ні]<Д>: Н



Команда: 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 стосовно вихідного об'єкта залежно від того, з якого боку зазначено усунення. Якщо зміщення вказане точкою у внутрішній області об'єкта, подібний об'єкт має менші розміри, якщо у зовнішній – більші.

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

Команда: ПОДІБ  
 Вкажіть відстань зміщення або [Через / Видалити / Шар] <1>: 5 Виберіть об'єкт для зміщення або [Вихід / Скасувати] <Вихід>: Вкажіть точку, яка визначає бік зміщення або [Вихід / Не-скільки / 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>:  
☐ Enter ☐

## Переміщення та поворот об'єктів

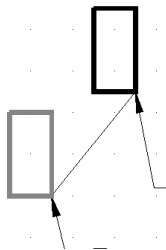
Зміна положення об'єктів здійснюється переміщенням без зміни орієнтації та розміру, поворотом щодо певної точки та вирівнюванням.

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 має бути перенесена базова точка разом з об'єктами. Команда: ПЕРЕНОСТІ

Виберіть об'єкти: знайдено 1,

Базова точка або [зсув] <зсув>:

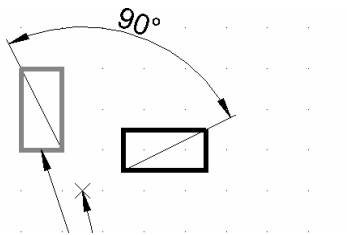
Друга точка або <вважати зміщенням першу точку>:



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 на зазначений щодо 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 із меню Редагувати \ 3D-

операції / Вирівняти.

У прикладі проводиться вирівнювання з поворотом прямокутника на межі багатокутника.

Команда: \_ALIGN

Виберіть об'єкти: знайдено 1,

Перша вихідна точка:

Перша цільова точка:

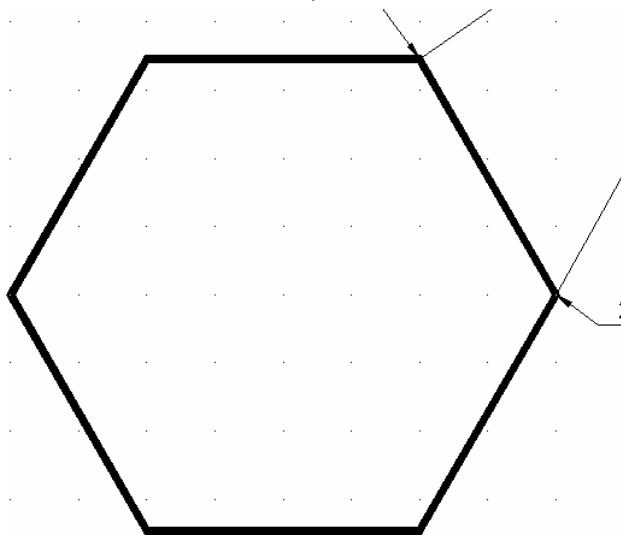
Друга вихідна точка:

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 посилання, а відстань між цільовими точками – новою довжиною.



Відношення посилальної довжини до нової визначає масштаб зміни об'єкта, що повертається.

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

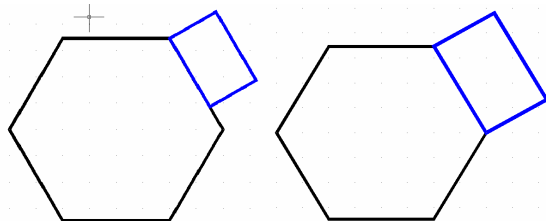


Рис. 29

### 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, зазначеному явно у вигляді числа або у вигляді посилання. При масштабуванні за посиланням один із існуючих вимірів 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 для розтягування та дві точки переміщення. Об'єкти для розтягування повинні вибиратися січною рамкою. Сегменти об'єктів, перетнуті січною

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 визначена січна рамка, точкою 3 – базова точка, точкою 4 – точка переміщення.

