

**ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ АВТОМАТИЗОВАНОГО ПРОЄКТУВАННЯ ДЛЯ
МОДЕЛЮВАННЯ СКЛАДНИХ СИСТЕМ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ВІДНОВЛЕННЯ ТА ЗМІЦНЕННЯ ДЕТАЛЕЙ**

Рудик О.Ю.¹ [ORCID], Харжевський В.О.² [ORCID]

¹Хмельницький національний університет, к.т.н., доцент, Україна

²Хмельницький національний університет, д.т.н., професор, Україна

Анотація. Розглядаються питання підготовки інженерів-механіків в контексті використання у навчальному процесі сучасних систем автоматизованого проєктування та інженерного аналізу, зокрема таких дисциплін, які є базовими для вивчення студентами САПР технологічних процесів відновлення та зміцнення. Зазначено, якщо на бакалавраті спостерігається наступність викладання, то на 1-му курсі магістратури виникають проблеми у зв'язку з відсутністю стандартної САПР ТП зміцнення та відновлення, яку можна було б використовувати у навчальному процесу і яка б використовувалась на підприємствах відновлення та технічного сервісу автомобілів. Тому виникла задача проводити підготовку фахівців, здатних самостійно розробити базу даних для інформаційно-закінченого програмного комплексу з метою вирішення задачі зміцнення та відновлення деталей автомобільного транспорту.

Ключові слова: автоматизоване проєктування, САПР технологічних процесів, MS Access, SQL, SOLIDWORKS, відновлення та зміцнення, інженерний аналіз.

Вступ. Підготовка студентів на факультеті інженерії, транспорту та архітектури Хмельницького національного університету включає використання ряду дисциплін, в рамках яких студенти використовують комп'ютерну техніку та відповідне інженерне програмне забезпечення для розв'язання задач у машинобудуванні. Але якщо на бакалавраті спостерігається наступність викладання дисциплін інженерного циклу з використанням комп'ютерних технологій, то найбільші проблеми виникають на 1-му курсі магістратури у зв'язку з відсутністю офіційної САПР ТП зміцнення та відновлення, яку можна було б придбати для вивчення і яка б використовувалась на підприємствах відновлення та технічного сервісу автомобілів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. На даний час всі технологічні САПР, якщо не враховувати програмування для верстатів з числовим

програмним керуванням [1], зводяться до автоматизації оформлення технологічної документації – для прискорення вибору використовуються БД з устаткування, оснастки тощо, застосовуються типові ТП. До числа найефективніших технологій, які дозволяють виконати ці вимоги, належать САПР технологічної підготовки виробництва та інженерного аналізу.

За останні роки CAD/CAM/CAE/PDM-системи пройшли шлях від порівняно простих креслярських додатків до інтегрованих програмних комплексів [2-5], які забезпечують єдину підтримку всього циклу розробки, починаючи від ескізного проектування і закінчуючи технологічною підготовкою виробництва, іспитами та супроводом. Відповідно, на ринку України є декілька найвідоміших систем, які реалізують цю задачу і забезпечують: ТП обробки деталей, зв'язок з AutoCAD чи іншими CAD-системами, створення архіву конструкторської, технологічної документації, БД ТП тощо.

Автоматичний режим проектування ТП – кінцева мета в області САПР технологій [6]. Але основною перешкодою до його реалізації є відсутність формалізованого представлення про просторове розташування поверхонь деталі. З плоского креслення, виконаного в конструкторській САПР, у технологію можна передати лише окремі параметри: розміри, допуски, шорсткість, квалітети, але тільки у тому випадку, якщо креслення деталі параметризоване. Тому в автоматичному режимі можна тільки допрацьовувати заздалегідь розроблені типові ТП. Область застосування даного режиму – найпростіші деталі. Крім цього, як правило, такі розробки використовуються тільки на тому підприємстві, для якого вони розроблені, а спроба перенести їх на інші підприємства вимагає великих витрат при адаптації (у кращому випадку буде потрібна зміна інформаційного наповнення системи – таблиць БД, текстових і файлів налаштувань тощо; у гіршому – може виникнути необхідність зміни вихідного коду додатка). Тому вони не дуже широко застосовуються на машинобудівних підприємствах і зовсім не знаходять використання в авторемонтних та підприємствах автосервісу України.

