

<https://doi.org/10.31891/2307-5732-2025-351-63>
УДК 664.72-021.465:631.24:536.51

СОКОЛОВСЬКА ОЛЕНА

Одеський національний технологічний університет
<https://orcid.org/0000-0003-4326-1932>
[e-mail: sokolovskaya_alena@ukr.net](mailto:sokolovskaya_alena@ukr.net)

ВАЛЕВСЬКА ЛЮДМИЛА

Одеський національний технологічний університет
<https://orcid.org/0000-0003-0511-5643>
[e-mail: ludmila_valev@ukr.net](mailto:ludmila_valev@ukr.net)

ЦЮНДИК ОЛЕКСАНДР

Одеський національний технологічний університет
<https://orcid.org/0000-0003-1846-3110>
[e-mail: malik2008ts@gmail.com](mailto:malik2008ts@gmail.com)

БОРДУН ТЕТЯНА

Одеський національний технологічний університет
<https://orcid.org/0000-0001-9522-5090>
[e-mail: bordun.tatjana@gmail.com](mailto:bordun.tatjana@gmail.com)

ВИКОРИСТАННЯ CAD-СИСТЕМ ПРИ ПРОЄКТУВАННІ ПІДПРИЄМСТВ ЗЕРНОВОЇ ГАЛУЗІ

У статті розглянуто основні аспекти використання CAD-систем у проєктуванні підприємств зернової галузі, що є ключовим фактором підвищення ефективності, точності та швидкості розробки проєктної документації. Проаналізовано функціональні можливості сучасних САПР, їхній вплив на оптимізацію технологічних процесів та інтеграцію з іншими інформаційними системами, такими як BIM (Building Information Modeling), CAE (Computer-Aided Engineering) та PLM (Product Lifecycle Management).

Представлено огляд сучасних CAD-систем, що застосовуються у промисловому проєктуванні, включаючи AutoCAD, SolidWorks, Revit, Bentley OpenPlant, AVEVA PDMS та інші. Зазначено їхні переваги у створенні комплексних цифрових моделей підприємств, включаючи 2D-креслення, 3D-моделювання та параметричне проєктування, що забезпечує детальну візуалізацію конструкцій та технологічного обладнання.

Особлива увага приділяється інтеграції CAD-систем з іншими інформаційними технологіями. Розглянуто використання BIM-технологій для управління життєвим циклом будівельних об'єктів та можливість застосування CAE для проведення інженерних розрахунків міцності, аеродинаміки та теплопередачі. Відзначено роль систем PLM у створенні комплексного інформаційного середовища для управління проєктною документацією та координації роботи між різними відділами.

Застосування систем автоматизованого проєктування в зерновій галузі має переваги: автоматизації процесів, зниження витрат на матеріали, мінімізація помилок на етапі планування та підвищення ефективності взаємодії між проєктувальниками, будівельниками та виробниками обладнання.

У висновках підкреслено, що використання сучасних CAD-систем дозволяє значно покращити якість проєктування підприємств зернової галузі, забезпечуючи гнучкість, точність і ефективність усіх стадій розробки. Запропоновано рекомендації щодо вибору програмного забезпечення залежно від специфіки завдання та масштабу проєкту, а також визначено перспективи подальшого розвитку цифрових технологій у проєктуванні зернопереробних комплексів.

Ключові слова: CAD-системи, проєктування, підприємства зернової галузі, система автоматизованого проєктування.

SOKOLOVSKA OLENA, VALEVSKA LIUDMYLA, TSIUNDYK OLEKSANDR, BORDUN TATIANA
Odesa National University of Technology

USE OF CAD SYSTEMS IN THE DESIGN OF GRAIN INDUSTRY ENTERPRISES

The article considers the main aspects of using CAD systems in the design of grain industry enterprises, which is a key factor in increasing the efficiency, accuracy and speed of development of design documentation. The functional capabilities of modern CAD systems are analyzed, their impact on the optimization of technological processes and integration with other information systems, such as BIM (Building Information Modeling), CAE (Computer-Aided Engineering) and PLM (Product Lifecycle Management).

An overview of modern CAD systems used in industrial design is presented, including AutoCAD, SolidWorks, Revit, Bentley OpenPlant, AVEVA PDMS and others. Their advantages in creating complex digital models of enterprises, including 2D drawings, 3D modeling and parametric design, which provides detailed visualization of structures and technological equipment, are noted.

Special attention is paid to the integration of CAD systems with other information technologies. The use of BIM technologies for managing the life cycle of construction objects and the possibility of using CAE for engineering calculations of strength, aerodynamics and heat transfer are considered. The role of PLM systems in creating a comprehensive information environment for managing project documentation and coordinating work between different departments is noted.

The use of computer-aided design systems in the grain industry has the following advantages: process automation, reducing material costs, minimizing errors at the planning stage and increasing the efficiency of interaction between designers, builders and equipment manufacturers.

