

СОКОЛОВСЬКА О. Г.

<https://orcid.org/0000-0003-4326-1932>e-mail: sokolovskaya_alena@meta.ua

ВАЛЕВСЬКА Л. О.

<https://orcid.org/0000-0003-0511-5643>e-mail: ludmila_valev@ukr.net

ШОФУЛ І. І.

e-mail: igorshoful@ukr.net

Одеська національна академія харчових технологій

3D ТЕХНОЛОГІЇ – СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ТА ТЕХНОЛОГІЧНОГО ІНЖИНІРИНГУ ПІДПРИЄМСТВ ГАЛУЗІ ЗБЕРІГАННЯ ЗЕРНА

Робота присвячена аналізу сучасного програмного забезпечення для розробки 3D моделі промислових об'єктів. Розглянуто основні характеристики програмного забезпечення та можливості їх використання для підприємств галузі зберігання зерна, з урахуванням їх специфіки.

Ключові слова: програмне забезпечення, проектування, 3D технології, 3D модель, системи автоматизованого проектування.

OLENA SOKOLOVSKAYA, LYDMILA VALEVSKAYA, IGOR SHOFUL
Odessa National Academy of Food Technologies

3D TECHNOLOGIES - A MODERN APPROACH TO AUTOMATED DESIGN AND TECHNOLOGICAL ENGINEERING ENTERPRISES IN THE GRAIN STORAGE INDUSTRY

Today, enterprises of various industries, including enterprises in the grain storage industry, are faced with the need for reconstruction, modernization and expansion of production. However, the implementation of such projects is often not possible, since the exact design documentation is either completely absent or outdated and does not meet modern requirements. Moreover, today an increasing number of projects are being carried out in a three-dimensional environment and simple flat drawings are no longer a sufficient basis for design.

3D design is a huge step forward in engineering and its use significantly increases the competitiveness of a design organization in the market. 3D technologies are one of the most important areas of design automation, no one has any doubts about the need to use them both at the design stage and directly during the construction of industrial facilities.

Choosing the optimal simulation software is often difficult, as it is not easy to find a program that has all the necessary functionality. In the course of the research we analyzed the possibilities of several popular programs for 3D modeling and the possibility of their use in the process of designing enterprises in the field of grain storage.

Thanks to the use of three-dimensional technology, the enterprise gets the opportunity to implement the project in a better quality and in a shorter time, to find errors even before the production of prototypes, and after all, correcting various shortcomings at the design stage is hundreds of times cheaper than at the production stage. Another advantage of 3D models is that they can be transferred to pre-production systems that automatically create programs. This significantly speeds up the production cycle.

3D-design of the elevator becomes a necessity: this is the only way to quickly make a complete virtual model of the elevator with all the nodes, where you can see the route of the grain through the future elevator. This avoids many of the errors that occur when designing only on the basis of a linear model.

Keywords: software, design, 3D technology, 3D model, computer-aided design systems.

Постановка проблеми у загальному вигляді

та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

В Україні не припиняється активне будівництво нових зернозберігальних і переробних потужностей. Зведення будь-якого елеватору чи заводу починається з проекту і замовник не лише очікує, що в ньому будуть враховані всі вимоги до майбутнього виробництва.

Термін "проектування" має різні визначення. Відповідно до одного з них: проектування (від лат. "projectus", буквально - кинутий вперед), процес створення проекту - прототипу, прообразу передбачуваного чи можливого об'єкта, стану. Відповідно до іншого – проектування у будівництві, техніці – розробка проектної, конструкторської та ін. технічної документації, призначеної для здійснення капітального будівництва (будь-якого об'єкта), створення нових видів та зразків продукції промисловості.

У процесі проектування виконуються технічні та економічні розрахунки, схеми, графіки, пояснювальні записки, макети, складаються специфікації, кошториси, калькуляції та описи [1-3]. Розглядаючи проектування, необхідно сказати, що воно є складовою інжинірингової діяльності, яка у свою чергу має ширшу спрямованість.

