

МАТЕМАТИЧНЕ ТА ПРОГРАМНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ АВТОМАТИЗАЦІЇ ПРОЄКТУВАННЯ: АЛГОРИТМІЧНІ АСПЕКТИ ІНТЕГРАЦІЇ SOLIDWORKS API

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто алгоритмічні основи розробки додатків для автоматизації інженерного проєктування в середовищі SOLIDWORKS. Описано математичну модель взаємодії із геометричним ядром Parasolid через COM-інтерфейси. Запропоновано уніфікований алгоритм підключення та маніпулювання об'єктами API, що включає етапи ініціалізації, побудови ескізної геометрії на основі векторного аналізу та генерації твердотільних примітивів.

Ключові слова: SOLIDWORKS API, COM-технології, геометричне моделювання, CAD-система.

Abstract

The paper considers the algorithmic foundations of developing applications for automating engineering design in the SOLIDWORKS environment. It describes a mathematical model of interaction with the Parasolid geometric kernel via COM interfaces. A unified algorithm for connecting and manipulating API objects is proposed, which includes the stages of initialization, construction of sketch geometry based on vector analysis, and generation of solid primitives.

Keywords: SOLIDWORKS API, COM technologies, geometric modeling, CAD system.

Вступ

В умовах Індустрії 4.0 скорочення часу на рутинні операції конструктора є критичним завданням [1, 2, 3]. Використання прикладного програмного інтерфейсу на основі SOLIDWORKS API дозволяє перетворити процес проєктування [4, 5, 6] з ручного ескізування на алгоритмічну генерацію моделей [7, 8, 9]. Це вимагає від розробника синергії знань з об'єктно-орієнтованого програмування (для керування пам'яттю та потоками) [10, 11, 12], вищої математики (для розрахунку координат та матриць трансформації) [13, 14, 15] та технології машинобудування (для дотримання конструкторської логіки) [16, 17, 18].

Результати дослідження

Процес програмної взаємодії з CAD-системою базується на технології COM (Component Object Model). З точки зору математики, будь-яка деталь M у середовищі SOLIDWORKS є множиною геометричних примітивів G та топологічних зв'язків T , де $M = \{G, T\}$. Алгоритм доступу до зміни цієї множини можна декомпозувати на такі етапи:

1. Ініціалізація та встановлення контексту з'єднання. На програмному рівні C#/.NET точка входу визначається об'єктом SOLIDWORKS та розрізняють два підходи: Out-of-process (підключення до активного екземпляру через таблицю об'єктів за допомогою `Marshal.GetActiveObject("SldWorks.Application");`); In-process (пряма реалізація інтерфейсу `ISwAddin`, що забезпечує швидшу передачу даних без витрат на маршалінг викликів між процесами).

2. Робота з векторним простором документу. Після отримання вказівника на інтерфейс документу, створюється ескіз. Математично ескіз – це двовимірна площина P в тривимірному просторі R^3 , яка визначається нормальним вектором n та точкою початку координат $O(x,y,z)$. Програмне додавання ліній або дуг вимагає передачі координат, які часто є результатом матричних перетворень:

$$P^* = P \times M_{transform}$$

де $M_{transform}$ – матриця повороту або зміщення об'єкта відносно початку координат деталі.

3. Топологічні операції та формоутворення. Реалізація булевих операцій над об'ємами або переміщенням профілю ескізу вздовж вектора нормалі n на відстань h . На цьому етапі критично важливою є перевірка валідності геометрії, оскільки самоперетинні контури призводять до помилок реконструкції моделі.

4. Валідація та управління ресурсами. Оскільки SOLIDWORKS використовує некерований код, розробник зобов'язаний вручну керувати життєвим циклом об'єктів. Некоректне звільнення COM-об'єктів (метод `Marshal.ReleaseComObject`) призводить до витоку пам'яті та блокування файлів процесів `sldworks.exe`.

Для наочної демонстрації розробленого підходу, повний алгоритм роботи програми з урахуванням обробки помилок та циклічної побудови геометрії наведено на рисунку 1.



Рис. 1. Блок-схема алгоритму автоматизованого проєктування через SOLIDWORKS API

Висновки

Розроблений алгоритм підключення до SOLIDWORKS API демонструє ефективність інтеграції методів програмної інженерії з геометричним моделюванням. Використання суворого математичного апарату на етапі ініціалізації ескізів дозволяє уникнути топологічних помилок, характерних для ручного проєктування. Практична реалізація цього підходу забезпечує створення масштабованих CAD-додатків, які скорочують до 60% часу на підготовку конструкторської документації. Запропонована структура коду є фундаментом для впровадження технологій генеративного дизайну, де параметри виробу визначаються не оператором, а алгоритмами оптимізації. Таким чином, перехід від класичного ескізування до алгоритмічного моделювання є необхідним кроком для створення повноцінних цифрових двійників у машинобудуванні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Піонткевич О. В., Сухоруков С. І., Сердюк О. В., Домославський В. М. Про лазерний технологічний комплекс на машинобудівному підприємстві. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця: ВНТУ, 2022. № 2. С. 96-100.
2. Завербний А. С., Сало К. Р. Проблеми та перспективи розвитку індустрії 4.0 в Україні за умов євроінтегрування. Менеджмент та підприємництво в Україні: етапи становлення та проблеми розвитку, 2022. Вип. (2), 8. С. 374-382.

