



ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ AUTOCAD ТА EPLAN ПРИ РОЗРОБЦІ ПРОЄКТНОЇ ДОКУМЕНТАЦІЇ СИСТЕМ АВТОМАТИЗАЦІЇ

EVALUATION OF THE EFFICIENCY OF USING AUTOCAD AND EPLAN IN DEVELOPING DESIGN DOCUMENTATION FOR AUTOMATION SYSTEMS

Баган Т.Г.
T. Bagan

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського», м. Київ, Україна

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute": Kyiv, Ukraine

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0146-577X>

E-mail: mtbagan@ukr.net

Copyright © 2026 by author and the journal "Automation of technological and business – processes".

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0>



DOI: 10.15673/atbp.v18i2.3451

Анотація. У статті проведено порівняльний аналіз функціональних та методологічних можливостей CAD/CAE-систем AutoCAD та EPLAN Electric P8 у розробці проєктної документації автоматизованих систем. Розглянуто сучасні тенденції розвитку цифрового проєктування, зокрема автоматизацію рутинних операцій, інтеграцію баз даних компонентів, параметричне та генеративне моделювання, а також застосування об'єктно-орієнтованого підходу в спеціалізованих CAE-системах. Проведено детальний огляд літератури щодо ефективності CAD/CAE-платформ, що дозволило виділити ключові переваги та обмеження універсальних і спеціалізованих систем. У результаті сформовано таблицю порівняльного аналізу, що охоплює такі критерії, як рівень автоматизації, методологія проєктування, інтеграція баз даних, час розробки документації та ймовірність помилок. Показано, що AutoCAD, будучи універсальною CAD-платформою з електротехнічною надбудовою, забезпечує високу гнучкість і сумісність із вже наявними корпоративними стандартами, але демонструє обмежений рівень спеціалізованої автоматизації у складних проєктах. Натомість EPLAN, як спеціалізована CAE-система, реалізує компонентно-орієнтовану модель даних на основі SQL, підтримує глибоку інтеграцію схем, специфікацій та 3D-панельного моделювання, що робить її більш придатною для великомасштабних та серійних рішень промислової автоматизації. На основі аналізу сформульовано рекомендації щодо доцільності застосування кожної системи залежно від типу та складності проєкту, що робить результати дослідження актуальними для інженерів, науковців та розробників проєктної документації, а також окреслено перспективи подальших досліджень, пов'язаних із розробленням методів інтегрованої CAD-CAE-підтримки та застосуванням інтелектуальних технологій для автоматизованого синтезу проєктних рішень.

Abstract. The article presents a comparative analysis of the functional and methodological capabilities of the CAD/CAE systems AutoCAD and EPLAN Electric P8 in the development of design documentation for automated systems. It examines current trends in digital design, in particular the automation of routine operations, the integration of component databases, parametric and generative modeling, as well as the application of an object-oriented approach in specialized CAE systems. A detailed literature review on the efficiency of CAD/CAE platforms is carried out, which makes it possible to identify the key advantages and limitations of universal and specialized systems. As a result, a comparative analysis table is compiled that covers such criteria as the level of automation, design methodology, database integration, documentation development time, and error probability. It is shown that AutoCAD, being a universal CAD platform with an electrical add-on, provides high flexibility and compatibility with existing corporate standards but demonstrates a limited level of specialized automation in complex projects. In contrast, EPLAN, as a specialized CAE system, implements a component-oriented SQL-based data model and supports deep integration of schematics, bills of materials, and 3D panel modeling, which makes it more suitable for large-scale and series-produced industrial automation solutions. Based



on the analysis, recommendations are formulated regarding the appropriateness of using each system depending on the type and complexity of the project, which makes the research findings relevant for engineers, researchers, and design documentation developers, and outlines prospects for further research related to the development of methods for integrated CAD–CAE support and the application of intelligent technologies for automated synthesis of design solutions.

Ключові слова: комп'ютерна графіка, автоматизація проектування, AutoCAD, EPLAN, проєкт системи автоматизації

Keywords: computer graphics, design automation, AutoCAD, EPLAN, automation system project

Вступ. У сучасних умовах розвитку автоматизації комп'ютерно-інтегрованих технологій проектування систем керування та промислової автоматизації набуває дедалі більшої складності. Це зумовлено зростанням функціональних вимог до таких систем, підвищенням ступеня їх інтегрованості з виробничим обладнанням та інформаційною інфраструктурою підприємства, а також необхідністю забезпечення високої надійності й відтворюваності проєктних рішень протягом усього життєвого циклу об'єкта автоматизації. У цих умовах критичною стає роль інструментів комп'ютерної підтримки проектування, насамперед систем САПР (CAD) та інженерного аналізу і спеціалізованого інжинірингу (CAE), які мають забезпечувати не лише створення документації, а й керування структурованими інженерними даними та їх повторне використання в різних етапах проєктного процесу.

Традиційно у промисловій практиці широко застосовуються універсальні CAD-платформи, такі як AutoCAD, а також спеціалізовані інструменти електротехнічного проектування на кшталт EPLAN Electric P8 і пов'язаних з ним модулів для панельного моделювання. AutoCAD, зокрема у варіанті AutoCAD Electrical, історично розвивався як загальноцільове середовище креслення з додаванням електротехнічних функцій, тоді як EPLAN від початку позиціонується як цілісна CAE-платформа для електроінжинірингу із компонентно-орієнтованою моделлю даних та глибокою автоматизацією формування супровідної документації. Незважаючи на накопичений практичний досвід використання обох інструментів, питання їх науково обґрунтованого порівняння в контексті саме проєктів автоматизації та комп'ютерно-інтегрованих технологій залишаються опрацьованими переважно на рівні емпіричних спостережень і маркетингових оглядів.