The conclusions emphasize that the use of modern CAD systems allows significantly improving the quality of design of grain industry enterprises, ensuring flexibility, accuracy and efficiency of all stages of development. Recommendations are offered for the selection of software depending on the specifics of the task and the scale of the project, and the prospects for further development of digital technologies in the design of grain processing complexes are also determined.

Keywords: CAD systems, design, grain industry enterprises, automated design system.

Постановка проблеми

У сучасних умовах розвитку аграрного сектору України особливого значення набуває ефективне проектування підприємств зернової галузі. Висока конкуренція, необхідність оптимізації виробничих процесів, зменшення витрат та підвищення продуктивності зумовлюють активне впровадження автоматизованих систем проектування (CAD-систем). Використання таких технологій дає змогу значно скоротити час на розробку проєктів, мінімізувати помилки та покращити якість кінцевої продукції.

Підприємства зернової галузі займаються прийманням, очищенням, сушінням, зберіганням та переробкою зерна. Проектування таких об'єктів потребує врахування багатьох факторів: технологічних процесів, вимог до зберігання продукції, логістичних рішень, енергоефективності та екологічної безпеки. Автоматизовані системи проектування дозволяють значно спростити та прискорити ці процеси.

Проектування – складний процес колективної творчої роботи спеціалістів різних галузей народного господарства [1-3]. Проєктні роботи виконують проєктні організації, користуючись нормами технічного проектування, розробленими головною проєктною організацією. Проєктна організація та її посадові особи несуть відповідальність за:

- застосування в проєктах ефективних технологічних процесів; високопродуктивного обладнання, яке забезпечує високі продуктивності праці, якість продукції;
- прогресивні компонувальні рішення;
- гарні умови праці; - заходи щодо охорони навколишнього середовища;
- дотримання під час проектування чинних інструкцій, будівельних норм і правил, норм технологічного проектування та ін.;
- якість, повноту і своєчасне розроблення проєкту;
- якісне здійснення авторського нагляду при будівництві об'єкту.

Сучасні технології, що відповідають вимогам продуктивності, ефективності та сталого розвитку, стають дедалі складнішими та інноваційнішими завдяки широкому застосуванню систем графічного проектування (CAD), інженерного моделювання, аналізу та симуляції фізичних процесів (CAE), а також комп'ютерного управління виробничими процесами (CAM) [4-6].

На сьогодні особливо важливим є питання підвищення ефективності використання та зменшення енергоспоживання технологічного обладнання для переробки зернових культур.

Однак реалізація новітніх рішень у виробництві гальмується низкою як об'єктивних, так і суб'єктивних чинників. Одним із ключових бар'єрів є недостатня кількість даних про механічні характеристики зернових матеріалів, зокрема про ті, що визначають їхню міцність [4].

Аналіз останніх досліджень

Проектування – це процес створення опису, необхідного для розробки ще неіснуючого об'єкта в заданих умовах, на основі його характеристики або алгоритму функціонування. Цей процес охоплює широкий спектр робіт, включаючи пошук, аналіз, розрахунки та конструювання, з наказом отримання повного й достатнього опису для виготовлення нового виробу або впровадження нового технологічного процесу [7-10].

Розробка нових промислових виробів вимагає значного обсягу проєктних робіт. Водночас, із зростанням складності об'єктів, які проєктуються, зростають і вимоги до якості, термінів виконання та ефективності проектування. Проте збільшення кількості фахівців не завжди є доцільним після, можливості одночасного виконання проєктних завдань

Автоматизоване проектування базується на системному використанні комп'ютерної техніки, що дозволяє оптимально розподілити функції між оператором і машиною. Комп'ютер бере на себе розв'язання формалізованих завдань, виконання яких у цифровому середовищі є ефективнішим, ніж ручне. До таких завдань належить створення технічної документації, проектування планування розміщення обладнання та розв'язання

Чіткої межі між автоматизованим і традиційним проектуванням не існує, вона змінюється у зв'язку з розвитком математичних методів, обчислювальної техніки та теорії проектування. Основними аспектами автоматизації є формалізація проєктних процедур, типізація процесів, розробка моделей, алгоритмів та методів розв'язання задач. Важливим є також створення мов програмування,

Автоматизоване проектування здійснюється взаємодією інженера-проектувальника з комп'ютером у процесі розробки, що дозволяє значно підвищити точність, швидкість та ефективність виконання.

Система автоматизованого проектування і розрахунку — комп'ютерна система обробки інформації, що призначена для автоматизованого проектування (CAD), розроблення (CAE) і виготовлення (CAM) кінцевого продукту, а також оформлення конструкторської та/або технологічної документації. Дані з CAD-систем передаються в CAM [7, 9–11].