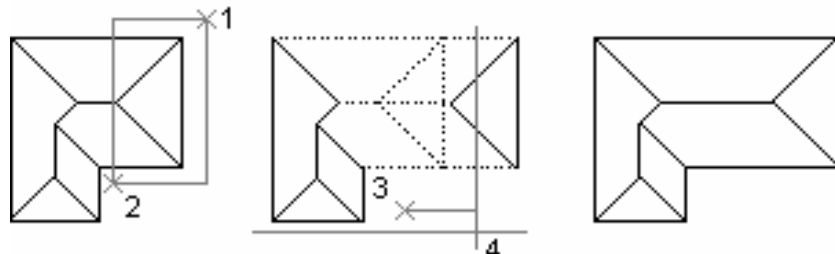


Рис. 30

#### 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 осевих лініях.

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

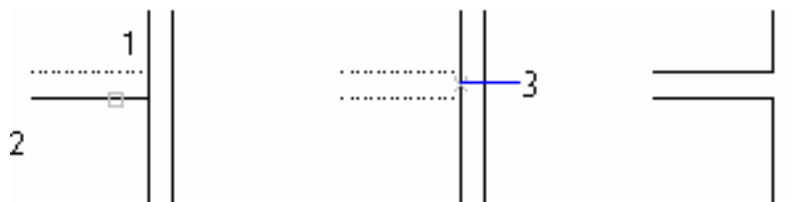


Рис. 31

#### Редагування за допомогою ручок

Після вибору об'єктів на полі креслення за допомогою миші на вибраних об'єктах з'являються так звані ручки, які розташовані у 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 тим самим прискорити процес редагування.

Використовуючи ручки, можна суттєво скоротити звернення до меню. Графічний курсор автоматично прив'язується до ручки, по кото-

рій він минає. 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.

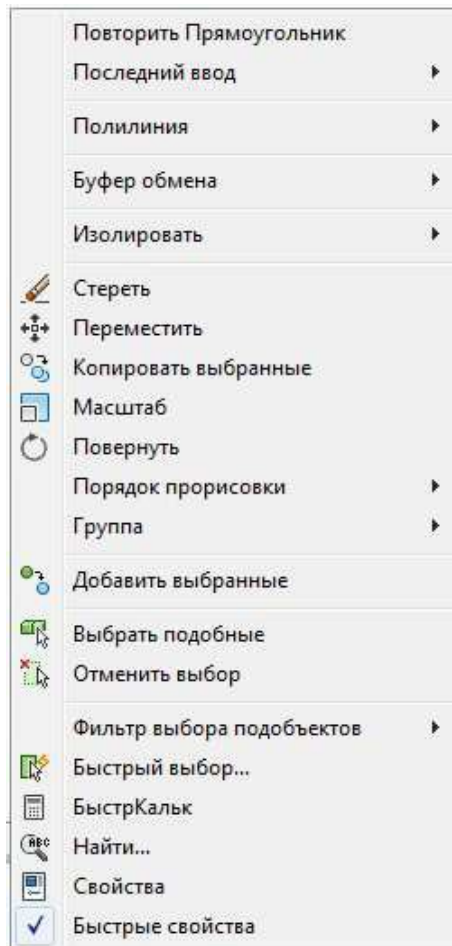
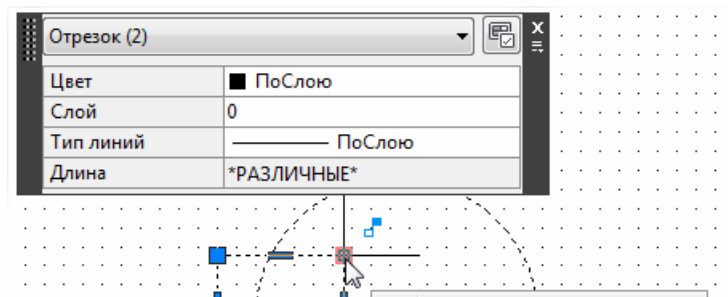


Рис. 32

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

Вибір цих команд здійснюється в командному рядку введенням початкових літер або виклику контекстного меню (див. мал. 32), що викликається натисканням правої клавіші миші.