Додатковою проблемою є недостатня інтеграція CAD- та CAE-рішень у єдині інженерні платформи. Ряд досліджень показує, що незалежна еволюція CAD і CAE-систем зумовила суттєві розбіжності у структурах даних, форматах обміну та сценаріях використання, що вимагає значної частки ручної роботи при зв'язуванні геометричних моделей і результатів інженерного аналізу. У проєктах автоматизації це проявляється у дублюванні описів обладнання та з'єднань, розриві між електричними схемами й 3D-панельним моделюванням, а також у складнощах інтеграції з PLC/ERP-середовищами. На практиці це веде до збільшення тривалості проєктно-конструкторських робіт, підвищення ризику помилок у специфікаціях та зниження ефективності використання накопичених проєктних напрацювань.

У цьому контексті порівняльний аналіз CAD/CAE-інструментів AutoCAD та EPLAN у створенні проєктів автоматизації є актуальним завданням, що має як наукове, так і прикладне значення. З наукової точки зору він дозволяє уточнити місце універсальних та спеціалізованих програмних платформ у сучасній архітектурі інженерних систем підтримки життєвого циклу проєктів, а також виявити потенціал їх інтеграції у напрямі створення повноцінних інженерних платформ для автоматизації комп'ютерно-інтегрованих технологій. З прикладної позиції результати такого аналізу можуть слугувати основою для обґрунтованого вибору, комбінованого використання та планування міграції між AutoCAD та EPLAN у конкретних організаційних і технологічних умовах, з урахуванням масштабу проєктів, вимог до стандартизації, наявних компетенцій персоналу та стратегій цифрової трансформації підприємства.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ І ПУБЛІКАЦІЙ

За останні роки спостерігається активний розвиток методів інтеграції CAD і CAE-систем у процеси цифрового проектування [1], [2], [3]. Дослідники приділяють особливу увагу автоматизації рутинних інженерних операцій, параметричному та генеративному проектуванню, а також використанню баз даних компонентів для підвищення узгодженості документації [4], [5].

У навчальних та виробничих процесах відзначається значне поширення проєктно-орієнтованого підходу, при якому проєктанти інтегрують CAD/CAE-системи з симуляційними модулями для тестування функціональних характеристик виробів [1], [2]. Це дозволяє моделювати поведінку складних автоматизованих систем ще на етапі проектування, знижуючи ймовірність помилок та витрати на фізичне прототипування [6].

Особлива увага приділяється порівнянню універсальних CAD-систем із спеціалізованими CAE-платформами для автоматизованого електротехнічного проектування. Наприклад, дослідження показують, що універсальні CAD-системи, такі як AutoCAD, добре підходять для загального графічного моделювання, проте вони потребують значних ручних операцій і не забезпечують автоматичної генерації специфікацій та схем [3], [9], [10].

Натомість спеціалізовані системи, такі як EPLAN Electric P8, інтегрують бази даних компонентів, логічні зв'язки між елементами та автоматизовану генерацію документації, що забезпечує підвищену ефективність проектування та зменшує ймовірність помилок [2], [5], [11].



Таким чином, існує чітка тенденція до переходу від ручного та графічного проєктування до інтегрованих автоматизованих систем, які забезпечують не лише створення креслень, а й повний цикл моделювання, тестування та узгодження проєктної документації.

Враховуючи сучасні тенденції та прогалини в порівняльних дослідженнях універсальних і спеціалізованих CAD/CAE-систем у сфері електротехнічного та автоматизованого проєктування, проведене дослідження є актуальним і своєчасним. Воно спрямоване на аналіз ефективності застосування таких систем у реальних умовах розробки проєктної документації автоматизованих систем.

МЕТА ДОСЛІДЖЕННЯ: здійснити порівняльний аналіз CAD/CAE-інструментів AutoCAD та EPLAN Electric P8 у створенні проєктів автоматизації в галузі автоматизації комп'ютерно-інтегрованих технологій, виявивши їхні функціональні, архітектурні та експлуатаційні переваги й обмеження для інженерного проєктування систем керування.

ОСНОВНІ ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ:

- Проаналізувати архітектурні та функціональні особливості AutoCAD як CAD-інструменту для проєктів автоматизації.
- Дослідити архітектурні та функціональні особливості EPLAN Electric P8 як спеціалізованої CAE-платформи для електротехнічного та панельного проєктування.
- Здійснити порівняння AutoCAD та EPLAN за ключовими критеріями: архітектура, модель даних, підтримка автоматизації, інтеграція з іншими системами, навчальна крива.
- Оцінити придатність AutoCAD та EPLAN для створення проєктів автоматизації різного масштабу.
- Сформулювати рекомендації щодо вибору, комбінованого використання та перспектив інтеграції CAD/CAE-інструментів AutoCAD та EPLAN у контексті розвитку комп'ютерно-інтегрованих технологій та автоматизованої CAD-CAE-інтеграції

МЕТОДОЛОГІЯ ПОРІВНЯЛЬНОГО АНАЛІЗУ

Методологічні відмінності між AutoCAD та EPLAN виявляються насамперед на рівні проєктного підходу (рис. 1).