Абревіатуру **CAD (Computer-Aided Design)** використовують для позначення автоматизованих систем проектування з використанням комп'ютерних технологій. Як правило, CAD-системи застосовують для дво- або тривимірного геометричного моделювання та дизайну інженерних виробів, а також оформлення проектної документації в програмному середовищі.

CAM (Computer-Aided Manufacturing) – це системи автоматизації виробництва за допомогою комп'ютера. CAM-системи реалізують автоматизацію рішення геометричних задач в технологічних процесах, передачі інформації і управління обладнанням та приладами, необхідними для виготовлення деталі.

CAE (Computer Aided Engineering) – системи інженерного аналізу для проведення чисельних розрахунків за допомогою комп'ютерної техніки, що, як правило, ґрунтуються на використанні методу кінцевих елементів.

Всі ці процеси доповнюють один одного і, як правило, реалізуються в інтегрованих CAD / CAM або CAD / CAM / CAE-системах, які є інноваційними, максимально наукомісткими продуктами, які використовуються в багатьох галузях.

Застосування CAD / CAM / CAE-систем дозволяє скоротити витрати часу і коштів на проектування, планування і виготовлення складних інженерних деталей, підвищує якість і технічний рівень результатів проектування, зменшує витрати на натурне моделювання та випробування.

CAD / CAM / CAE-система передбачає наявність ряду компонентів, зокрема технічного забезпечення (електронно-обчислювальна техніка, системи телекомунікацій, обладнання для виготовлення деталі з числовим програмним управлінням – 3D-принтери, фрезерні верстати і т.п.), програмного забезпечення (комплекс програм, які дають можливість проводити геометричне моделювання та інженерні розрахунки, зберігання та передавання інформації на пристрій, що забезпечують виготовлення деталей), певних класів завдань) і ін.

Цифрова революція призвела до глибоких змін у проектуванні та виробництві виробів та систем. Разом з ними з'явилося багато нових технологій, термінів та абревіатур, нюанси яких можуть бути незначними, але вкрай важливими.

CAD (Computer Aided Design):

ПодСАПР розуміється підтримка конструктивних завдань з допомогою ЕДП виробництва виробів чи систем. Ці конструктивні завдання можуть вирішуватися за допомогою 2D або 3D-моделювання. В даний час САПР вже використовується не тільки для створення чисто геометричних моделей, але і для підтримки подальших етапів, таких як створення виробничих креслень, моделювання, розрахунки МКЕ або отримання інформації для виробничого відділу. САПР використовується у всіх галузях виробництва, найбільш помітними з яких є автомобільна, аерокосмічна, швейна, хімічна та фармацевтична промисловість або проектування будівель (BIM). Сьогодні відповідні компанії буквально розпечені вибором при виборі системи САПР, оскільки це залежить від індивідуальних потреб компанії та її робочих процесів. До додатків входять NX, AutoCAD, CATIA, SolidWorks, Inventor, Revit та багато інших [7, 9 –12]

CAE (Computer Aided Engineering):

CAE описує застосування методів математичного аналізу та моделювання за допомогою комп'ютера у процесі розробки виробів. CAE підтримує САПР і може використовуватися для розрахунку, обчислення, моделювання чи оптимізації виробів чи процесів. Використання CAE скорочує час розробки, знижує виробничі витрати та підвищує якість продукції. Можливі помилки проектування можуть бути виявлені та оптимізовані, наприклад, за допомогою рішень з моделювання, що означає необхідність меншої кількості фізичних прототипів. Для цього використовуються наприклад ANSYS, Abaqus, COMSOL, Siemens Simcenter або Altair HyperWorks.

BIM (Building Information Modelling):

BIM - це цифровий робочий метод для планування, виконання та управління будівлями. У цьому методі подекуди простежуються паралелі з області Індустрії 4.0, наприклад, з цифровим двійником. У BIM тривимірні моделі будівель також створюються та оновлюються за допомогою САПР. Ці моделі складаються не тільки з геометрії, але й містять важливу інформацію, таку як матеріали, показники ізоляції, енергоспоживання, вартість і графіки робіт. Autodesk Revit, Graphisoft або Allplan є прикладами програмного забезпечення, яке підтримує BIM-планування. EDA (Electronic Design Automation): EDA – це процес автоматизованого проектування мікроелектроніки. Програмне забезпечення EDA дозволяє інженерам-електрикам проектувати та аналізувати складні схеми та системи, такі як інтегральні мікросхеми (ІМС), друковані плати (ПП) та системи-на-кристалі (SoC). Інструменти EDA включають моделювання схем, генерацію макетів і перевірку правил проектування. Використовуються такі програмні рішення, як Cadence Design Systems, Mentor Graphics, Synopsis або Altium Design.

Метою дослідження є порівняння різних CAD систем, таких як AutoCAD, Revit, ArchiCAD та SolidWorks, з метою з'ясування їхнього функціоналу, можливостей та обмежень.

