

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

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 («Інженерна та комп'ютерна графіка», «Інформатика», «Прикладна механіка», «Персональні комп'ютери та пакети прикладних програм», «Деталі машин», «Системи інженерного аналізу», «Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення», «Контроль якості покриттів»). 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, SOLIDWORKS, САПР технологічних процесів, MS Access, 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. Зокрема, студенти спеціальності G8 «Матеріалознавство» кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства вивчають наступні дисципліни в рамках комп'ютерної підготовки:

– «Інформатика» (1-й курс) – основи алгоритмізації та програмування, вивчення базових прикладних програм (зокрема, з пакету програм MS Office);

– «Інженерна та комп'ютерна графіка» (1-й курс) – вивчення основ створення моделей деталей, складальних одиниць, а також оформлення конструкторської документації у системі 3D-моделювання SOLIDWORKS (рис. 1);

– «Персональні комп'ютери та пакети прикладних програм» (2-й курс) – вивчення математичного пакету MathCAD, що дозволяє студентам проводити складні інженерні розрахунки як в рамках виконання розрахунково-графічних робіт, так і для курсового та дипломного проєктування

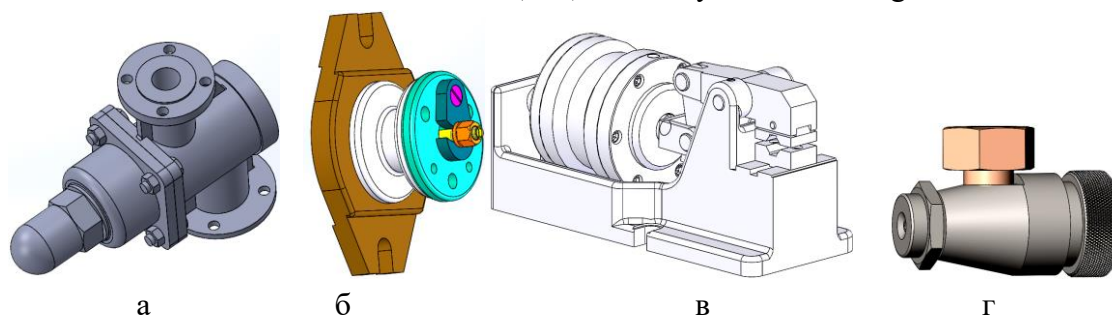


Рисунок 1 – Приклади робіт: клапан пропускний (а), кондуктор (б), пристрій для захоплення прутків (в), форсунка (г)

– «Прикладна механіка і деталі машин» (2-й курс) – вивчення теорії та основ конструювання машин в рамках загальноінженерної підготовки, яка включає в себе вивчення методів розрахунку, проектування і конструювання деталей машин загального призначення з метою забезпечення вибору більш раціональних матеріалів, придання деталям найбільш вигідних форм і розмірів, встановлення ступеня точності, якості поверхні та технічних умов виготовлення, а також вибору мастильних матеріалів. Студентами виконується курсовий проєкт з проектування механічного привода, що, зокрема, включає в себе розрахунок та 3D-моделювання редукторів, оформлення складальних та робочих креслень, іншої конструкторської документації (рис. 2). Додатково, студенти мають можливість поглиблено вивчати чисельні методи розрахунку деталей машин на міцність та жорсткість в рамках дисципліни «Системи інженерного аналізу».