Технологічний інжиніринг визначають як сукупність інтелектуальних видів діяльності, що має своєю кінцевою метою отримання найкращих (оптимальних) результатів від капіталовкладень чи інших витрат, пов'язаних з реалізацією проектів різного призначення за рахунок найбільш раціонального підбору та ефективного використання матеріальних, трудових, технологічних і фінансових ресурсів у їх єдності і взаємозв'язку, а також методів організації та управління, на основі передових науково-технічних досягнень і з урахуванням конкретних умов та проектів.

Аналіз досліджень та публікацій

Останнім часом набирає популярності тривимірне моделювання в процесі проектування промислових об'єктів, розширюючи цим межі можливої діяльності інжинірингової компанії.

Інтерес обумовлений багатьма причинами:

- по-перше, замовник хоче бачити, яким вийде його об'єкт у реальному втіленні. 3D-модель це дозволяє зробити на стадії проектування.

- по-друге, у процесі проектування переробляється величезний обсяг інформації. Тому тут складно обійтися без помилок, що нерідко виявляються на будівельному майданчику, а 3D-модель реально знижує відсоток помилок у проєкті. Це відіграє важливу роль у плануванні витрат за виробництво будівельних робіт.

- по-третє, якщо виконувати проєкт повністю в тривимірному просторі, з використанням систем автоматизованого проектування (САПР) з централізованим зберіганням даних, це дозволяє багаторазово збільшити швидкість проектування, супроводжуючи об'єкт на всьому протязі життєвого циклу - від створення і розробки, до модернізації і виведення з експлуатації. З іншого боку, експлуатуючі організації мають можливість управляти усіма даними [3, 4].

Нині без використання високотехнологічних рішень з урахуванням обчислювальної техніки важко уявити процес проектування.

Швидкий розвиток обчислювальної техніки та відповідного програмного забезпечення призвело до того, що процес проектування сучасних підприємств галузі зберігання зерна став немислимим без застосування систем автоматизованого конструювання – CAD (Computer Aided Design), автоматизованої підготовки виробництва – CAM (Computer Aided Manufacturing) та автоматизованого інженерного аналізу та моделювання - CAE (Computer Aided Engineering) [1-4].

Практично всі програми, що реалізують зазначені можливості, ґрунтуються на тривимірному поданні виробу, що дозволяє працювати з математичною твердотільною моделлю як із фізичним прототипом. Цей підхід став стандартом проведення інженерних розробок як за кордоном, а й у провідних українських підприємствах.

Сьогодні найважливішим етапом проектування промислових підприємств, цивільних об'єктів та об'єктів інфраструктури є інформаційне 3D-моделювання. За допомогою 3D-моделей спрощується взаємодія проєктувальників і замовника, що дозволяє точно і своєчасно врахувати всі вимоги [5].

Формулювання цілей статті

Метою роботи є проаналізувати існуючі 3D технології для створення тривимірного макету підприємств галузі зберігання зерна.

Виклад основного матеріалу

Вибір оптимального програмного забезпечення для моделювання часто буває важким, так як непросто знайти програму, в якій був би весь необхідний функціонал. В процесі дослідження нами проаналізовано можливості кілька популярних програм для 3D моделювання та можливість їх використання у процесі проектування підприємств галузі зберігання зерна.

Таблиця 1

Аналіз програмного забезпечення для розробки 3D моделі підприємств галузі зберігання зерна

Назва	Опис програми	Застосування при проектуванні підприємств галузі зберігання зерна
AutoCAD	Програма проектування і креслення в 2D і 3D з потужним механізмом моделювання, що забезпечує високу якість будь-яких проєктів. Наявність функції параметричного креслення сприяє зменшенню витрат часу на виконання проєктів. У програмі присутні зв'язки між об'єктами, які забезпечують автоматичне оновлення проєкту при будь-яких змінах. Система 3D моделювання AutoCAD, крім іншого, підтримує роботу з твердотілими моделями, поверхнями та мережами, а також дозволяє візуалізувати модель за допомогою власної системи рендерингу [5-7].	Дозволяє вирішити практично весь спектр завдань, з якими стикаються фахівці розробки проєктів будь-якої складності.
ProEngineer	Розробка американської корпорації Parametri Technology Corporation (PTC). Даний продукт є системою автоматизованого 2D і 3D-моделювання. Завдяки наявності різних модулів в програмі її налаштування дуже гнучке і легко знаходить підхід до специфіки підприємства, дозволяючи організувати паралельно проектування виробу та підготовку виробництва до виготовлення. Будь-яка зміна, внесена на будь-якому етапі проектування в електронну документацію створюваного проєкту, автоматично відстежується в усіх його можливих областях, які можуть бути будь-яким чином пов'язані з цією зміною. Програма орієнтована на мислення інженера та оперує інженерними термінами, тому підхід до побудови деталей та створення збірок є цілком природним та інтуїтивно зрозумілим [5,8].	Повний інструментальний пакет, що забезпечує комплексне вирішення завдань розробки виробу і відповідає сучасним вимогам глобально розподілених виробничо-конструкторських груп.