Мета дослідження. При організації навчального процесу поставлена задача підготовки фахівців, здатних самостійно розробити БД для інформаційно-закінченого програмного комплексу з метою вирішення завдання зміцнення та відновлення деталей АТ. Основні функціональні режими такої системи мають відповідати наступним вимогам:

- можливість вибору оптимального методу зміцнення чи відновлення деталі з подальшим вибором оптимального режиму;
- проектування на основі техпроцесу-аналогу;
- формування ТП з окремих блоків;
- об'єднання окремих операцій архівних технологій;
- автоматична доробка типової технології на основі даних, переданих з параметризованого креслення, наприклад, AutoCAD чи іншої САПР;
- введення інформації про ТП у діалоговому режимі.

З цього погляду САПР ТП – це, насамперед, система управління базами даних (СУБД), оскільки основна частина роботи з проектування ТП припадає на роботу з даними та при цьому обробляється дуже велика кількість інформації. Від того, як реалізовані функції обробки даних та їхніх логічних взаємозв'язків залежать інші показники системи.

Виклад основного матеріалу дослідження. СУБД є програмним продуктом, що постачається як прикладна програма, яку потрібно встановити на комп'ютер з урахуванням його конфігурації, ресурсів та операційної системи, а також вимог до набору функцій. СУБД є основою створення програм користувача для різних предметних областей, кожна з яких (у даному випадку – ТП зміцнення та відновлення деталей АТ), має свою специфіку організації БД.

Найбільшу популярність серед настільних систем завоювали реляційні СУБД, такі як MySQL, PostgreSQL, Oracle Database, Microsoft SQL Server. MySQL забезпечує зберігання, обробку та керування реляційними даними з використанням SQL (Structured Query Language – мова структурованих запитів), підтримуючи базові транзакції та індексацію. Вона орієнтована на швидку роботу веб-додатків і простоту розгортання. PostgreSQL надає розширені можливості роботи з даними, включаючи складні запити, транзакції та

підтримку різних типів даних (зокрема, JSON). Вона дозволяє розширення функціональності через користувацькі функції, типи та модулі. Oracle Database реалізує високопродуктивне керування великими обсягами даних із підтримкою складних транзакцій і розподілених обчислень. Вона забезпечує розширені механізми безпеки, резервування та масштабування для критично важливих систем. Microsoft SQL Server надає повноцінне середовище для зберігання, обробки та аналізу реляційних даних із використанням SQL і вбудованих інструментів. Вона підтримує інтеграцію даних і розробку звітів у межах платформи Microsoft.

Для забезпечення одночасного доступу до даних багатьох користувачів, які розташованих далеко один від одного і від місця збереження БД, використовуються мережні мультикористувацькі версії СУБД. Спільна робота користувачів у мережах можлива тільки при наявності стандартної мови обробки даних, якою стала SQL – інтерпретована мова, що описує операції (створення, обробка і витяг) над реляційними БД. Вона є найуживанішою мовою управління БД у системах клієнт/сервер. Основна її перевага – розробка запитів у будь-якій системі управління даними, сумісною з SQL. На сьогоднішній день SQL підтримують більше ста СУБД, які працюють як на персональних комп'ютерах (ПК), так і на великих електронно-обчислювальних машинах. SQL – це легка для розуміння мова й, у той же час, універсальний програмний засіб управління даними. Використання конкретного SQL-сервера залежить від постановки задачі, кількості користувачів і вимог замовника.