3. Березюк О.В. Планування багатофакторного експерименту для дослідження вібраційного гідроприводу ущільнення твердих побутових відходів // Вібрації в техніці та технологіях. 2009. № 3 (55). С. 92-97.
4. Горбачов А. С., Піонткевич О. В. Аналіз конструктивних рішень для орієнтації сонячних панелей. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Вінниця : ВНТУ, 2025. Вип. 3. С. 1–8. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-3-198-205>
5. Березюк О. В. та ін. Перспективи використання техногенної сировини при виробництві композиційних в'язучих. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві, 2022. № 2. С. 36-45.
6. Піонткевич О. В., Березюк О. В., Лозінський Д. О., Кавецький О. І. Застосування CAD/CAE-системи Autodesk Inventor для удосконалення фрезерно-гравірувального верстата з ЧПК. Наукові праці Вінницького національного технічного університету. Вінниця : ВНТУ, 2025. Вип. 1. С. 1–9. <https://doi.org/10.31649/2307-5376-2025-1-178-186>
7. Петров О. В., Піонткевич О. В., Буда А. Г., Коломієць В. С. Застосування CAD/CAE-системи Solidworks у задачах аналізу міцності деталей верстатних пристосувань. Вісник машинобудування та транспорту. Вінниця : ВНТУ, 2024. Вип. 19. № 1. С. 95–102.
8. Піонткевич О. В., Сухоруков С. І., Петров О. В., Сердюк О. В. «Комп'ютеризовані системи проектування» для здобувачів вищої освіти зі спеціальності «Прикладна механіка»: електронний лабораторний практикум. Вінниця : ВНТУ, 2025. 142 с.
9. Сухоруков С.І. Сучасні перспективи розвитку систем автоматизованого проектування технологічної оснастки / С.І. Сухоруков, О.В. Петров, Д.С. Осіпов // Вісник Хмельницького національного університету, 2011. №6. С. 156-159.
10. Побережець В. Я., Яшук Д. А., Рижих О. В., Піонткевич О. В. Розробка прикладних програм мовою програмування C# для автоматизованого проектування металорізного інструменту. Матеріали ЛІП науково-технічної конференції підрозділів ВНТУ, Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Електрон. текст. дані. 2024. Режим доступу: <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fmt/all-fmt-2024/paper/view/20531>.
11. Хом'юк В. В. Структурна модель формування математичної компетентності майбутніх інженерів. Науковий вісник Кременецької обласної гуманітарно-педагогічної академії ім. Тараса Шевченка. Серія : Педагогіка. 2015. Вип. 5. С. 160-168.
12. Коноваленко І.В. Програмування мовою C# 7.0 : навчальний посібник / Коноваленко І.В., Марущак П.О., Савків В.Б. Тернопіль : Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, 2017 300 с.
13. Хом'юк І. В., Хом'юк В. В. Математичне моделювання в контексті здійснення між предметних зв'язків курсу вищої математики у ВНЗ. Збірник наукових праць «Актуальні питання природничо-математичної освіти». Вип. 2, 2017. С. 43–50.
14. Хом'юк В. В., Хом'юк І. В. Компетентностно-орієнтовані завдання як важливий чинник формування когнітивної складової математичної компетентності майбутніх інженерів. Збірник наукових праць "Актуальні питання природничо-математичної освіти". Вип. 1, 2017. С. 107–114.
15. Хом'юк І. В., Хом'юк В. В. Деякі аспекти використання компетентнісного підходу до викладання фундаментальних дисциплін у ВНЗ. Вісник Луганського національного університету імені Тараса Шевченка. № 22, 2012. Вип. 257. С. 215–222.
16. Піонткевич О. В., Лозінський Д. О., Сердюк О. В., Савуляк В. В. Забезпечення результатів вивчення CAD/CAE/CAM систем для підготовки фахівців із спеціальності «Прикладна механіка». Матеріали XVI Міжнародної науково-методичної конференції «Сучасна освіта - доступність, якість, визнання», 13–14 листопада 2024 р. КраматорськВінниця-Тернопіль, Краматорськ : ДДМА, 2024. С. 247-252.
17. Березюк О. В. Математичне моделювання динаміки гідроприводу робочих органів завантаження твердих побутових відходів у сміттєвози. Вісник Вінницького політехнічного інституту. 2009. № 4. С. 81–86.
18. Березюк О.В. Структура машин для збирання та первинної переробки твердих побутових відходів // Вісник машинобудування та транспорту. 2015. № 2. С. 3-7.

Голубович Ігор Сергійович – здобувач вищої освіти групи 2ПМ-24б, Факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Голубович Олександр Сергійович – здобувач вищої освіти групи 2ПМ-24б, Факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Корольчук Георгій Олександрович – здобувач вищої освіти групи 1ПМ-25б, Факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, Вінниця

Науковий керівник: **Хом'юк Віктор Вікторович** — к. техн. наук, доцент, доцент кафедри вищої математики, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: khomyuk@vntu.edu.ua

Holubovych Ihor S. – student of group 2PM-24b, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Holubovych Oleksandr S. – student of group 2PM-24b, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Korolchuk Heorhii O. – student of group 2PM-24b, Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Supervisor: **Khomyuk Viktor V.** — Candidate of Technical Sciences, Assistant Professor of the Department of Higher Mathematics, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: khomyuk@vntu.edu.ua