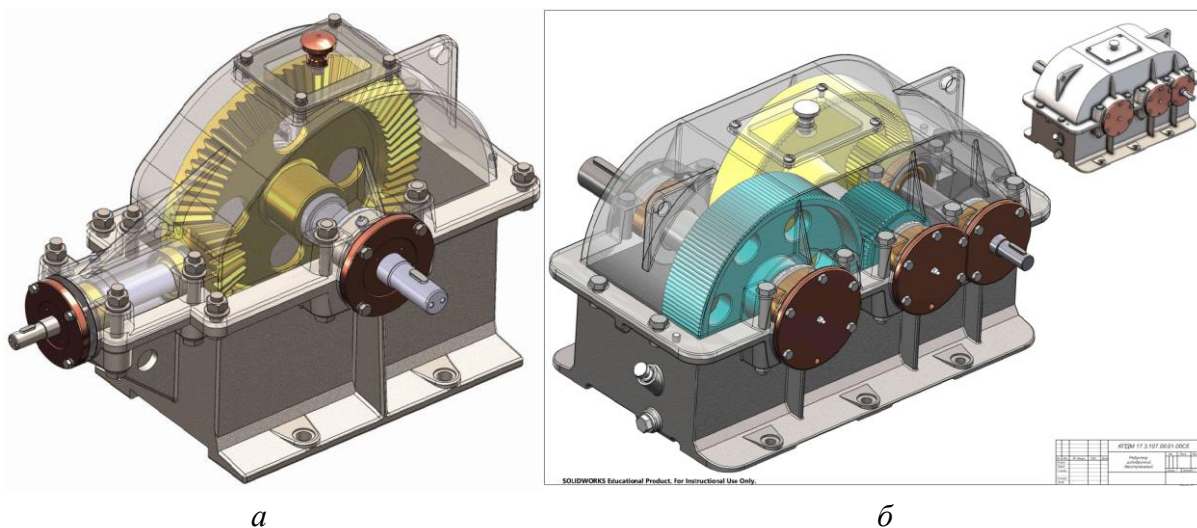


Рисунок 2 – Приклади курсових проєктів з курсу «Деталі машин»

– «Комп'ютерне забезпечення процесів відновлення» (2-й курс) – використання методу скінченних елементів для лінійного статичного аналізу в SOLIDWORKS Simulation деталей та пристосувань для відновлення деталей автомобілів: розрахунок пристосувань на міцність є важливим етапом їхнього проектування та перевірки, приклади наведено на рис. 3;

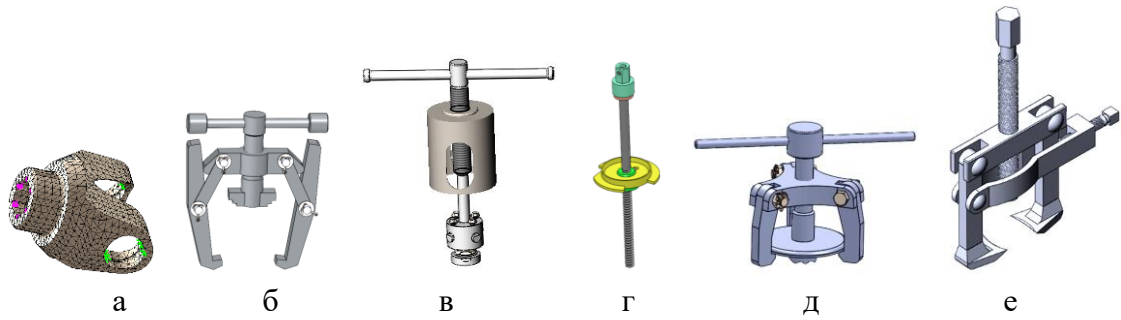


Рисунок 3 – Переднє вухо карданного валу (а), знімач підшипників (б), знімач втулок (в), пристосування для стиску пружин (г), знімач універсальний (д), знімач кермових сошок (е)

– «Контроль якості покриттів» (2-й курс) – визначення параметрів якості покриттів і застосування комп'ютерних технологій SOLIDWORKS Simulation [1-4] для визначення їх експлуатаційних характеристик (рис. 4, 5);