Дослідження систем CAD є важливим для вибору найкращого інструмента для комп'ютерного проектування, оскільки він може вплинути на продуктивність, ефективність та якість проекту.

Таблиця 1

Характеристика програмних проєктних систем [12]

Термін	Програмні системи	Область застосування
САПР	AutoCAD, SolidWorks, CATIA, Creo, Inventor, Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Bentley Systems	Архітектура, машинобудування, розробка виробів, промисловий дизайн, ландшафтне планування, транспорт, будівництво, інжиніринг
CAE	ANSYS, Abaqus, COMSOL, Siemens Simcenter, Altair HyperWorks	Структурний аналіз, аналіз систем управління, тепловий аналіз та аналіз рідин, аналіз вібрацій, краш-тести, оптимізація продуктів або процесів, електромагнітні системи
BIM	Системи автоматизованого проєктування, що підтримують планування BIM: Autodesk Revit, Graphisoft ArchiCAD, Bentley Systems.	Управління будинками, інфраструктурні проєкти, містобудування
EDA	Cadence Design Systems, Mentor Graphics, Synopsis, Altium Designer	Електроніка, проєктування схем, інтегральні мікросхеми (ІМС), друковані плати (ДП), проєктування систем на кристалі (SoC)

Огляд кожної системи надасть уявлення про її основні характеристики, спеціалізацію та застосування в різних галузях проєктування. Порівняння систем CAD допоможе встановити їхні переваги та недоліки, а також визначити, яка система може бути найбільш підходящою для конкретних потреб проєкту та галузі.

Обговорення результатів

Сучасні програмні комплекси для автоматизованого проєктування охоплюють широкий спектр можливостей – від 2D-векторного креслення до створення 3D-моделей твердих тіл і поверхонь. Більшість CAD-систем підтримують тривимірне обертання об'єкта, що дає змогу розглядати його під будь-яким кутом, зокрема зсередини. Окремі програми CAD оснащені функціями динамічного математичного моделювання [3,13].

Технології CAD активно застосовуються для розробки інструментів, механізмів і різних типів будівельних споруд – від приватних житлових будинків до масштабних промислових комплексів, таких як заводи та лікарні. Основна сфера використання CAD – деталізоване проєктування 3D-моделей і 2D-креслень фізичних компонентів, проте його застосування охоплює весь життєвий цикл проєкту: від концептуальної розробки та компонування до аналізу міцності, динамічних характеристик і вибору методів виробництва. Також CAD використовується для проєктування предметів інтер'єру, побутової техніки, прикрас тощо.

Багато сучасних CAD-систем мають розширені можливості рендерингу та анімації, що допомагають інженерам візуалізувати свої проєкти з максимальною точністю. Одним із важливих напрямків у сфері віртуального будівельного моделювання є 4D BIM, що поєднує геометричні дані з інформацією про часові параметри або графіки робіт, що дає змогу ефективніше керувати будівельними проєктами.

Значущість CAD у сфері комп'ютерних технологій пояснюється його численними перевагами, серед яких суттєве зниження витрат на розробку та скорочення термінів проєктування. Використання цих систем дозволяє інженерам створювати, редагувати та зберігати проєкти в цифровому форматі, а також друкувати креслення, що значно економить час [3,13].

Застосування сучасних інформаційних технологій у проєктуванні транспортної інфраструктури сприяє збільшенню міжремонтних інтервалів, покращенню якості проєктів і скороченню часу їх реалізації. Використання CAD у прогностичному режимі дає змогу моделювати поведінку мостових конструкцій під різними навантаженнями та оперативно ухвалювати рішення щодо їхнього посилення.

Конкуренція між розробниками програмного забезпечення для будівельного моделювання стимулює створення інтуїтивно зрозумілих інтерфейсів, впровадження стандартних шаблонів проєктних рішень і надання користувачам професійної технічної підтримки. Це значно спрощує роботу інженерів-проєктувальників, хоча й не виключає необхідності глибокого розуміння математичних моделей та особливостей проєктування транспортних споруд.

Сучасні програмні продукти для автоматизації проєктування будівельних споруд, умовно можна поділити на три групи:

1. Обчислювальні системи, призначені для аналізу міцності конструкцій.
2. Програми для виконання перевірок несучої здатності елементів конструкцій на відповідність чинним нормам проєктування.
3. Проєктувальні програми, що виконують формування та випуск робочих креслень, специфікацій та інших матеріалів, передбачених проєктом.

Такий поділ є дещо умовним, оскільки в складі обчислювальних систем можуть бути, наприклад, модулі для розрахунку арматури у залізобетонних конструкціях або перевірки металевих перерізів. Аналогічно, програми другої групи можуть містити засоби для формування креслень.

Сучасні програмні засоби для автоматизованого проектування будівельних споруд можна умовно розділити на три основні категорії:

Обчислювальні системи, призначені для аналізу міцності конструкцій.