Настільна реляційна СУБД MS Access входить до складу пакету Microsoft Office та орієнтована на невеликі БД. Вона поєднує засоби створення таблиць, форм, запитів і звітів із простим графічним інтерфейсом, що не потребує глибоких знань програмування. У системі MS Access передбачена автоматична генерація коду SQL при створенні запиту користувачем, інтегрованість з іншими програмами пакета MS Office тощо. Тому саме систему MS Access вибрано для початкового створення БД зміцнення та відновлення деталей АТ.

Таким чином, ми готуємо студентів не тільки як користувачів уже готових САПР, а даємо їм можливість самим розробляти, нехай і нескладні, але

закінчені БД. Ті ж студенти, хто захоплюється програмуванням, у додатковий час в рамках самостійної роботи вирішують більш серйозні задачі автоматизації конструкторського і технологічного проектування.

Результати. Усі студенти виконують самостійну роботу зі створення інформаційно-програмних продуктів для розв'язання нескладних технологічних задач. Обов'язковою вимогою до цих розробок є їх ретельна алгоритмічна проробка, створення інфологічної й даталогічної моделей БД, супровід довідковими матеріалами і докладне документування. Весь процес освоєння інструментальних засобів займає дев'ять двогодинних занять у лабораторії під керівництвом викладача. Далі робота виконується студентами самостійно, відповідно до індивідуальних завдань. Розглянемо самостійну роботу студента на прикладі розподільного валу, яка полягає у наступному:

- конструювання та розробка геометричної моделі розподільного валу у САПР SOLIDWORKS для автомобіля Toyota Corolla 12 з метою визначення характерних параметрів відновлення;

- вибір способу зміцнення розподільного валу (розробка БД з використанням СУБД Access і мови SQL – створення таблиць, форм, запитів);

- проведення лінійної та поліноміальної регресії (апроксимація даних) методом найменших квадратів даних зносостійкості розподільного валу (MathCAD).

- визначення оптимального режиму зміцнення розподільного валу;

- аналіз розрахунків напруженого стану розподільного валу.

Робота над подібною самостійною роботою знайомить студентів не лише з рішенням локальних задач автоматизованого проектування, але й дозволяє познайомитись з питаннями комплексної автоматизації виробництва.

Висновки. В роботі розглянуто питання використання у навчальному процесі сучасних систем автоматизованого проектування та інженерного аналізу, які є базовими для вивчення студентами САПР технологічних процесів відновлення та зміцнення. Наведена методика підготовки фахівців, здатних самостійно розробити бази даних для інформаційно-закінченого програмного комплексу з метою вирішення задачі зміцнення та відновлення деталей автомобільного транспорту.

ЛІТЕРАТУРА

1. Литвиненко, О. А., Бойко, Ю. І., Яновський, В. А. (2020) CAD-CAM технології проектування та виготовлення деталей на верстатах з ЧПК, Технічна інженерія, 1 (85), с. 15–22.
2. Варшав'як, Г.Б., Гребеніков, О.Г., Гуменний, А.М., Гребеніков, В.А. (2023). Досвід впровадження систем CAD/CAM/CAE/PLM в навчально-науково-виробничому центрі Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут» // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – Вип. 97, Харків: ХАІ, с. 164–194. DOI: <https://doi.org/10.32620/oikit.2023.97.11>
3. Піонткевич, О.В., Лозінський, Д.О., Сердюк, О.В., Савуляк, В.В. (2024). Забезпечення результатів вивчення CAD/CAE/CAM систем для підготовки фахівців із спеціальності «Прикладна механіка». Сучасна освіта – доступність, якість, визнання, ДДМА, с. 247–252.
4. Артюх, О.М., Дударенко, О.В., Кузьмін, В.В. та ін. (2021). Основи САПР в автомобілебудуванні: навч. посіб. Запоріжжя: НУ «Запорізька політехніка». 168 с.
5. Гречаний О.М., Васильченко Т.О., Власов А.О., Івахненко О.П., Вернидуб М.В. (2025). Роль САПР у розробці інженерних рішень для металургійної галузі: досвід застосування ANSYS, AutoCAD, SOLIDWORKS та MATLAB. Системні технології, 3 (158), с. 10–20.
6. Третьяк В.В., Сотников В.Д., Худяков С.В., Скорченко І.В. (2020). Проектування технологічних процесів у САПР ТП: навч. посібник до дипломного проектування, Харків: Національний аерокосмічний університет ім. М.Є. Жуковського «Харківський авіаційний інститут», 80 с.