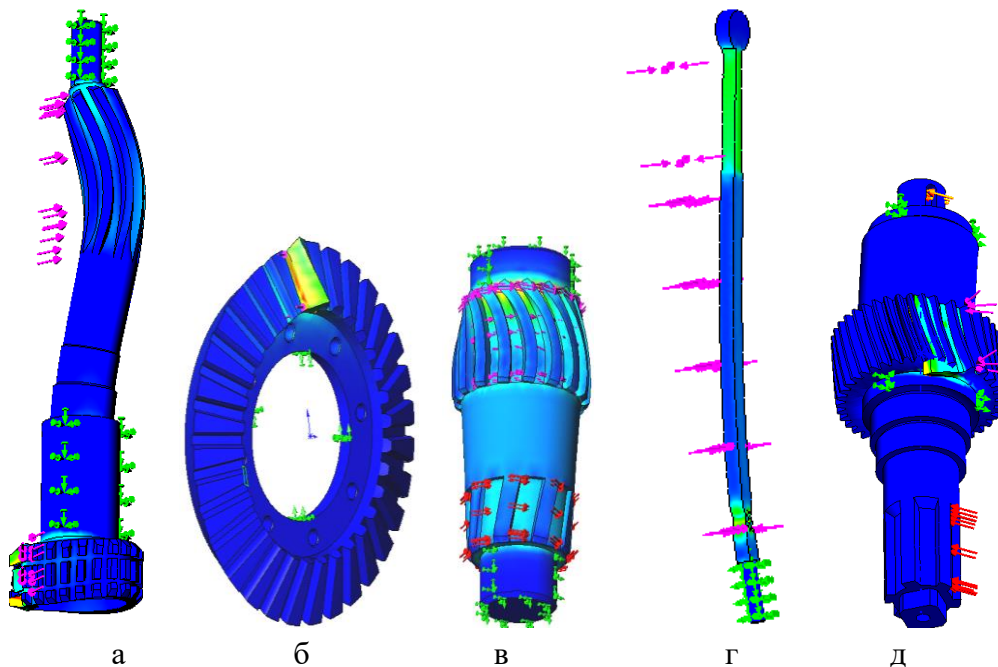


Рисунок 4 – Оцінка впливу твердості покриття на сумарні напруження von Mises первинного валу коробки передач (а), шестерні переднього моста (б), валу роздавальної коробки (в), тяги керма (г), валу коробки передач (д)

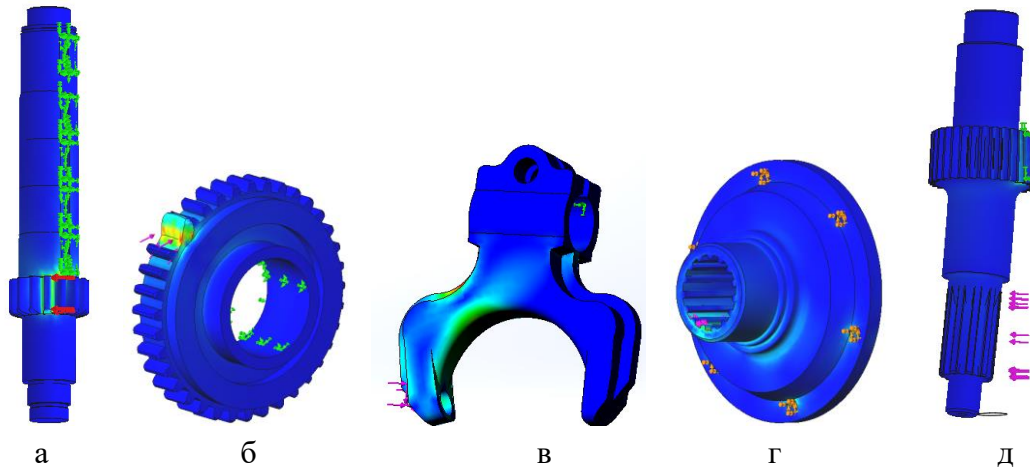


Рисунок 5 – Оцінка впливу корозії покриття на сумарні напруження von Mises вторинного валу коробки передач (а), шестерні (б), вилки (в), фланця (г), вал-шестерні (д)

– «Системи автоматизованого проектування технологічних процесів (САПР ТП відновлення та зміцнення» (магістратура спеціальності G8 «Матеріалознавство», 1-й курс) – створення бази даних (БД) з відновлення та зміцнення деталей автомобільного транспорту (АТ), з використанням MS Access, проектування технологічної підготовки виробництва, розробка технологічної документації (Word, Excel); застосування PTC MathCAD для математичного моделювання зносостійкості зміцнених та відновлених деталей.

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 [5], 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 [6-9], 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 [10]. Але основною перешкодою до його реалізації є відсутність формалізованого представлення про просторове розташування поверхонь деталі. З плоского крес-

лення, 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 (автоматичний вибір відповідної технології з архіву з наступною доробкою у діалозі);
- формування ТП з окремих блоків, які зберігаються у бібліотеці типових технологічних операцій і переходів;
- 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 за допомогою спеціальних процедур доступу до довідкових БД тощо.

У кожному конкретному випадку технологу повинна бути надана можливість вибору оптимального сполучення режимів проектування, взаємодоповнюючих один одного. 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 PostgreSQL, Oracle Database, Microsoft SQL Server, MySQL.