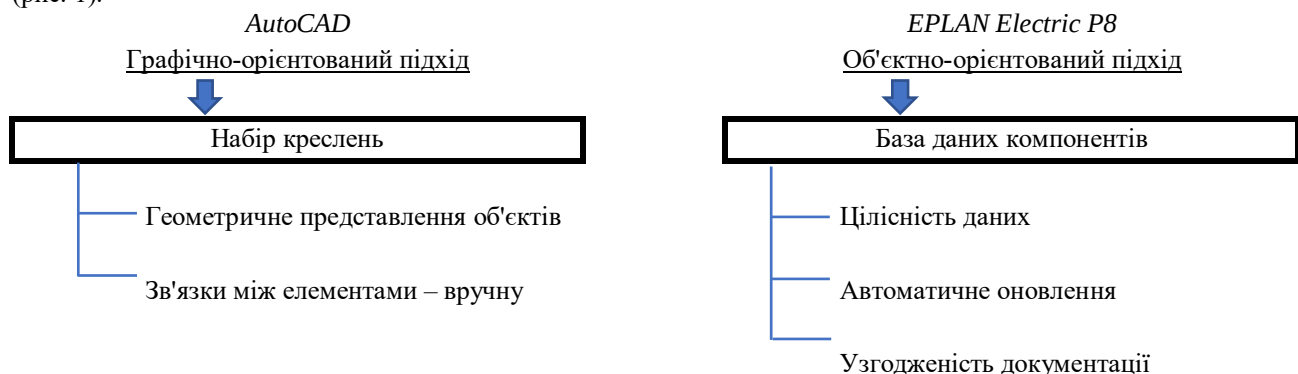


Рис. 1 – Методологічні підходи до проєктування: графічний та об'єктно-орієнтований

Fig. 1 – Methodological approaches to design: graphical and object-oriented

У AutoCAD реалізовано графічно-орієнтований підхід, при якому проєкт являє собою набір креслень. Основна увага приділяється геометричному представленню об'єктів, а логічні зв'язки між елементами задаються вручну.

У EPLAN Electric P8 використовується об'єктно-орієнтований підхід, заснований на роботі з базою даних компонентів. Проєкт розглядається як система взаємопов'язаних об'єктів (пристроїв, сигналів, функцій), що забезпечує: цілісність даних, автоматичне оновлення документації, узгодженість між схемами та специфікаціями. Такий підхід дозволяє перейти від креслення до інженерної інформаційної моделі.

Можна виділити наступні основні відмінності:

1. Орієнтація «креслення проти проєкту»

В AutoCAD проєктування переважно організоване навколо окремих креслень (DWG-файлів), сторінок і блоків: інженер мислить сторінками схем, на які додає символи, атрибути та з'єднання. Зв'язки між сторінками та елементами підтримуються переважно через графічні позначення та локальні атрибути, а узгодженість даних значною мірою залежить від дисципліни розробника й додаткових налаштувань. В EPLAN вихідною одиницею є цілісний проєкт із єдиною базою компонентів: всі схеми, списки, панелі і зв'язані документи – різні представлення однієї моделі даних, а не просто набір окремих креслень. Це змінює методологію від «малювання схем» до «проєктування системи» з автоматичним відображенням змін у всіх представленнях.

2. Рівень формалізації та роль бази даних



Методологія AutoCAD спирається на відносно слабо формалізовану модель: компоненти представлені як блоки з атрибутами, а інформаційні зв'язки реалізуються через файли та Access-подібні бази, що історично додаються як сервісний шар до графічного ядра. Це дає гнучкість, але залишає простір для неузгодженостей (розбіжності між схемою і специфікацією, ручне оновлення списків). Методологія EPLAN навпаки передбачає жорстко структуровану, SQL-орієнтовану компонентну модель: символ на схемі, запис у специфікації, клемний план і позиція в шафі керування жорстко зв'язані через єдину базу даних. Будь-яка зміна в проєкті вноситься один раз і автоматично відбивається в усіх пов'язаних відображеннях, що радикально зменшує обсяг ручної роботи та помилок, але вимагає попередньої стандартизації й дисципліни введення даних.

3. Організація робочого процесу проєктування

У традиційному CAD-підході AutoCAD інженер виконує більшість кроків послідовно:

- 1) створює сторінки схем;
- 2) самостійно підтримує узгодженість позначень та нумерації;
- 3) окремо формує списки компонентів, дротів, клем тощо, часто із залученням зовнішніх інструментів.

Такий робочий процес є креслярсько-центричним: проєктні процедури обслуговують креслення, а не навпаки. В EPLAN робочий процес є проєктно-центричним і автоматизованим:

- 1) спочатку задається структура проєкту (функціональні одиниці, місця встановлення, PLC-структура);
- 2) компоненти обираються з бази, а схеми, списки, клемні плани, кабельні журнали та панельні моделі синтезуються з єдиних даних.

Рутинні операції (нумерація з'єднань, крос-референси, формування документації) переводяться в режим «одна дія – оновлення всього проєкту», що зміщує акцент з ручного креслення на конфігурування й керування даними.

4. Підхід до панельного та 3D-проєктування

В AutoCAD панельний та 3D-layout розглядаються як окремі, переважно геометричні задачі: розміщення обладнання в шафі або на панелі здійснюється як звичайне 2D/3D-креслення, а зв'язок із електричною схемою реалізується через умовні позначення та ручне узгодження. Це обмежує можливості автоматичної перевірки коректності компоновки, довжин дротів та кабелів, заповнення каналів тощо. У методології EPLAN (зокрема з Pro Panel) панельне та 3D-проєктування є природним продовженням схеми: компоненти, їхні точки підключення та зв'язки вже визначені в базі даних, а 3D-модель шафи є ще одним представленням тієї ж системи. Відповідно, контроль монтажних обмежень, трасування провідників і оцінка монтажних ресурсів можуть виконуватися автоматизовано, що методологічно зближує електричне проєктування з підходами цифрового двійника.

5. Інженерна роль інструмента в проєкті автоматизації

AutoCAD у практиці автоматизації здебільшого виступає як «розширений редактор креслень»: основна відповідальність за структуру системи, коректність зв'язків і узгодженість даних залишається на інженері, а програмний продукт забезпечує інструменти для оформлення та часткової автоматизації. EPLAN позиціонується і використовується як «інженерна платформа»: система бере на себе значну частину завдань з підтримання цілісності моделі, керування варіантами, повторного використання макросів та інтеграції з PLC/ERP, тоді як інженер переходить до ролі конфігуратора й архітектора системи. Це методологічне зміщення узгоджується з тенденціями переходу від CAD до комплексних інженерних платформ у промисловій автоматизації.