При тривалому утриманні клавіші SHIFT у процесі вказівки положень копій на екрані



вмикається 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 (рис. 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.

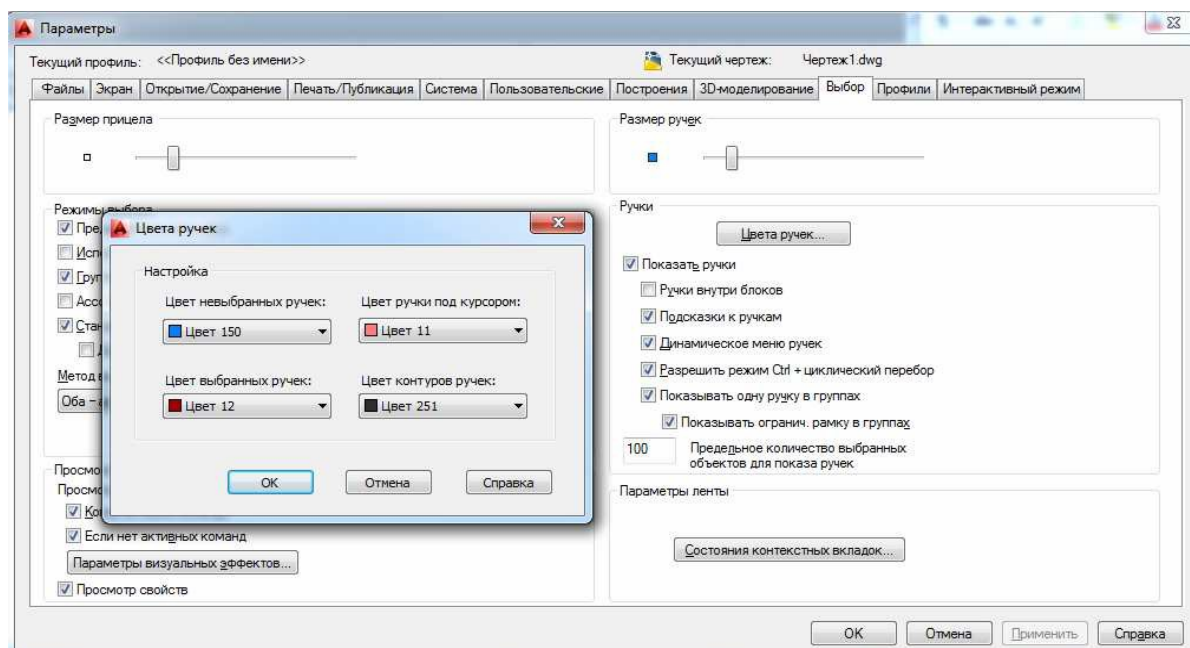


Рис. 33

### 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 малюнку.
- Атрибути**— текстові об'єкти, які можуть поміщатися в блоки для зберігання в них деякої інформації про блок або про те, що він містить, 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.

## Робота з блоками.

### Створення блоків

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

*Описи блоків* можна створювати наступними командами:

– **БЛОК**– групує об'єкти для використання лише у поточному малюнку, при цьому опис блоку користувач формує, відповідаючи на 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.

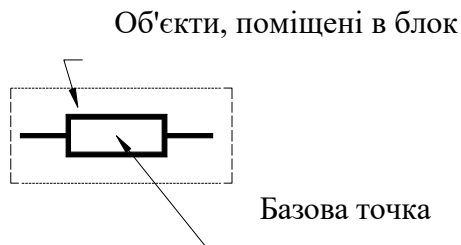
### Приклад 12

Створити блок умовного позначення резистора. Об'єкти, що входять до блоку, можуть бути обрані будь-яким із 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



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 його створення, необхідно встановити перемикач "Залишити".