THE USAGE OF COMPUTER-AIDED DESIGN SYSTEMS FOR MODELING COMPLEX SYSTEMS AND TECHNOLOGICAL PROCESSES FOR THE RESTORATION AND REINFORCEMENT OF PARTS

Oleksandr Rudyk, Viacheslav Kharzhevskiy

Abstract. *The article considers questions of preparation of mechanical engineers in the context of using modern Computer-Aided Design and engineering analysis systems in the academic process, particularly in disciplines that are fundamental for students studying automated systems for restoration and strengthening processes. It is noted that while there is continuity in teaching at the bachelor's degree level, problems arise in the first year of the master's program due to the lack of a standard automated computer system for strengthening and restoration processes that could be used in the academic process and applied at automotive restoration and technical service enterprises. Therefore, the problem has arisen to train specialists capable of independently developing a database for a fully-featured software package aimed at solving the problem of strengthening and restoring of automotive parts.*

Keywords: *computer-aided design, SOLIDWORKS, automated design of technological processes, MS Access, SQL, SOLIDWORKS, repair and reinforcement, engineering analysis.*

REFERENCE

1. Lytvynenko, O.A., Boiko, Yu I., Yanovskyi, V.A. (2020). CAD-CAM tekhnolohii proektuvannia ta vyhotovlennia detalei na verstatax z ChPK, Tekhnichna inzheneriia, 1 (85), c. 15–22.
2. Varshaviak, H. B., Hrebenikov, O. H., Humennyi, A. M., & Hrebenikov, V. A. (2023). Dosvid vprovadzhennia system CAD/CAM/CAE/PLM v navchalno-naukovo-vyrobnychomu tsentri Natsionalnoho aerokosmichnoho universytetu im. M. Ye. Zhukovskoho “Kharkivskiy aviatsiinyi instytut”. Vidkryti informatsiini ta kompiuterni intehrovani tekhnolohii, (97), c. 164–194.
3. Piontkevych, O.V., Lozinskyi, D.O., Serdiuk, O V., Savuliak, V. V. (2024). Zabezpechennia rezultativ vyvchennia CAD/CAE/CAM system dlia pidhotovky fakhivtsiv iz spetsialnosti “Prykladna mekhanika”. In Suchasna osvita – dostupnist, yakist, vyznannia, DDMA, c. 247–252.
4. Artiukh, O. M., Dudarenko, O. V., Kuzmin, V. V., et al. (2021). Osnovy SAPR v avtomobilebuduvanni: navch. posib. Zaporizhzhia: NU “Zaporizka politekhnika”. 168 c.
5. Hrechanyi, O.M., Vasylichenko, T O., Vlasov, A.O., Ivakhnenko, O.P., Vernydub, M.V. (2025). Rol SAPR u rozrobtsi inzhenernykh rishen dlia metalurhiinoi haluzi: dosvid zastosuvannia ANSYS, AutoCAD, SolidWorks ta MATLAB. Systemni tekhnolohii, 3(158), c. 10–20.
6. Tretiak, V.V., Sotnykov, V.D., Khudiakov, S.V., Skorchenko, I.V. (2020). Proektuvannia tekhnolohichnykh protsesiv u SAPR TP: navch. posibnyk do dylomnoho proektuvannia, Kharkiv: Natsionalnyi aerokosmichnyi universytet im. M.Ye. Zhukovskoho “Kharkivskiy aviatsiinyi instytut”, 80 p.