Таким чином, результати дослідження показують, що методологічні відмінності між AutoCAD та EPLAN виходять далеко за межі набору функцій: вони відображають різні концепції проєктування систем керування – від креслярсько-центричного, файл-орієнтованого робочого процесу до дано-орієнтованої, інтегрованої інженерної платформи, вбудованої в ширший контекст цифрового виробництва.

АРХІТЕКТУРА ТА ФУНКЦІОНАЛЬНІ МОЖЛИВОСТІ AUTOCAD У РОЗРОБЛЕННІ ПРОЄКТІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

AutoCAD, зокрема доповнений модулем AutoCAD Electrical, реалізує креслярсько-орієнтовану архітектуру, у якій ядром системи залишається загальноцільовий CAD-редактор, а електротехнічний функціонал вибудовується у вигляді спеціалізованих бібліотек блоків, атрибутів та сценаріїв автоматизації. Така архітектура забезпечує сумісність із традиційними підходами до оформлення креслень, що є важливим для підприємств із усталеною практикою використання AutoCAD як базової платформи для всієї конструкторської документації. При цьому електрична частина проєкту логічно інтегрується в загальну креслярську інфраструктуру (прошарки, стилі, шаблони), що знижує бар'єр входу для користувачів, які раніше працювали лише із стандартним AutoCAD.

Модель даних AutoCAD Electrical ґрунтується на стандартних механізмах AutoCAD – блоках та атрибутах, доповнених специфічними іменами атрибутів і конвенціями іменування, які інтерпретуються системою як електротехнічні об'єкти (компоненти, клемні, з'єднання тощо). Інформація про компоненти, проводки та зв'язки зберігається у вигляді набору DWG-файлів та допоміжних баз даних Access-подібного типу, що використовуються для формування звітів (специфікацій, переліків дротів, клемних колодок). Цей підхід забезпечує відносну простоту розбудови й модифікації бібліотек, але водночас обмежує масштабованість і цілісність даних у великих проєктах, де зростає ймовірність появи неузгодженостей між графічним представленням і звітними даними (рис. 2).

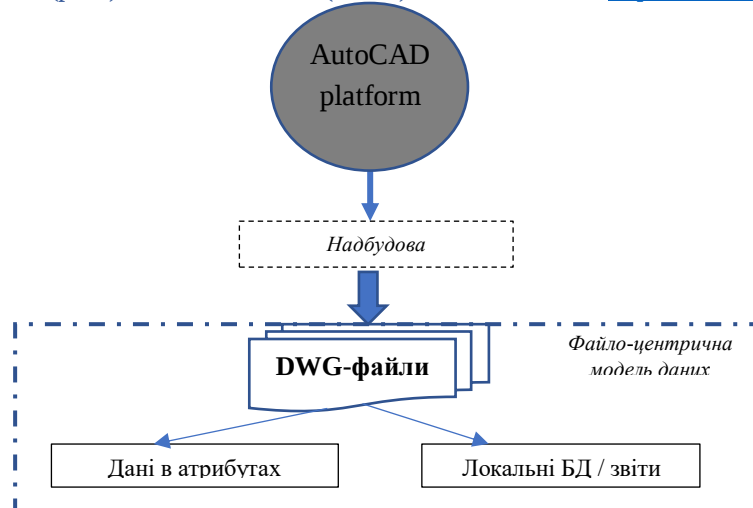


Рис. 2 – Архітектура використання AutoCAD у проєктах автоматизації
Fig. 2 – Architecture of using AutoCAD in automation projects

Функціонально AutoCAD Electrical пропонує низку інструментів, які частково закривають типові задачі проєктів автоматизації. Зокрема, реалізовані:

- бібліотеки електротехнічних символів і стандартних схемних фрагментів;
- автоматизована нумерація дротів та позначення компонентів;
- механізми крос-референсів і позначення міжсторінкових з'єднань;
- генерація відомостей матеріалів (специфікації обладнання), переліків дротів і клемних колодок на основі атрибутів блоків.

Ці засоби дають можливість істотно скоротити частку ручних операцій порівняно з «чистим» AutoCAD, особливо під час розробки повторюваних фрагментів схем та формування типової документації. Водночас, оскільки система оперує переважно на рівні креслень і набору DWG-файлів, підтримання повної узгодженості даних (наприклад, при масштабних правках, багаторазовому копіюванні й зміні конфігурацій) значною мірою залишається відповідальністю інженера-проєктувальника.

Щодо панельного та 3D-layout, AutoCAD надає потужні інструменти для загального 2D/3D-моделювання, однак не містить інтегрованого, специфічно орієнтованого на шафи керування, середовища, де панельний монтаж безпосередньо пов'язаний із логікою електричних схем. Панелі та шафи зазвичай моделюються як окремі креслення або 3D-моделі, а зв'язок із електричними схемами реалізується через умовні позначення, спільні атрибути та вручну підтримувані посилання. Це ускладнює автоматизовану перевірку компонування, довжин дротів, заповнення каналів і може призводити до додаткових витрат часу на узгодження між електричною та механічною частинами проєкту, незважаючи на наявність інтеграції з іншими продуктами Autodesk, такими як Inventor.