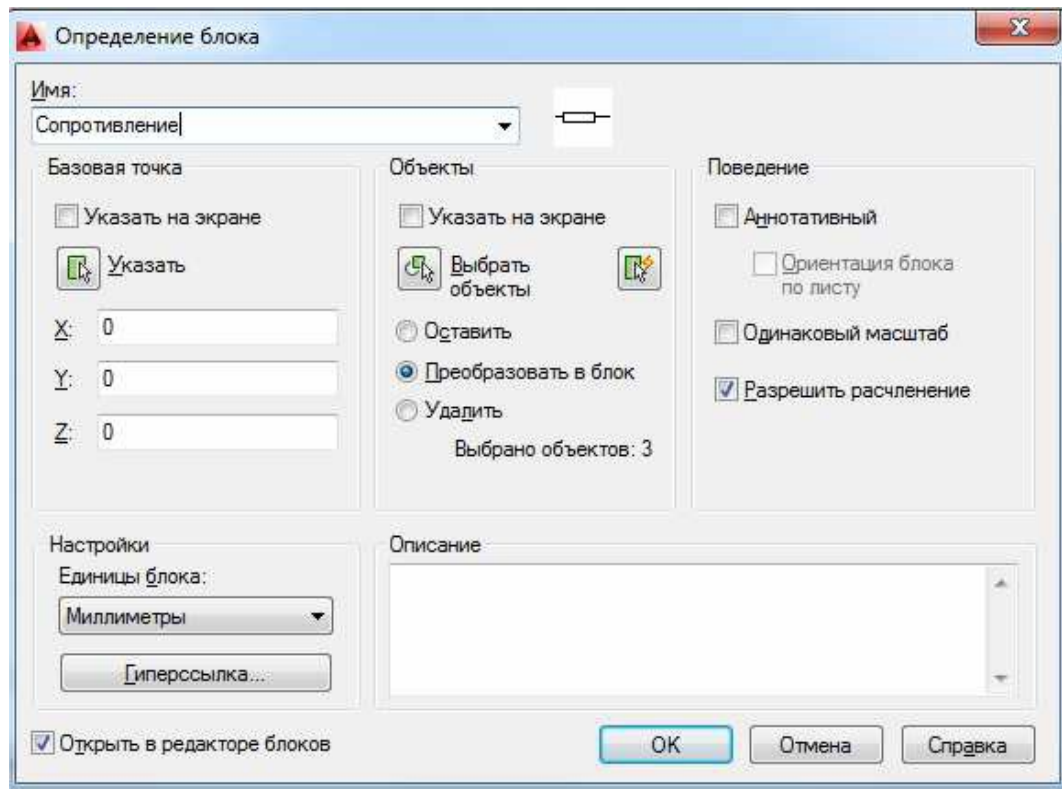


Рис. 34

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 із 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* у малюнок з масштабуванням та поворотом; *розчленовувати* на 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.