Програми для перевірки несучої здатності конструктивних елементів відповідно до чинних нормативів.

Проектувальні системи, що автоматизують створення робочих креслень, специфікацій та інших документів, необхідних для реалізації проекту.

Окрім цього, існує значна кількість допоміжного програмного забезпечення, яке сприяє інформаційній підтримці проектного процесу. До таких програм відносяться:

Бази даних матеріалів, профілів металопродукції, арматури тощо.

Електронні довідники нормативної документації.

Спеціалізовані розрахункові інструменти для визначення навантажень, розрахунку перерізів, оцінки коефіцієнтів пружної основи тощо.

Допоміжні програми можуть функціонувати автономно або бути інтегрованими з іншими програмними комплексами.

Обчислювальні системи. Програмні засоби першої групи, які використовуються для аналізу міцності будівельних конструкцій, мають широкий спектр функцій і можливостей. Всі вони базуються на методі скінченних елементів та оснащені потужними графічними інструментами для створення розрахункових моделей і візуалізації отриманих результатів. Тут присутні потужні універсальні обчислювальні системи, такі, наприклад, як ANSYS, ADINA, COSMOS, NASTRAN, не прив'язані до якоїсь певної сфери застосувань. Їхню відмінну особливість становить орієнтація на багатодисциплінарність проблеми (пружність, пластичність, теплофізика, магнітодинаміка, гідрогазодинаміка та ін.) і на розв'язання задач із сотнями тисяч і мільйонами невідомих [14].

Існує велика кількість систем, орієнтованих на аналіз міцності конструкцій будівель та споруд. Серед них такі популярні в Україні системи, як ЛІРА [15] та SCAD [16], зарубіжні програми Sofistic, Midas Civil [17, 18], SAP 2000, GTSTRUDL, STAD, ROBOT та ін.

Особливістю цих програм є спеціалізовані графічні інструменти для створення розрахункових схем (препроцесор) і аналізу результатів (постпроцесор), що орієнтовані саме на будівельну галузь. Крім того, вони інтегрують каталоги матеріалів та профілів, мають специфічні модулі аналізу, наприклад: побудова ліній впливу; розрахунки з урахуванням сейсмічних навантажень; аналіз впливу вітрових пульсацій тощо.

Таким чином, сучасні CAD/CAE-системи охоплюють широкий спектр завдань, дозволяючи не лише проводити детальні розрахунки, а й оптимізувати процеси проектування та документообігу.

Серед універсальних розрахункових комплексів, не прив'язаних до конкретної галузі, можна виділити ANSYS, ADINA, COSMOS, NASTRAN. Вони призначені для вирішення багатокomпонентних задач, що охоплюють механіку деформованого твердого тіла, теплофізику, електромагнітні процеси, гідро- та аеродинаміку. Такі системи дозволяють аналізувати об'єкти з мільйонами невідомих параметрів.

Програмні засоби для проектування будівельних конструкцій. Для розрахунку будівельних споруд широко використовуються як вітчизняні, так і зарубіжні програмні комплекси, зокрема:

Українські системи: ЛІРА, SCAD.

Зарубіжні програми: Sofistic, Midas Civil, SAP 2000, GTSTRUDL, STAD, ROBOT тощо.

Особливу популярність у проектувальників здобули об'єктно орієнтовані програми для перевірки елементів конструкцій на відповідність вимогам норм проектування (ми віднесли їх до другої групи). Інколи їх називають "калькуляторами". Ці програми можуть бути спеціалізованими та перевіряти елементи певного виду (наприклад, тільки елементи сталевих конструкцій). До них можна віднести КРИСТАЛЛ, АРБАТ, КАМІН, які входять до складу інтегрованої системи SCAD Office, ОМ СНІП Железобетон, ПРУСК, Фундамент та ін. Перевагою таких програм є детальна розробка розрахункових положень нормативних документів та простота звернення (зручність користувацького інтерфейсу), що робить їх незамінним інструментом інженерів-проектувальників. Існують і універсальні програми, в яких виконуються перевірки елементів конструкцій різного виду, наприклад, Structural Engineering Library, СПИН. І ті, й інші програми можуть мати засоби для виготовлення креслень, специфікацій, хоча це, найчастіше, ескізи високого рівня готовності, а не готова проектна документація [14].

Нарешті, до третьої групи входять так звані проектувальні програми та системи, які на основі результатів аналізу міцності конструкцій та нормативних розрахунків елементів формують проектну документацію. Серед них можна виділити систему ALLPLOT (система проектування у складі комплексної системи архітектурно-будівельного проектування ALLPLAN), програми МОНОЛІТ та КОМЕТА (у складі SCAD Office), ФОК, модулі БАЛКА, КОЛОННА, ПЛИТА, СТІНА.