Інтеграційні можливості AutoCAD у проєктах автоматизації переважно реалізуються через формат DWG, підключення зовнішніх баз даних і взаємодію з продуктами екосистеми Autodesk, зокрема засобами механічного проєктування та платформами інформаційної моделі. Для специфічних задач автоматизації (зв'язок із PLC-проєктуванням, ERP/PLM-системами) зазвичай застосовуються додаткові скрипти, надбудови або зовнішні програмні рішення, що формують відповідні списки сигналів та специфікації на підставі креслень. Це зберігає гнучкість, але не створює «із коробки» наскрізного інженерного середовища, орієнтованого саме на електротехнічну автоматизацію.

Експлуатаційні характеристики AutoCAD у створенні проєктів автоматизації визначаються його універсальністю та розповсюдженістю. Відносно невисока навчальна крива для користувачів, які вже володіють AutoCAD, багатий досвід використання в різних галузях та широке коло навчальних ресурсів роблять цю платформу привабливою для підприємств, які переходять від ручного або «звичайного» CAD-проєктування до базової автоматизації електричних схем. Водночас відсутність цілісної, компонентно-орієнтованої моделі даних і спеціалізованого панельного середовища обмежує ефективність AutoCAD у великих, багаторазово тиражованих або високостандартизованих проєктах автоматизації, де критично важливо мінімізувати ручні операції та забезпечити повну узгодженість інженерних даних по всьому життєвому циклу системи.

ФУНКЦІОНАЛЬНО-АРХІТЕКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ EPLAN У СТВОРЕННІ ПРОЄКТІВ АВТОМАТИЗАЦІЇ

Функціонально-архітектурні характеристики EPLAN принципово відрізняються від підходу AutoCAD тим, що EPLAN реалізує компонентно- та дано-орієнтовану інженерну платформу, розроблену спеціально для задач електротехнічного проєктування й промислової автоматизації.

Архітектура та модель даних



Ядром EPLAN є платформа, у межах якої EPLAN Electric P8, EPLAN Pro Panel та інші модулі працюють з єдиною проектною моделлю, що базується на централізованій базі даних (Microsoft SQL Server або сумісні рішення). У цій моделі всі сутності – пристрої, їх виводи, з'єднання, кабелі, клеми, панельні об'єкти – описані як елементи єдиного інформаційного простору, до якого мають доступ різні представлення: схемні, табличні, 2D та 3D. Компонентно-орієнтований підхід означає, що символ на схемі, запис у специфікації, позиція в шафі керування та параметри підключення до PLC є не відокремленими графічними об'єктами, а різними проекціями одного й того самого «пристрою» в базі даних.

Проектне керування в EPLAN може бути повністю перенесене на SQL-сервер, де зберігаються не лише каталожні дані (parts database), а й самі проекти, що забезпечує масштабованість, багатокористувацький доступ та підвищену надійність даних. Це створює архітектурну основу для реалізації наскрізних процесів інженерії, коли одна база даних обслуговує як етапи схематичного проектування, так і панельне компоновання, формування документації та інтеграцію з зовнішніми системами (рис. 3).

Функціональні можливості для проектів автоматизації

У сфері проектів автоматизації EPLAN надає розвинений набір засобів для створення та супроводу електричних схем різних типів (однолінійні, багатолінійні, топологічні), включно з автоматизованими крос-референсами, ієрархічним структуруванням проекту (функціональні одиниці, місця встановлення, структури PLC) та підтримкою стандартів документування. Автоматична нумерація з'єднань, генерація кабельних і клемних журналів, списків сигналів, а також відомостей матеріалів (специфікації обладнання) здійснюється безпосередньо з бази даних, без необхідності ручного «витягування» інформації з креслень. Завдяки цьому зміни, внесені на рівні пристрою або з'єднання, одразу відображаються в усіх пов'язаних звітах, що знижує ймовірність помилок та спрощує керування варіантами проекту.

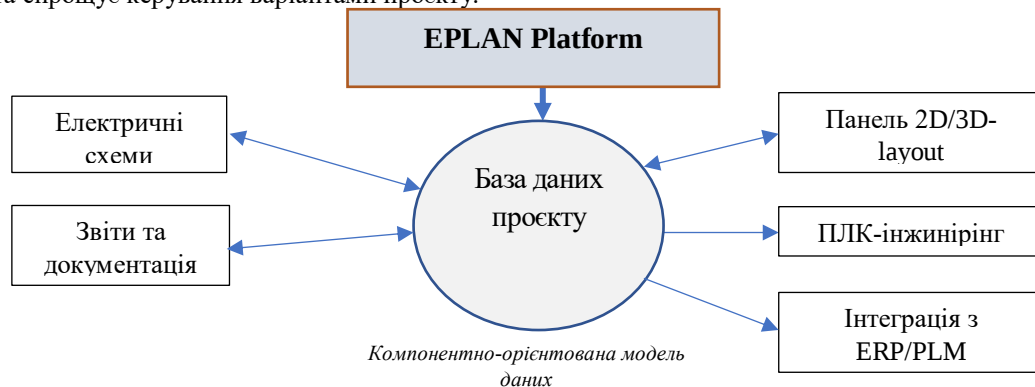


Рис. 3 – Компонентно-орієнтована архітектура платформи EPLAN

Fig. 3 – Component-oriented architecture of the EPLAN platform

EPLAN інтегрує в інженерний процес доступ до великого каталогу даних виробників (EPLAN Data Portal), який містить мільйони конфігурованих пристроїв із повним набором електричних, механічних і логістичних атрибутів. Це дозволяє включати в модель не абстрактні символи, а реальні компоненти з коректними номенклатурними кодами, габаритами, енергетичними чи економічними характеристиками, що є критичним для промислової автоматизації й подальшого зв'язку з ERP/PLM-системами.