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 організації навчального процесу використано систему керування реляційними базами даних MySQL, яка забезпечує зберігання, обробку та керування реляційними даними з використанням SQL (Structured Query Language – мова структурованих запитів), підтримуючи базові транзакції та індексацію. SQL орієнтована на швидку роботу веб-додатків і простоту розгортання.

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, 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 пакета 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 інфолю-

гічної 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 (рис. 6);

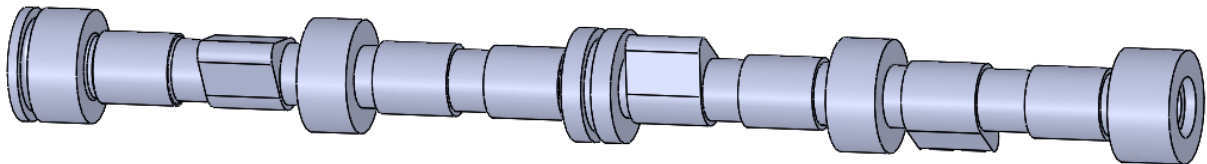


Рисунок 6 – Розподільний вал автомобіля Toyota Corolla 12

– вибір способу зміцнення розподільного валу (розробка БД з використанням СУБД Access і мови SQL – створення таблиць, форм, запитів), як наведено на рис. 7;

Таблиці											
Форма											
Запит SQL	<pre>SELECT [Поверхні деталей ГРМ, вимоги до зміцненої поверхні].[№ Поверхні], [Поверхні деталей ГРМ, вимоги до зміцненої поверхні].[Назва поверхні], [Способи зміцнення поверхні №1 розподільного валу].[Спосіб зміцнення], [Способи зміцнення поверхні №1 розподільного валу].[Твердість після зміцнення, HRC], [Способи зміцнення поверхні №1 розподільного валу].[Глибина зміцнюваного шару, мм] FROM [Поверхні деталей ГРМ, вимоги до зміцненої поверхні] LEFT JOIN [Способи зміцнення поверхні №1 розподільного валу] ON [Поверхні деталей ГРМ, вимоги до зміцненої поверхні].[№ Поверхні] = [Способи зміцнення поверхні №1 розподільного валу].[№ Поверхні] WHERE ((([Способи зміцнення поверхні №1 розподільного валу].[Твердість після зміцнення, HRC]>'58') AND (([Способи зміцнення поверхні №1 розподільного валу].[Глибина зміцнюваного шару, мм]>'1')));</pre> <p>Вибір способу зміцнення опорних шийок</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>№ Поверхні</th> <th>Назва поверхні</th> <th>Спосіб зміцнення</th> <th>Твердість після зміцнення</th> <th>Глибина зміцнюваного шару, мм</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>Опорні шийки</td> <td>ТЦО</td> <td>62</td> <td>20</td> </tr> </tbody> </table>	№ Поверхні	Назва поверхні	Спосіб зміцнення	Твердість після зміцнення	Глибина зміцнюваного шару, мм	1	Опорні шийки	ТЦО	62	20
№ Поверхні	Назва поверхні	Спосіб зміцнення	Твердість після зміцнення	Глибина зміцнюваного шару, мм							
1	Опорні шийки	ТЦО	62	20							

Рисунок 7 – Вибір способу зміцнення розподільного валу

– проведення лінійної та поліноміальної регресії (апроксимація даних) методом найменших квадратів даних зносостійкості розподільного валу (MathCAD) – рис. 8;