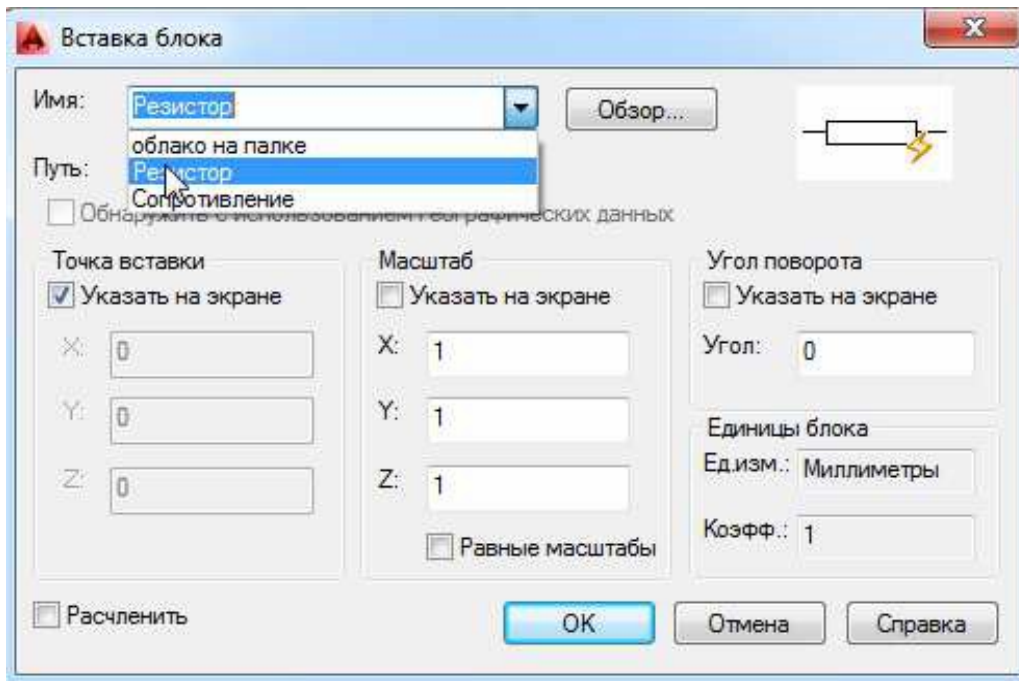


Рис. 35

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 (також, 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 умовчанням як базова точка 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. При всіх наступних вставках цього малюнка AutoCAD використовуватиме нову базову точку.

Команда Розчленувати, 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 або видалити будь-які об'єкти у його описі та зберегти наново з тим самим ім'ям, тобто. перевизначити. Після перевизначення всі входження блоку до малюнку 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 і малюється за допомогою 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 дотримуватись 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 ПІСЛОЮ;

- 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 ДІАЛСВОЮ або піктограмою на панелі «Стандартна».

### **Робота з атрибутами блоків**

*Атрибут* являє собою певну подібність мітки або ярлика, що використовується для зв'язування з блоком текстових рядків. Надалі можливий експорт інформації, що зберігається в атрибутах малюнка, до зовнішніх файлів з подальшим використанням у базах даних для генерації різної проектної документації.

Атрибути можуть бути змінними, постійними, прихованими. Змінні контрольовані атрибути блоку завжди запитують

AutoCAD при кожному входженні блоку змінні встановлені присвоюються за замовчуванням, але можуть змінюватися в командному рядку, потім значення всіх змінних атрибутів зберігаються разом з 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 встановлено ознаку «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 у діалоговому вікні