Серед найбільш придатних для проектування будівельних конструкцій варто відзначити ПК: STRAP (Ізраїль), NASTRAN, STRUDL, ANSYS, COSMOS, ADINA (США), DIANA (Голландія), ROBOT

(Франція), SCAD, ЛІРА, МОНОМАХ (Україна). Спеціалісти, який займається безпосередньо проєктуванням будівельних об'єктів, звичайно, надають перевагу тому ПК, що має конструктивні системи, в яких реалізовані стандарти та норми того регіону, для якого спеціаліст виконує проєктування. Американські програми, які мають конструювальні підсистеми (виконують підбір та перевірку перерізів ЗБК і металевих конструкцій, видають робочі креслення), в основному реалізують норми США і Канади. Європейські програми, включаючи STARK, SCAD і ЛІРА, реалізують Єврокод. У ПК STARK, SCAD, ЛІРА, МОНОМАХ реалізовані також норми ряду країн, тому для нашого регіону саме ці ПК є найпривабливішими [7,14].

Таблиця 2

Функціональний огляд найпоширеніших CAD-програм

Можливості	GStar CAD	AutoCAD	ZWCAD	Bricscad	ProgeCAD	BtoCAD	nanoCAD
Публікація креслень (в DWF)	+	+	+	+	+	—	+
Об'єктна прив'язка	+	+	+	+	+	+	+
Автоматичне відновлення креслень	+	+	+		—	—	—
Калькулятор	+	+	+	—	—	—	—
Полярне відстеження	+	+	+	+	+	+	+
Обрізання штрихування	+	+	+	+	+	Частково	Частково
Диспетчер шарів, блоків та типів ліній	+	+	+	+	+	+	+
Шрифти SHX и TTF	+	+	+	+	+	+	+
Зовнішні посилання	+	+	+	+	+	Частково	Частково
Підтримка драйверів hdi	+	+	—	—	—	—	—
Виглядові екрани	+	+	+	+	+	+	+
Швидкий вибір	+	+	+	+	+	+	+
Вставка растрових зображень	+	+	+	+	+	+	+
3D-вигляди	+	—	+	+	+	+	+
Майстер сценаріїв	+	—	+	+	+	+	+
Редагування зовнішніх посилань	+	+	+	+	+	Частково	Частково
Xref, редагування блоків на місці	+	+	+		+	Частково	Частково
Швидкі розміри	+	—	+	+	+	+	+
Операції з растровими зображеннями	+	—	+	+	+	+	+
Мультилінія, редагування мультилінії	+	—	+	—	—	+	—
Операції з 3D-поверхнями	+	—	+	+	+	+	+
Операції з твердотільним и 3D-об'єктами	+	—	+	+	+	+	+
Експорт блоків	+	—	+	—	—	Немає даних	+
Таблиці AutoCAD	—	+	+	—	—	—	+
Двосторонній зв'язок з Microsoft Excel	+	+	+	—	—	—	+
Друк в PDF	+	+	+	—	+	—	—
PDF як тло	—	+	+	+	+	—	—
Поля	+	+	+	—	—	—	—
Express Tools	+	+	+	—	+	Частково	—
Пакетний друк	+	—	+	—	—	—	—
Підсвічування об'єктів при наведенні курсора	+	+	+	+	—	—	—
Інформація про властивості об'єкта при наведенні курсора	+	+	—	—	—	—	—
Динамічний ввід	+	+	—	+	—	—	—
Асоціативні розміри	+	+	—	+	—	—	—
Динамічні блоки	—	+	—	Частково	—	—	—

При проектуванні підприємств зернової галузі програми можуть бути використані:

AutoCAD – для розробки креслень та загальної компоновки підприємств.

Revit / ArchiCAD – для BIM-моделювання будівель та споруд.

SolidWorks / CATIA – для проектування обладнання та технологічних вузлів.

AutoCAD Plant 3D / Bentley OpenPlant – для розробки трубопроводів, інженерних мереж та технологічних схем.

ANSYS / Abaqus – для аналізу міцності конструкцій.

Використання CAD-систем дозволяє значно скоротити час проектування завдяки шаблонам, бібліотекам стандартних елементів та параметричному моделюванню. Вбудовані функції перевірки помилок та відповідності стандартам сприяють підвищенню якості проекту.

Використання BIM-програм (Revit, ArchiCAD) забезпечує комплексне управління інформацією про будівлю та її інженерні системи.

Інженерні CAD-програми (SolidWorks, AutoCAD Plant 3D) дозволяють проектувати технологічне обладнання, комунікації та проводити розрахунки міцності конструкцій.

Моделювання у 3D-форматі дає змогу оцінити ефективність використання простору підприємства, розміщення обладнання та транспортних шляхів. Аналіз енергоспоживання, навантажень та експлуатаційних витрат дозволяє приймати більш економічно доцільні рішення.

Використання хмарних CAD-платформ (Autodesk BIM 360, SolidWorks PDM) спрощує обмін даними та дозволяє команді працювати над проектом у реальному часі.