Назва	Опис програми	Застосування при проєктуванні підприємств галузі зберігання зерна
T FLEX CAD	Професійна конструкторська програма, що поєднує в собі потужні параметричні можливості 2D і 3D-моделювання із засобами створення та оформлення креслень і конструкторської документації. Технічні нововведення і висока продуктивність в поєднанні зі зручним і зрозумілим інтерфейсом роблять програму універсальним і ефективним засобом 2D і 3D-проєктування виробів. TFLEX CAD застосовують для вирішення проєктних завдань в різних галузях промисловості: машинобудуванні, приладобудуванні, будівництві тощо [5, 9]	Дозволяє вирішити практично весь спектр завдань, з якими стикаються фахівці розробки проєктів будь-якої складності.
SolidWork	Найбільш популярний продукт для інженерного проєктування і 3D-моделювання. Це повноцінний набір для конструювання виробів в цифровому вигляді, який містить в собі безліч додаткових інструментів, що дозволяють робити над моделлю віртуальні технічні випробування. SolidWorks вважається невід'ємною частиною промислових підприємств, завданням яких є розробка і виробництво виробів різного призначення. Сюди входять інженерні конструкції будь-якої складності: – 3D проєктування різноманітних виробів, промислових деталей та складання незалежно від складності; – створення різноманітної конструкторської документації, яка використовується на промисловий дизайн та найважливіший сучасне виробництво; – реверсивний інжиніринг; – проєктування різноманітних комунікацій, наприклад, ліній трубопроводів; виконання інженерного аналізу та інші функції [5, 10].	Програмний комплекс САПР для автоматизації робіт промислового підприємства на етапах конструкторської та технологічної підготовки виробництва. Забезпечує розробку виробів будь-якого ступеня складності та призначення.
CADWorx Plant Professional	Програмний комплекс CADWorx Plant Professional призначений для швидкого і ефективного створення інтелектуальних 3D моделей промислових об'єктів і обладнання. Відмінною рисою цієї програми є неймовірна гнучкість і широкі можливості інтеграції з іншими системами. Крім інструментів для моделювання металоконструкцій та обладнання, до складу цього програмного продукту також включені функції проєктування повітропроводів і кабельних лотків, систем опалення, вентиляції та кондиціонування повітря (HVAC), що дозволяють використовувати компоненти і перехідні елементи будь-якої форми. У CADWorx всі елементи трубопроводів об'єднуються в єдину систему, що дозволяє проєктувальнику змінювати їх розміри і специфікації одночасно, а не окремо [5, 11].	CADWorx Plant Professional призначений для тривимірного проєктування та моделювання промислових об'єктів. Дозволяє вирішити практично весь спектр завдань, з якими стикаються фахівці при розробці проєктів будь-якої складності.
AutoCAD Civil 3D	Будучи основним інструментом фахівців у галузі землеустрою, проєктувальників генерального плану, проєктувальників лінійних споруд, програмний продукт AutoCAD Civil 3D дає можливість ефективно управляти процесом проєктування на будь-якій його стадії. AutoCAD Civil 3D забезпечує динамічну взаємодію всіх об'єктів, створюючи цілісну систему і надаючи можливість внесення змін до проєкту на всіх етапах проєктування. Крім того, Civil 3D забезпечує одночасну спільну роботу кількох фахівців над одним проєктом. Таким чином, ця САПР дозволяє зменшити тимчасові витрати на розробку проєкту, його оцінку та підготовку вихідної документації, а також оптимізувати весь процес проєктування в цілому. Зменшуючи витрати, ми збільшуємо його прибутковість [5, 6, 12].	При проєктуванні підприємств галузі зберігання зерна може використовуватися при проєктуванні генплану та об'єктів інфраструктури.
AutoCAD Map 3D	AutoCAD Map 3D дозволяє працювати з даними САПР і ГІС, що надходять з різних джерел. Використовуючи комплексні моделі систем газо-і електропостачання, водопроводу і каналізації, ви зможете впорядкувати інформацію про об'єкти, підпорядкувавши її нормам галузевих стандартів і бізнес-вимог. Програма AutoCAD Map 3D призначена для професіоналів в області ГІС: інженерів, проєктувальників, технічних працівників та інших фахівців, які в процесі своєї роботи створюють, обробляють і виготовляють карти, займаються плануванням інфраструктури, аналізують картографічну інформацію і використовують при цьому дані різних типів і форматів. Такі дані можуть включати векторну і растрову графіку в різних картографічних форматах, а також бази даних (як з геометричними об'єктами, так і з атрибутами), отримані з різних джерел [5, 6, 13].	Застосування AutoCAD Map 3D найбільш доцільно при проєктуванні комунального господарства (електрика, газ, водопостачання), нафтогазовидобувної промисловості, сільського господарства і т.д. AutoCAD Map 3D чудово підходить у тих випадках, коли для вирішення завдань управління ресурсами або інфраструктурою необхідне точне графічне середовище.