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

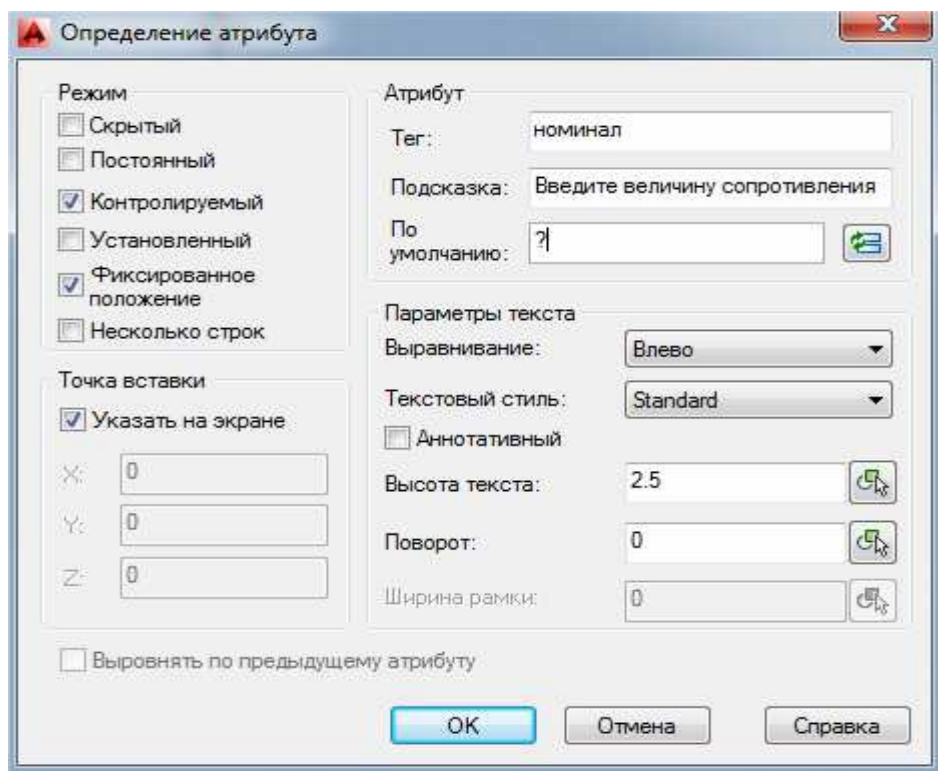


Рис. 37

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.

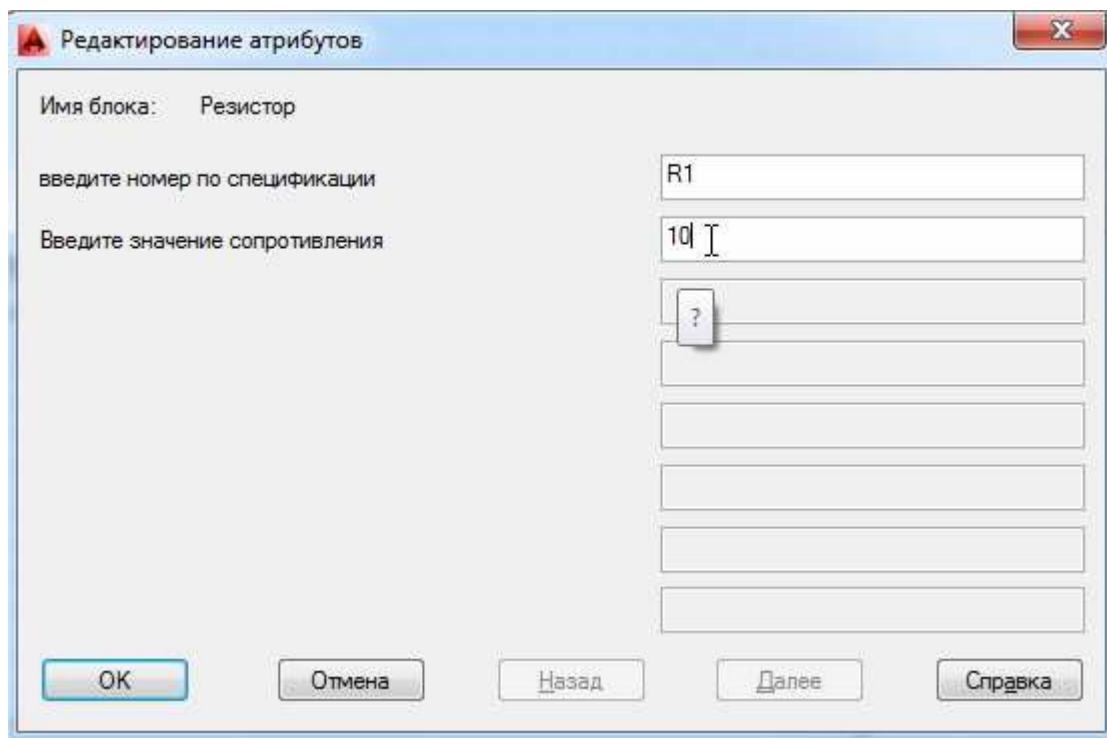


Рис. 38

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

Порядок вибору атрибутів під час запису в блок визначає порядок дотримання запитів на введення їх значень при вставці цього блоку. При необхідності порядок дотримання атрибутів може бути змінений у 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\_ізм для розміщення в них при кожному вході блоку відповідних даних. Справа представлені результати вставки цих блоків на полі креслення.