Панельний та 3D-layout

Особливе значення для проектів автоматизації має модуль EPLAN Pro Panel, який забезпечує інтегроване 2D/3D-моделювання шаф керування та розподільчих пристроїв на основі тієї ж бази даних, що використовується для схем. Розміщення обладнання, шин, кабельних каналів і клем на 3D-моделі відбувається з використанням каталожних даних, включно з реальними габаритами та монтажними вимогами, а логічні з'єднання (дроти, кабелі, трубопроводи) автоматично враховуються при трасуванні та оцінці монтажних довжин. Такий підхід дозволяє виконувати перевірку заповнення каналів, монтажних відстаней, теплових режимів та інших параметрів ще на етапі проектування, що суттєво зменшує ризики колізій при фізичному складанні шаф і прискорює цикл «проективання – виготовлення».

Інтеграція з іншими системами

EPLAN спроектовано як елемент ширшої інженерної екосистеми: платформа підтримує обмін даними з PLC-інженерними середовищами (наприклад, Siemens TIA Portal), дозволяючи експортувати й імпортувати структуру сигналів, адресацію входів/виходів і пов'язані метадані. Це сприяє зменшенню дублювання роботи між електротехнічним проектуванням та програмуванням контролерів і підвищує узгодженість між схемами та логікою керування. Крім того, наявні засоби інтеграції з ERP- та PLM-системами через стандартизовані формати та структуровані звіти, що дозволяє впроваджувати EPLAN як джерело «золотої» специфікації для виробничих і закупівельних процесів.

Експлуатаційні характеристики

Як інженерна платформа, EPLAN орієнтований насамперед на промислових виробників, машинобудівні та інтеграторські компанії, які працюють із серійними або повторюваними рішеннями в галузі автоматизації.



Високий рівень формалізації моделі даних і потужний функціонал автоматизації зумовлюють відносно круту навчальну криву та потребу в попередній стандартизації шаблонів, макросів і корпоративних бібліотек, але надалі забезпечують значне скорочення трудомісткості на етапах супроводу, модифікації та тиражування проєктів. У результаті EPLAN виступає не стільки як «креслярський інструмент», скільки як інтегрована інженерна платформа для проєктування систем автоматизації, де функціонально-архітектурні рішення безпосередньо підтримують концепції цифрового інженерного середовища та комп'ютерно-інтегрованих технологій.

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ AUTOCAD ТА EPLAN У КОНТЕКСТІ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЄКТУВАННЯ

Для оцінки ефективності застосування універсальних та спеціалізованих CAD/CAE-систем проведено порівняльний аналіз їхніх функціональних та методологічних можливостей. Аналіз базується на таких критеріях: рівень автоматизації, глибина інтеграції, масштабованість, гнучкість та простота впровадження. Саме ці обрані п'ять критеріїв утворюють цілісну систему показників, яка відображає основні виміри ефективності CAD/CAE-засобів у проєктах автоматизації (автоматизація, інтеграція, масштабованість) та враховує практичні аспекти експлуатації (гнучкість, складність впровадження).

На рис. 4 представлено узагальнені результати порівняльного аналізу систем AutoCAD та EPLAN за п'ятьма ключовими критеріями. Показані значення мають характер відносних експертних оцінок за п'ятибальною шкалою і ґрунтуються на аналізі функціональних характеристик обох платформ, описаних у літературі та практичних оглядах [2], [4], [5], [8], [10]. Такий підхід дає змогу не лише якісно порівняти системи, а й візуалізувати баланс їхніх сильних і слабких сторін у контексті автоматизації проєктування.

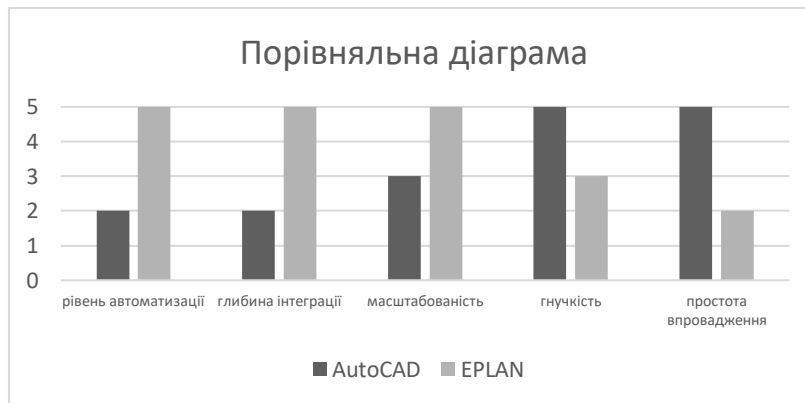


Рис. 4 – Порівняння AutoCAD та EPLAN за ключовими критеріями
Fig. 4 – Comparison of AutoCAD and EPLAN by key criteria

ОБГОВОРЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ

За критеріями «рівень автоматизації» та «глибина інтеграції» EPLAN отримує суттєво вищі оцінки, що відображає його компонентно-орієнтовану архітектуру, використання єдиної SQL-моделі даних, автоматизовану генерацію BOM, кабельних і клемних журналів, а також підтримку інтеграції з PLC-інструментами та ERP/PLM-системами. AutoCAD, натомість, демонструє нижчий рівень спеціалізованої автоматизації й більш обмежену інтеграцію, оскільки його модель даних залишається переважно файлово-орієнтованою та креслярсько-центричною, а зв'язок із зовнішніми системами вимагає додаткових скриптів або сторонніх рішень. За критерієм «масштабованість» EPLAN також оцінюється вище, що пов'язано з можливістю зберігання проєктів на сервері SQL, багатокористувацьким доступом і кращою підтримкою великих, стандартизованих і багаторазово тиражованих проєктів автоматизації.