Назва	Опис програми	Застосування при проєктуванні підприємств галузі зберігання зерна
AutoCAD Structural Detailing	AutoCAD Structural Detailing є потужним рішенням для швидкого та ефективного деталювання та автоматичного спорудження робочих креслень сталевих та залізобетонних конструкцій. AutoCAD Structural Detailing, заснований на платформі AutoCAD, надає засоби швидкого і ефективного деталювання, а також створення робочих креслень для виготовлення сталевих і залізобетонних конструкцій. Програма підтримує технологію інформаційного моделювання будівель і створена спеціально для проєктувальників і виробників будівельних конструкцій. AutoCAD Structural Detailing створений спеціально для проєктувальників будівельних конструкцій, надаючи їм широкий набір інструментів у звичному середовищі AutoCAD [6, 14].	Створення робочих креслень для виготовлення сталевих та залізобетонних конструкцій [16].
Sweet Home 3D ArchiCAD Home Plan Pro ЛИРА-САПР Home and Landscape Design	Програми для оформлення дизайну та проєктування житлових не виробничих приміщень. Вони не вимагають спеціальних знань. З використанням цих можна створити 2D-план певного приміщення, розмістити вікна, двері та меблі та відтворити все це в інтерактивному 3D. Бібліотека програм має великі каталоги будівельних конструкцій, які постійно оновлюються [5, 15].	Не виробничі приміщення

Будівництво чи реконструкція будь-якого елеватора починається зі створення проєктної документації. Щоб наочно уявити майбутній комплекс у цілому, детально промалювати окремі його вузли і таким чином візуально зв'язати цю модель з технологічною схемою, краще створити 3D-модель, що дає наочний образ майбутнього зерносховища [16].

Маючи 3D-модель, можна її модифікувати під нові вимоги змінити діаметр чи висоту силосу, додати або прибрати яруси тощо.

Зміни одних елементів приведуть до зміни інших: збільшення діаметра силосу тягне за собою автоматичну зміну (перебудовування) діаметра розташування вертикальних сходів і перехідних майданчиків; збільшення довжини скребкового транспортера автоматично збільшує кількість опорних лап залежно від довжини. Таким чином з окремих частин майбутнього елеватора формується комплекс у цілому. Одна з важливих опцій застосування 3D-технології – створення проєкту елеватора. Завдяки 3D-моделюванню робота над різними розділами проєкту буде виконана швидше та якісніше. Маючи модель елеватора з достатньою деталізацією всіх його об'єктів, можна отримати чимало переваг. Наприклад, будь-які види, розрізи для створення 2D-креслень робочої документації виходять майже миттєво [16].

Ще один плюс – створення різних специфікацій і відомостей: зміна у процесі проєктування якогось вузла чи обладнання буде миттєво відобразитися завдяки наскрізному зв'язку між моделлю і створюваним документом.