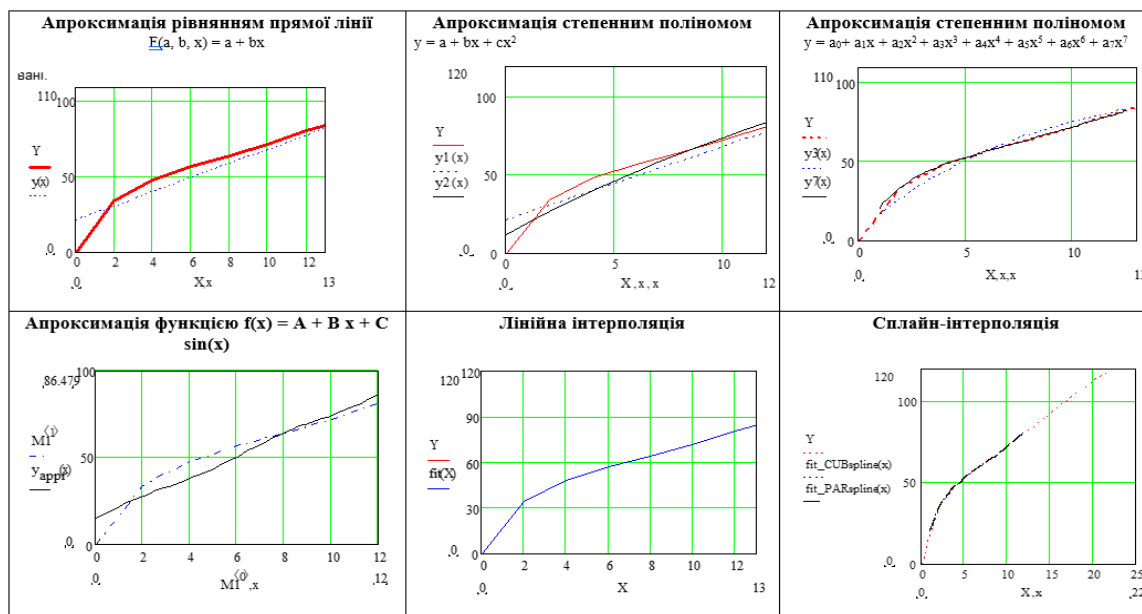


Рисунок 8 – Математичне моделювання ТП у середовищі MathCAD

– визначення оптимального режиму зміцнення розподільного валу, приклад наведено на рис. 9;

Керуючі запити SQL, використання VBA	Запити на вибірку мовою SQL
<p>Створення таблиці Основні деталі ГРМ</p> <pre>CREATE TABLE Основні деталі ГРМ (Код деталі INTEGER NOT NULL UNIQUE PRIMARY KEY, Назва деталі VARCHAR, К-ть деталей VARCHAR, Матеріал VARCHAR, Твердість заготовки VARCHAR, Твердість після термообробки VARCHAR);</pre>	<p>Основні деталі ГРМ</p> <pre>SELECT [Основні деталі ГРМ].[Назва деталі], [Основні двигуна].Матеріал FROM [Основні деталі двигуна];</pre>
<p>Створення таблиці Поверхні валу</p> <pre>CREATE TABLE Поверхні валу (Код деталі INTEGER NOT NULL UNIQUE PRIMARY KEY, Номер поверхні VARCHAR, Назва поверхні VARCHAR, Метод чи прилад контролю VARCHAR);</pre>	<p>Дефекти валу</p> <pre>SELECT [Поверхні валу].[Код деталі], [Поверхні валу].[номер поверхні], [Поверхні валу].[Назва поверхні], [Поверхні валу].[Метод чи прилад контролю] FROM [Поверхні валу] WHERE ((([Поверхні валу].[номер валу])="3"));</pre>
<p>Створення таблиці Способи зміцнення</p> <pre>Sub CreateTable() Dim Table As New Table Dim Catalog As New ADOX.Catalog Dim Key As New ADOX.Key Catalog.ActiveConnection = "Provider = Microsoft.Jet.OLEDB.4.0;Data " & "Source=D:\VBA1.mdb" Table.Name = "Способи зміцнення" Table.ParentCatalog = Catalog Table.Columns.Append "Номер поверхні", adInteger Table.Columns.Append "Назва поверхні", adVarChar Table.Columns.Append "Спосіб зміцнення", adVarChar Table.Columns.Append "Назва деталі", adVarChar Catalog.Tables.Append Table Key.Name = "Номер поверхні" KeyType = adKeyPrimary Key.Columns.Append "Номер поверхні" Catalog.Tables("Способи зміцнення").Keys.Append Key, KeyPrimary Set Catalog.ActiveConnection = Nothing End Sub</pre> <p>Введення рядка 1 у таблицю Способи зміцнення поверхні</p> <pre>INSERT INTO Способи зміцнення VALUES (1, 'СПЦО', 500, 600);</pre>	<p>Результуюча таблиця</p> <pre>SELECT [Основні деталі ГРМ].[Назва поверхні], [поверхні валу].[Назва поверхні], [Способи зміцнення].[спосіб зміцнення] FROM ([Основні деталі ГРМ] INNER JOIN [Поверхні валу] ON [Основні деталі ГРМ].[Код деталі]=[Поверхні валу].[Код деталі]) INNER JOIN [Способи зміцнення] ON [поверхні валу].[номер поверхні]=[Способи зміцнення поверхні].[номер поверхні] WHERE ((([Основні ГРМ].[Назва деталі]="валу") AND ((([Поверхні валу].[номер поверхні])="2"));</pre>