Водночас діаграма демонструє перевагу AutoCAD за критерієм «гнучкість». Це відповідає його позиціонуванню як універсальної CAD-платформи, яка легко адаптується до різних типів креслень, корпоративних стандартів оформлення та змішаних проєктних середовищ, де електрична частина не є домінуючою. У той же час EPLAN отримує нижчу оцінку за «простотою впровадження»: жорстко структурована модель даних, необхідність попередньої стандартизації бібліотек, макросів і проєктних шаблонів, а також потреба у спеціалізованому навчанні роблять стартові витрати часу й ресурсів значно більшими порівняно з AutoCAD. Таким чином, нижче значення за цим критерієм для EPLAN інтерпретується як більша вимогливість до організаційної та методологічної готовності підприємства, але водночас – як індикатор потенційно більшого виграшу на етапах супроводу й розвитку проєктного портфеля.

У цілому, за результатами дослідження, можна констатувати, що AutoCAD і EPLAN не є взаємозамінними, а займають різні «ніші» в просторі вимог до автоматизації проєктування. AutoCAD доцільно використовувати там, де пріоритетами є універсальність, сумісність з уже наявною DWG-спадщиною та відносно низький поріг входу, тоді як EPLAN є більш виправданим вибором для великих і стандартизованих проєктів промислової автоматизації, де критичними є високий рівень автоматизації, інтеграції та масштабованості.



З погляду автоматизації комп'ютерно-інтегрованих технологій отримані результати можна інтерпретувати так: AutoCAD забезпечує базовий рівень цифровізації та автоматизації на рівні створення й підтримки документації, тоді як EPLAN набагато краще відповідає вимогам до семантично багатого представлення системи керування, необхідного для подальшого підключення до CAE-процедур і реалізації концепцій цифрового двійника в електротехнічній частині. Це узгоджується з тенденціями до повної автоматизації CAD/CAE-інтеграції, де пропонуються підходи, в яких параметри аналізу й граничні умови можуть витягуватися з інженерних моделей автоматично, з мінімальною участю проєктувальника. Для систем автоматизації це означає, що в перспективі на основі даних EPLAN можуть бути побудовані автоматизовані ланцюги аналізу: від вибору конфігурації обладнання до перевірки відповідності вимогам по навантаженню, селективності захистів, енергетичній ефективності тощо.

Разом із тим, дослідження та практика впровадження CAD/CAE-систем показують, що потенціал інтеграції реалізується лише за умови глибокої адаптації робочих процесів підприємства, стандартизації даних і навчання персоналу. У цьому плані AutoCAD і EPLAN формують різні траєкторії переходу до інтегрованого цифрового середовища: перший дозволяє поступово нарощувати рівень автоматизації й CAD/CAE-інтеграції на основі вже існуючих креслярських практик, другий – вимагає більшої початкової трансформації, але надає суттєво вищий потенціал для створення наскрізних, дано-орієнтованих інженерних процесів у галузі автоматизації. З огляду на це, вибір між AutoCAD і EPLAN у контексті CAD/CAE-інтеграції доцільно розглядати не як «або – або», а як питання довгострокової стратегії цифрового розвитку: AutoCAD – як інструмент поступового підвищення зрілості CAD-практик, EPLAN – як платформа для побудови інтегрованих інженерних ланцюгів, орієнтованих на комп'ютерно-інтегровані технології та майбутнє розширення в бік повноцінних цифрових двійників систем керування.

ВИСНОВКИ

Проведене дослідження показало, що AutoCAD (у тому числі AutoCAD Electrical) та EPLAN репрезентують два принципово різні підходи до підтримки проєктів автоматизації в галузі комп'ютерно-інтегрованих технологій. AutoCAD забезпечує високу гнучкість і сумісність як універсальна CAD-платформа, що полегшує інтеграцію з уже наявними ресурсами та практиками оформлення документації, однак характеризується обмеженим ступенем спеціалізованої автоматизації електротехнічних процедур. Натомість EPLAN, будучи спеціалізованою CAE-системою, демонструє значно вищий рівень автоматизації обробки інженерних даних, інтеграції схем, специфікацій та панельного моделювання, що особливо важливо для великих та серійних проєктів промислової автоматизації.

Отримані результати дозволяють сформулювати такі узагальнені рекомендації. Для невеликих та змішаних проєктів, де електрична частина не домінує, доцільним є використання AutoCAD як базової платформи з можливим залученням окремих CAE-модулів. Для комплексних систем автоматизації зі значною кількістю типових рішень, високими вимогами до стандартизації та інтеграції з PLC/ERP-середовищами, пріоритетною є орієнтація на EPLAN як основну CAE-платформу. Перспективним напрямом подальших досліджень є розробка методів формалізованої CAD/CAE-інтеграції між AutoCAD та EPLAN, включно з використанням нейромережових і онтологічних підходів до автоматизованого синтезу схем і трансформації інженерних моделей в умовах цифрового виробництва.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- [1]. Xie C. Learning and teaching engineering design through modeling and simulation on a CAD platform / C. Xie, C. Schimpf, J. Chao [та ін.] // *Computer Applications in Engineering Education*. – 2018. – P. 824–840.
- [2]. Fernandes F. A. O. Integrating CAD/CAE/CAM in Engineering Curricula: A Project-Based Learning Approach / F. A. O. Fernandes, N. Fuchter Júnior, A. Daleffe [та ін.] // *Education Sciences*. – 2020. – Vol. 10, № 5, art. 125. – DOI: 10.3390/educsci10050125.
- [3]. Kyratsis P. Advances in CAD/CAM/CAE Technologies / P. Kyratsis, K. Kakoulis, A. P. Markopoulos // *Machines*. – 2020. – Vol. 8, № 1, art. 13. – DOI: 10.3390/machines8010013.
- [4]. Chandrasegaran S. K. The evolution, challenges, and future of knowledge representation in CAD / S. K. Chandrasegaran, K. Ramani, R. D. Sriram [та ін.] // *Computer-Aided Design*. – 2013. – Vol. 25, iss. 2. – P. 204–228. – DOI: 10.1016/j.cad.2012.08.006.
- [5]. Hube S. Seamless Integration of Analysis and Design: Automatic CAD Reconstruction of post-analysis geometries / S. Hube, R. Pohlmann, S. Elgeti // *Computer-Aided Design*. – 2023. – Vol. 1, iss. 2. – P. 162–179. – DOI: 10.3934/acse.2023007.
- [6]. Yang S. Triple-parametric autoencoder for CAD geometry representation / S. Yang, J. Wang // *Computer-Aided Design*. – 2025. – Vol. 189. – DOI: 10.1016/j.cad.2025.103936.
- [7]. Țițu A. M. Implementation of CAD/CAM/CAE Systems for Improved Design and Manufacturing Processes / A. M. Țițu, A. B. Pop // *Proceedings of the International Conference on Business Excellence*. – 2024. – Vol. 18, iss. 1. – P. 3069–3078. – DOI: 10.2478/picbe-2024-0253.