Також для деяких складних вузлів ізометричне 3D-креслення є набагато більш наочним варіантом подачі інформації – наприклад, для норійного приямка, в якому сходяться кілька одиниць транспортного обладнання, що потрібно правильно пов'язати між собою. 3D-модель дає можливість детальніше опрацювати з'єднання різного обладнання. Виконати різні розрахунки – наприклад, фундаментів або розрахунок на міцність металоконструкцій, можна за допомогою спеціальних модулів або окремих програмних комплексів.

Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розвідок у даному напрямі

У нинішній час на ринку комп'ютерних технологій представлені різні 3D-програми для розробки тривимірних моделей. Кожен продукт має своїми особливостями. Розглянуто програми для 3D-моделювання, серед яких можна зустріти як спеціалізовані редактори для автоматизованого проєктування, так і професійні програми загального профілю, які використовуються для створення тривимірних моделей.

Таким чином, будь-яке підприємство, яке переходить на тривимірне проєктування стає більш конкурентоспроможним, клієнт орієнтованим.

3D-проєктування елеватора стає необхідністю, тільки так можна швидко зробити повну віртуальну модель елеватора з усіма вузлами, на якій можна побачити маршрут проходження зерна майбутнім елеватором. Це дає змогу уникнути багатьох помилок, що трапляються, коли проєктування здійснюється тільки на базі лінійної моделі.

Література

1. Зінко Р. В., Топільницький В. Г. Системи 3D моделювання: навч. посіб. Львів: Галицька Видавнича Спілка, 2017. 150 с.

2. Строкин А.В., Черкасова Е.И. Основные тенденции процесса изомеризации. Вестник Казанского технологического университета. 2014. № 8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-tendentsii-protseassa-izomerizatsii> (дата звернення: 23.12.2021).
3. Холодник Ю. В. Комп'ютерне проектування промислових виробів: конспект лекцій. ТДАТУ. Мелітополь: Люкс, 2021. 140 с.
4. Товстолуг З.М., Півень О.М.. Инженерне проектування технології: навч. посіб. Харків: Підручник НТУ «ХПІ», 2018. 135 с.
5. Бачинська А.В., Генсерук Г.Р. Аналіз програмного забезпечення для розробки 3D моделі архітектурних споруд . Сучасні інформаційні технології та інноваційні методики навчання: досвід, тенденції, перспективи. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції, м. Тернопіль, 7–8 листопада, 2019 р. ТНПУ м. Тернопіль, 2019. С. 26-27.
6. Autodesk. URL: <https://www.autodesk.com/> (дата звернення: 23.12.2021).
7. Функциональность Autodesk AutoCAD. URL: <https://www.pointcad.ru/product/autocad/podrobnoe-opisanie-autocad> (дата звернення: 23.12.2021).
8. Pro/Engineer - система автоматизированного проектирования, инженерного анализа и подготовки производства. URL: <https://pro-spo.ru/information-required-to-install/757-proengineer> (дата звернення: 21.12.2021).
9. T-FLEX CAD – программа для конструкторской подготовки и 3D-моделирования. URL: <http://tflex.ru/products/konstruktor/cad3d/> (дата звернення: 20.12.2021).
10. Подробный обзор программы SolidWorks. URL: <https://junior3d.ru/article/solidworks.html> (дата звернення: 20.12.2021).
11. CADWorx Plant Professional. URL: <https://bricscad-ukraine.com.ua/app/architecture/cadworx-plant-pro.html> (дата звернення: 20.12.2021).
12. 12 AutoCAD Civil 3D. URL: http://icad.spb.ru/software/item/civil_3d/ (дата звернення: 22.12.2021).
13. Neosoft. AutoCAD Map 3D. URL: <https://www.neosoft.pro/catalog/production?vendor=autodesk&product=autocad-map-3d> (дата звернення: 22.12.2021).
14. НИП-Информатика». AutoCAD Structural Detailing. URL: <http://www.nipinfor.ru/construction/10040/> (дата звернення: 22.12.2021).
15. Кращі програми для 3D-модельовання. URL: <http://hi-news.pp.ua/tehnkatehnologyi/8831-krasch-programi-dlya-3d-modelyuvannya.html> (дата звернення: 25.12.2021).
16. Застосування 3D-модельовання в проектуванні елеваторів. URL: <https://landlord.ua/news/zastosuvannya-3d-modelyuvannya-v-proektuvanni-elevatoriv/> (дата звернення: 24.12.2021).