Рисунок 9 – Вибір оптимального режиму зміцнення розподільного валу

– аналіз розрахунків напруженого стану розподільного валу (рис. 10).

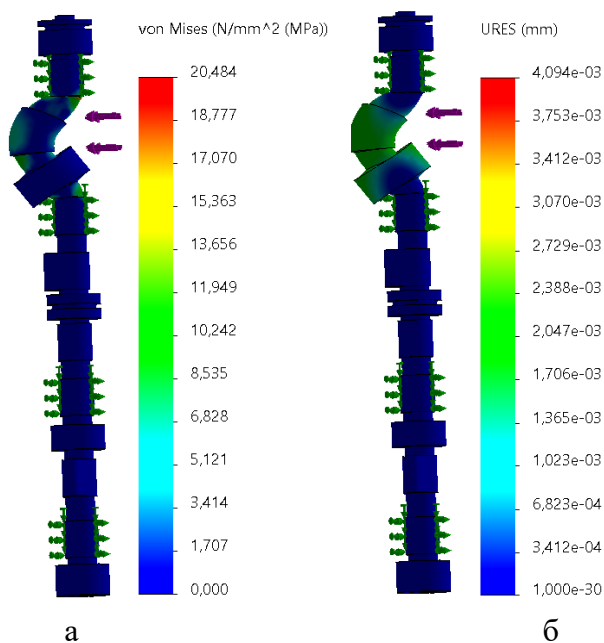


Рисунок 10 – Епюра розподілу максимальних напружень (а) та переміщень (б)

Приклади маршрутної та операційної карт ТП зміцнення розподільного валу наведені на рис. 11.

ДСТУ-Н 7914-2015												
1												
2												
3	Дубл.											
4	Взам.											
5	Підп.											
6												
7												
8	Розробка 25.05.25											
9	Перевірка Рубик ХНУ											
10	Нормував											
11	Н. контроль											
12	Розподільний вал											
13	M01											
14	M02											
15												
16	A. Цех Дл РМ Спер Код, найменування операції											
17	B. Код, найменування обладнання											
18	A03 005 Мийна											
19	B04 Машинна мийна М2АП 14783 2 05 1 100 1 1,7 0,37											
20	05											
21	A06 010 Транспортувальна											
22	07											
23	O08 Транспортувати деталі на робоче місце для проведення дефектації на відстань до 10 м											
24	T09 Тара 7543 (10 шт., 55кг); візок ручний 6334.00											
25	10											
26	A11 015 Дефектувальна											
27	12 Стіл ВТК 14054 02 1 100 1 14 3,6											
28	13											
29	14											
30	МК Маршрутна карта											

а

3. Rudyk, O.Yu., Dykha, O.V. (2020) SolidWorks as an innovative means for studying the disciplines of automobile profile. "System technologies" 3 (128), Pp. 21-35.
4. Rudyk, O.Yu., Poberezhnyi, M.M., Kaplun, P.V., Gonchar, V.A. (2025). Application of computer-integrated technologies in modern engineering systems. "System Technologies", 4 (159), Pp. 37-45.
5. 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.
6. 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.
7. 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.
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. 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.
10. Третяк 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.

REFERENCES

1. Rudyk O., Kaplun P., Gonchar, V. (2022). Application of SolidWorks for the training of highly qualified specialists. Current problems in the education system: general secondary education institution – pre-university training – higher education institution: collection of scientific works of the materials of the VIII All-Ukrainian Scientific and Practical Conference, February 17, Kyiv, National Aviation University. Kyiv: NAU, Pp. 699-706.
2. Rudyk O.Yu., Kaplun P.V., Gonchar V.A. (2022). Application of SolidWorks is for professional preparation of specialists. Resource-oriented learning in "3D": accessibility, dialogue, dynamics: a collection of abstracts of reports of the 2rd International Scientific and Practical Internet Conference, Poltava, February 22-23. – Poltava: PUET, Pp. 140-146.
3. Rudyk O.Yu., Dykha O.V. (2020) SolidWorks as an innovative means for studying the disciplines of automobile profile. "System technologies" 3 (128), Pp. 21-35.
4. Rudyk O.Yu., Poberezhnyi M.M., Kaplun P.V., Gonchar V.A. (2025). Application of computer-integrated technologies in modern engineering systems. "System Technologies", 4 (159), Pp. 37-45.