Підтримка експорту у стандартні формати (DWG, STEP, IFC) дає змогу легко інтегрувати проекти в суміжні галузі.

Для проектування елеваторів, зерносховищ та виробничих ліній використовуються спеціалізовані CAD-програми, такі як AutoCAD Plant 3D, Bentley OpenPlant або SolidWorks, що дозволяють моделювати технологічні процеси та розташування обладнання.

Важливими є функції аналізу міцності конструкцій, а також моделювання вентиляційних і транспортних систем для ефективного управління виробничими потоками.

Висновки

Сучасні CAD-програми є незамінним інструментом у проектуванні промислових підприємств, зокрема в зерновій галузі. Вони забезпечують автоматизацію процесів проектування, зменшення кількості помилок, підвищення точності розрахунків та оптимізацію використання матеріалів.

На ринку існує велика кількість систем автоматизованого проектування, кожна з яких має свої особливості, переваги та сферу застосування. Деякі з них орієнтовані на загальне креслення та моделювання, тоді як інші спеціалізуються на машинобудуванні, електроніці або будівництві. Розглянуто найпопулярніші САПР, їхні ключові функції та проведено порівняння відкритих і комерційних рішень.

Найкращою формою організації процесу проектування різноманітних об'єктів середовища можна досягнути використовуючи САПР - комплекс засобів автоматизації проектування, взаємозв'язаного з підрозділами проектною організацією. В такий комплекс поряд з засобами технічного, математичного та іншого забезпечення входить програмне забезпечення. Застосування автоматизації проектування як самостійного науково-технічного та художньо-8 конструкторського процесу пов'язано з тим, що постановка і методи рішення проектних задач, засоби створення мов, опис програм, банків даних, а також питання їх об'єднання в єдину проектну систему.

CAD-програм у проектуванні підприємств зернової галузі дозволяє створювати більш ефективні, економічні та безпечні рішення. Завдяки можливостям 3D-моделювання, параметричного проектування та BIM-технологій значно покращується координація проектних робіт, мінімізуються помилки та забезпечується точне виконання всіх вимог замовника.

Література

1. Холодняк, Ю. В. (2021). *Комп'ютерне проектування промислових виробів: конспект лекцій*. Мелітополь: ТДАТУ: Люкс. 140 с.
2. Товстолуг, З. М., & Півень, О. М. (2018). *Інженерне проектування технологій: навч. посіб.* Харків: Підручник НТУ «ХПІ». 135 с.
3. Соколовська, О. Г., Валецька, Л. О., & Шофул, І. І. (2022). 3D технології – сучасний підхід до автоматизованого проектування та технологічного інжинірингу підприємств галузі зберігання зерна. *Вісник Хмельницького національного університету. Серія: технічні науки*, (1(305)), 103–108.
4. Соломка, О. В., Ачкєвич, О. М., & Ачкєвич, В. І. (2023). Застосування систем автоматизованого проектування в сільськогосподарському машинобудуванні. *Праці ТДАТУ*, Вип. 23, Т. 2, 67–77.
5. Selvi, K. Ç., & Kabas, Ö. (2018). Use of SOLIDWORKS in designing agricultural machines (a sample: rotary tiller). *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 16, 101–106.
6. Vegad, G. M., & Yadav, R. (2018). Design analysis and optimization of rotary tiller blades using computer software. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 49(1), 43–49.

7. Гервас, О. Г. (2018). *САПР об'єктів середовища: навчально-методичний посібник*. Умань: Візаві. 160 с.
8. Артюх, О. М., Дударенко, О. В., Кузьмін, В. В. та ін. (2021). *Основи САПР в автомобілебудуванні: навч. посіб.* Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». 168 с.
9. Колосова, О., & Марчук, К. А. (2023). Порівняльний аналіз деяких сучасних САД систем. *Прикладна геометрія, інженерна графіка та об'єкти інтелектуальної власності*, 1(XII), 106–113.
10. Рудик, О. Ю., Денега, О. О., & Сворінь, А. С. (2020). САД/САЕ-системи як навчальне середовище інженера. *Матеріали міжнародної конференції Information Technologies in Metallurgy and Machine building – ITMM 2020*, 418–421.
11. Поліщук, М. М., & Ткач, М. М. (2021). *САД-системи та мультимедія [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спец. 126 «Інформаційні системи та технології»*. Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 112 с.
12. Differences between CAD, CAE, BIM and EDA. Режим доступу: <https://www.3dfindit.com/en/engiclopedia/differencebetween-cad-cae-bim-and-eda>
13. Ходукін, М. А. *Сучасні графічні САД-системи*. Режим доступу: <https://www.duet.edu.ua/uploads/DocS/10st1.pdf>
14. Тагієва, А. Р., Купченко, Є. А., & Бережна, К. В. (2021). Порівняння сучасних програмних комплексів SCAD та MIDAS CIVIL. *Збірник наук. праць 83-ї міжнар. студент. наук. конф., секція: Мости, конструкції та будівельна механіка, 12–16 квітня 2021 р.* Харків: ХНАДУ, 147–161.
15. LIRALAND. Режим доступу: <https://www.liraland.ua/sapfir/>
16. SCAD Office. Режим доступу: <https://scadsoft.com/ua/products/scad>
17. Design guide for Midas Civil. Prestressed Box Girder Design. Composite Steel Box Girder Design. Composite Plate Girder Design. Режим доступу: <https://docplayer.net/93389591-Design-guide-for-midas-civilprestressed-box-girder-design-composite-steel-box-girder-designcomposite-plate-girder-design.html>
18. Midas Civil On-line Manual. Режим доступу: http://manual.midasuser.com/EN_TW/Civil/830/index.htm