Рис. 39

Редагування текстових параметрів атрибутів, а також їх значень можливо безпосередньо у вікні "Редактора атрибутів блоків"(рис. 40), яке викликається подвійним клацанням лівої кнопки миші на кон-турі вибраного блоку, командою ДІАЛРЕД, через меню Редагувати / Об'єкт / Атрибути / По одному або через елемент контекстного меню «Редагувати атрибути», яке 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.).

Зміну всіх, а не лише значень та текстових описів можна командою ЗМІНИТИ в діалоговому вікні «Властивості».



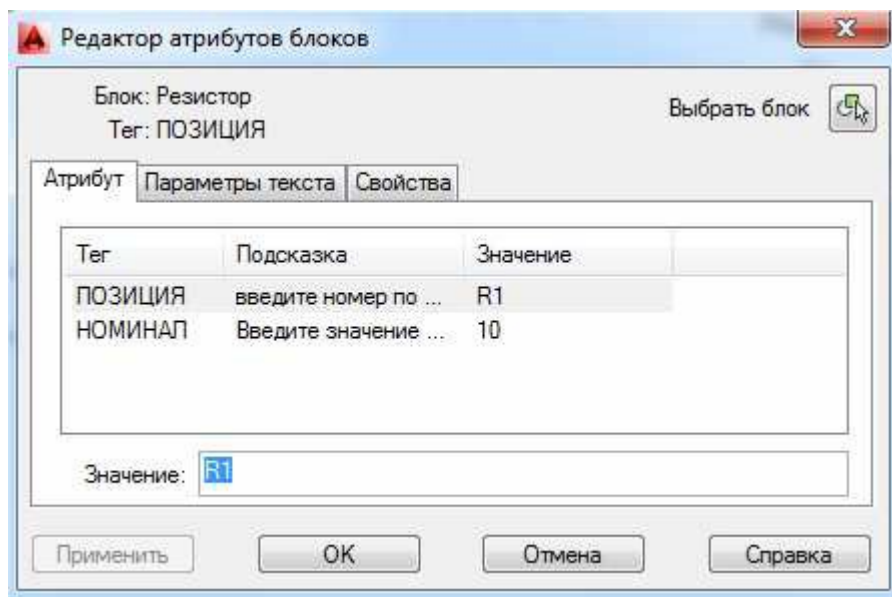


Рис. 40

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

- *Нормальний* – видимість атрибутів визначається їх описом (зриті 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 ДІАЛАТЕК 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.

### **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, опис блоку (тобто перелік входять до нього геометричних об'єктів) 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 також 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 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 усім користувачам, для цього їм потрібно лише оновити посилання.

## **ЛІТЕРАТУРА**

### **Основна**

1. Комп'ютерні технології автоматизованого виробництва: Навч. посібник / М.А. Бережна. – Харків: ТОВ «Компанія СМІТ», 2007. – 368 с.
2. Бабічева О.Ф. Навчальний посібник з дисципліни «Автоматизоване проектування електромеханічних систем»/ О.Ф. Бабічева, С.М.Єсаулов. – Харків : ХНАМГ, 2009. –286
3. Саєнко С. Ю. Основи САПР / С.Ю. Саєнко, І.В. Нечипоренко – Х. : ХДУХТ, 2017. – 120 с.
4. Луцик І. Б. Системи автоматизованого проектування: навчальний посібник / І. Б. Луцик, В. П. Матвійків – Тернопіль: ТНПУ, 2007. –104 с

### **Допоміжна**

1. Пушкар М.С. Проектування систем автоматизації: навч. посібник / М.С. Пушкар С.М., Проценко – Д.: Національний гірничий університет, 2018. – 268 с.
2. Елементи автоматизованого електропривода / Н.Г. Попович, В.А. Гаврилюк, О.В., Ковальчук, В.І. Теряєв. – К.: УМК ВО, 2019. – 260 с.

### **Інформаційні ресурси**

1. <http://infomine.ucr.edu> - віртуальна бібліотека електронних видань
2. <http://www.sciseek.com> - пошук наукової інформації