- [8]. Ciorap M. A Computer Aided Design Software Comparative Study with Applications in Industry 4.0 / M. Ciorap, D. Gures, C. G. Dumitraş // Bulletin of the Polytechnic Institute of Iaşi. – 2022. – Vol. 18, iss. 1. – P. 47–68. – DOI: 10.2478/bipcm-2022-0004.
- [9]. Joshi N. Computer-Aided Design and Engineering for Product Design and Manufacturing // Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry. – 2020. – Vol. 11, № 3. – P. 783–797. – DOI: 10.52783/tojqi.v11i3.10003.
- [10]. Надкернична Т. Автоматизація проектування в AutoCAD за допомогою груп та блоків / Т. Надкернична, О. Лебедева // Прикладна геометрія та інженерна графіка. – 2021. – № 101. – С. 148–155. – DOI: 10.32347/0131-579X.2021.101.148-155.
- [11]. Handge P. V. Implementation of CAD/CAM/CAE Systems in Industrial Organizations / P. V. Handge, P. V. Chopde [та ін.] // IJIIRD. – 2025. – Vol. 10, iss. 1. – P. 15–162. – DOI: 10.5281/zenodo.16413048.

REFERENCES

- [1]. Xie C. Learning and teaching engineering design through modeling and simulation on a CAD platform / C. Xie, C. Schimpf, J. Chao [та ін.] // Computer Applications in Engineering Education. – 2018. – P. 824–840.
- [2]. Fernandes F. A. O. Integrating CAD/CAE/CAM in Engineering Curricula: A Project-Based Learning Approach / F. A. O. Fernandes, N. Fuchter Júnior, A. Daleffe [та ін.] // Education Sciences. – 2020. – Vol. 10, № 5, art. 125. – DOI: 10.3390/educsci10050125.
- [3]. Kyratsis P. Advances in CAD/CAM/CAE Technologies / P. Kyratsis, K. Kakoulis, A. P. Markopoulos // Machines. – 2020. – Vol. 8, № 1, art. 13. – DOI: 10.3390/machines8010013.
- [4]. Chandrasegaran S. K. The evolution, challenges, and future of knowledge representation in CAD / S. K. Chandrasegaran, K. Ramani, R. D. Sriram [та ін.] // Computer-Aided Design. – 2013. – Vol. 25, iss. 2. – P. 204–228. – DOI: 10.1016/j.cad.2012.08.006.
- [5]. Hube S. Seamless Integration of Analysis and Design: Automatic CAD Reconstruction of post-analysis geometries / S. Hube, R. Pohlmann, S. Elgeti // Computer-Aided Design. – 2023. – Vol. 1, iss. 2. – P. 162–179. – DOI: 10.3934/acse.2023007.
- [6]. Yang S. Triple-parametric autoencoder for CAD geometry representation / S. Yang, J. Wang // Computer-Aided Design. – 2025. – Vol. 189. – DOI: 10.1016/j.cad.2025.103936.
- [7]. Țițu A. M. Implementation of CAD/CAM/CAE Systems for Improved Design and Manufacturing Processes / A. M. Țițu, A. B. Pop // Proceedings of the International Conference on Business Excellence. – 2024. – Vol. 18, iss. 1. – P. 3069–3078. – DOI: 10.2478/picbe-2024-0253.
- [8]. Ciorap M. A Computer Aided Design Software Comparative Study with Applications in Industry 4.0 / M. Ciorap, D. Gures, C. G. Dumitraş // Bulletin of the Polytechnic Institute of Iaşi. – 2022. – Vol. 18, iss. 1. – P. 47–68. – DOI: 10.2478/bipcm-2022-0004.
- [9]. Joshi N. Computer-Aided Design and Engineering for Product Design and Manufacturing // Turkish Online Journal of Qualitative Inquiry. – 2020. – Vol. 11, № 3. – P. 783–797. – DOI: 10.52783/tojqi.v11i3.10003.
- [10]. Nadkernichna T. Avtomatizatsiia proektuvannia v AutoCAD za dopomohoiu hrup ta blokiv / T. Nadkernichna, O. Lebedeva // Prykladna heometriia ta inzhenerna hrafika. – 2021. – № 101. – С. 148–155. – DOI: 10.32347/0131-579X.2021.101.148-155.
- [11]. Handge P. V. Implementation of CAD/CAM/CAE Systems in Industrial Organizations / P. V. Handge, P. V. Chopde [та ін.] // IJIIRD. – 2025. – Vol. 10, iss. 1. – P. 15–162. – DOI: 10.5281/zenodo.16413048.

Отримана в редакції 27.04.2026. Прийнята до друку 06.05.2026. Розміщено в інтернеті 31 травня 2026.
Received 27 April 2026. Approved 06 May 2026. Available in Internet 31 May 2026