References

1. Kholodniak, Yu. V. (2021). *Kompiuterne proektuvannya promyslovykh vyrobiv: konspekt leksii*. Melitopol: TDATU: Liuks. 140 s.
2. Tovstoluh, Z. M., & Piven, O. M. (2018). *Inzhenerne proektuvannya tekhnolohii: navch. posib*. Kharkiv: Pidruchnyk NTU «KhPI». 135 s.
3. Sokolovska, O. H., Valevska, L. O., & Shoful, I. I. (2022). 3D tekhnolohii – suchasnyi pidkhd do avtomatyzovanoho proektuvannya ta tekhnolohichnoho inzhynirynhu pidpriemstv haluzi zberihannya zerna. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu. Seriya: tekhnichni nauky*, 1(305), 103–108.
4. Solomka, O. V., Achkevych, O. M., & Achkevych, V. I. (2023). Zastosuvannya system avtomatyzovanoho proektuvannya v silskohospodarskomu mashynobuduvanni. *Pratsi TDATU, Vyp. 23, T. 2*, 67–77.
5. Selvi, K. Ç., & Kabas, Ö. (2018). Use of SOLIDWORKS in designing agricultural machines (a sample: rotary tiller). *Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara*, 16, 101–106.
6. Vegad, G. M., & Yadav, R. (2018). Design analysis and optimization of rotary tiller blades using computer software. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 49(1), 43–49.
7. Hervas, O. H. (2018). *SAPR obektiv seredovysshcha: navchalno-metodychnyi posibnyk*. Uman: Vizavi. 160 s.
8. Artiukh, O. M., Dudarenko, O. V., Kuzmin, V. V. ta in. (2021). *Osnovy SAPR v avtomobilebuduvanni: navch. posib*. Zaporizhzhia: NU «Zaporizka politehnika». 168 s.
9. Kolosova, O., & Marchuk, K. A. (2023). Porivniannalniy analiz deiakykh suchasnykh CAD system. *Prykladna heometriia, inzhenerna hrafika ta obiekty intelektualnoi vlasnosti*, 1(KhII), 106–113.
10. Rudyk, O. Yu., Deneha, O. O., & Svorin, A. S. (2020). САД/САЕ-системи як навчальне середовище інженера. *Матеріали міжнародної конференції Information Technologies in Metallurgy and Machine building – ITMM 2020*, 418–421.
11. Polishchuk, M. M., & Tkach, M. M. (2021). САД-системи та мультимедія [Електронний ресурс]: навч. посіб. для студ. спец. 126 «Інформаційні системи та технології». Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського. 112 с.
12. Differences between CAD, CAE, BIM and EDA. Режим доступу: <https://www.3dfindit.com/en/engiclopedia/differencebetween-cad-cae-bim-and-eda>
13. Khodukin, M. A. *Suchasni hrafichni CAD-systemy*. Режим доступу: <https://www.duet.edu.ua/uploads/DocS/10st1.pdf>
14. Tahiiyeva, A. R., Kupchenko, Ye. A., & Berezhna, K. V. (2021). Porivniannia suchasnykh prohamnykh kompleksiv SCAD ta MIDAS CIVIL. *Zbirnyk nauk. prats 83-yi mizhnar. student. nauk. konf., sektsiia: Mosty, konstruktii ta budivelna mekhanika, 12–16 kvitnia 2021 r.* Kharkiv: KhNADU, 147–161.
15. LIRALAND. Режим доступу: <https://www.liraland.ua/sapfir/>
16. SCAD Office. Режим доступу: <https://scadsoft.com/ua/products/scad>
17. Design guide for Midas Civil. Prestressed Box Girder Design. Composite Steel Box Girder Design. Composite Plate Girder Design. Режим доступу: <https://docplayer.net/93389591-Design-guide-for-midas-civilprestressed-box-girder-design-composite-steel-box-girder-designcomposite-plate-girder-design.html>
18. Midas Civil On-line Manual. Режим доступу: http://manual.midasuser.com/EN_TW/Civil/830/index.htm