5. 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.
6. 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 Natsionalnogo aerokosmichnogo universytetu im. M. Ye. Zhukovskoho “Kharkivskiy aviatsiinyi instytut”. Vidkryti informatsiini ta kompiuterni intehrovani tekhnolohii, (97), c. 164–194.
7. 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.
8. Artiukh, O.M., Dudarenko, O.V., Kuzmin, V.V., et al. (2021). Osnovy SAPR v avtomobilebuduvanni: navch. posib. Zaporizhzhia: NU “Zaporizka politekhnika”. 168 c.
9. Hrechanyi, O.M., Vasylchenko, T O., Vlasov, A.O., Ivakhnenko, O.P., Vernydub, M.V. (2025). Rol SAPR u rozrobsi inzhenernykh rishen dlia metalurhiinoi haluzi: dosvid zastosuvannia ANSYS, AutoCAD, SolidWorks ta MATLAB. Systemni tekhnolohii, 3(158), c. 10–20.
10. Tretiak, V.V., Sotnykov, V.D., Khudiakov, S.V., Skorchenko, I.V. (2020). Proektuvannia tekhnolohichnykh protsesiv u SAPR TP: navch. posibnyk do diplomnogo proektuvannia, Kharkiv: Natsionalnyi aerokosmichnyi universytet im. M.Ye. Zhukovskoho “Kharkivskiy aviatsiinyi instytut”, 80 p.

Received 30.03.2026.
Accepted 02.04.2026.
Published 30.04.2026

***The usage of computer-aided design systems for modeling complex systems
and technological processes for the restoration and reinforcement of parts***

Nowadays, all technological database management systems, excluding programming for CNC machines, essentially focus on automating the preparation of technological documentation. Among the most effective technologies capable of meeting these requirements are CAD systems for production preparation and engineering analysis. In recent years, CAD/CAM/CAE/PDM systems have progressed from relatively simple drafting applications to integrated software suites that provide unified support for the entire development cycle. The automated design of technological processes (TP) is the ultimate goal in the field of CAD technologies. However, the main obstacle to its implementation is the lack of a formalized representation of the three-dimensional arrangement of a part's surfaces. Therefore, these systems are not widely used in machine-building enterprises and are not used at all in auto repair and auto service enterprises in Ukraine.

The academic process is designed to train specialists capable of independently developing a database for a fully functional software system aimed at strengthening and restoring automotive components. Therefore, the MySQL relational database management system is used, which provides storage, processing, and management of relational data using SQL (Structured Query Language), supporting basic transactions and indexing. SQL is

designed for fast web application performance and ease of deployment. The relational DBMS MS Access was also used to organize the educational process; it features automatic SQL code generation when a user creates a query, integration with other MS Office programs, etc. Therefore, the MS Access system was chosen for the initial creation of the database for the strengthening and restoration of automotive parts.

All students complete an independent project to create information and software products designed to solve simple technological tasks. A compulsory requirement for these projects is a thorough algorithmic analysis, the creation of information-logical and data-logical database models, the inclusion of reference materials, and detailed documentation.

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

Рудик Олександр Юхимович – к.т.н., доцент кафедри трибології, автомобілів та матеріалознавства Хмельницького національного університету.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6937-1366>

Харжевський В'ячеслав Олександрович – д.т.н., професор кафедри галузевого машинобудування та агроінженерії Хмельницького національного університету.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-2781>

Rudyk Oleksandr Yuhymovych – PhD., associate professor, department of tribology, automobiles and materials science, Khmelnytskyi National University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6937-1366>

Kharzhevskiy Viacheslav Oleksandrovych – doctor of engineering sciences, professor, department of industrial and agricultural engineering, Khmelnytskyi National University.

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4816-2781>