References

1. Zinko R. V., Topilnytskyi V. H. Systemy 3D modelyuvannya: navch. posib. Lviv : Halyska Vydavnycha Spilka, 2017. 150 s.
2. Strokin A.V., Cherkasova E.I. Osnovnye tendentsii processa izomerizatsii // Vestnik Kazanskogo tehnologicheskogo universiteta. 2014. №8. URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/osnovnye-tendentsii-protseassa-izomerizatsii> (data zvernennia: 23.12.2021).
3. Kholodniak Yu. V. Kompiuterne proektuvannya promyslovykh vyrobiv: konspekt leksi. TDATU: Melitopol: Liuks, 2021. 140 s.
4. Tovstoluh Z.M., Piven O.M.. Inzhenerne proektuvannya tekhnolohii: navch. posib. Kharkiv: Pidruchnyk NTU «KhPI», 2018. 135 s.
5. Bachynska A.V., Henseruk H.R. Analiz prohramnoho zabezpechennia dlia rozrobky 3D modeli arkhitek-turnykh sporud // Suchasni informatsiini tekhnolohii ta innovatsiini metodyky navchannia: dosvid, tendentsii, per-spektyvy. Materialy IV Mizhnarodnoi naukovo-praktychnoi Internet-konferentsii, m. Ternopil, 7–8 lystopa-da, 2019 r. / TNPU m. Ternopil, 2019 S. 26-27.
6. Autodesk Rezhym dostupu: <https://www.autodesk.com/> (data zvernennia: 23.12.2021).
7. Funktsyonalnost Autodesk AutoCAD Rezhym dostupu: <https://www.pointcad.ru/product/autocad/podrobnoe-opisanie-autocad> (data zvernennia: 23.12.2021).
8. Pro/Engineer - sistema avtomatyzyrovannoho proektyrovannya, ynzhenernoho analiza y podhotovky proyzvodstva Rezhym dostupu: <https://pro-spo.ru/information-required-to-install/757-proengineer> (data zvernennia: 21.12.2021).
9. T-FLEX CAD- prohramma dlia konstruktorskoi podhotovky y 3D-modelyrovannya. Rezhym dostupu: <http://tflex.ru/products/konstruktor/cad3d/> (data zvernennia: 20.12.2021).
10. Podrobnyi obzor prohrammy SolidWorks Rezhym dostupu: <https://junior3d.ru/article/solidworks.html> (data zvernennia: 20.12.2021).
11. CADWorx Plant Professional Rezhym dostupu: <https://bricscad-ukraine.com.ua/app/architecture/cadworx-plant-pro.html> (data zvernennia: 20.12.2021).
12. 12 AutoCAD Civil 3D Rezhym dostupu: http://icad.spb.ru/software/item/civil_3d/ (data zvernennia: 22.12.2021).
13. Neosoft. AutoCAD Map 3D Rezhym dostupu: <https://www.neosoft.pro/catalog/production?vendor=autodesk&product=autocad-map-3d> (data zvernennia: 22.12.2021).
14. NYP-Ynformatyka». AutoCAD Structural Detailing Rezhym dostupu: <http://www.nipinfor.ru/construction/10040/> (data zvernennia: 22.12.2021).
15. Krashchi prohramy dlia 3D-modelyuvannya. Rezhym dostupu: <http://hi-news.pp.ua/tehnkatehnologyi/8831-krasch-programi-dlya-3d-modelyuvannya.html> (data zvernennia: 25.12.2021).
16. Zastosuvannya 3D-modelyuvannya v proektuvanni elevatoriv Rezhym dostupu: <https://landlord.ua/news/zastosuvannya-3d-modelyuvannya-v-proektuvanni-elevatoriv/> (data zvernennia: 24.12.2021).

Рецензія/Peer review : 15.01.2022 р.

Надрукована/Printed : 27.02.2022 р.