

РОЗВ'ЯЗАННЯ ПРОБЛЕМИ ЕФЕКТИВНОСТІ ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ З ВИКОРИСТАННЯМ SOLIDWORKS ПРИ ТЕХНІЧНОМУ ОБСЛУГОВУВАННІ АВТОМОБІЛІВ

**А.В. Ліщук, магістрант, гр. МТВАм-21-1,
О.Ю. Рудик, доц., канд. техн. наук
Хмельницький національний університет**

Витрати на ремонт і технічне обслуговування (ТО) автомобілів є досить високими. При цьому вони експлуатуються із значними відхиленнями технічного стану механізмів від оптимальних. У таких автомобілів у наявності підвищена витрата палива, що викликано відсутністю необхідних умов для своєчасної та якісної оцінки їх технічного стану.

Зниженню негативних чинників, які впливають на якість ТО та ремонт автомобілів, сприяє запровадження новітніх методів і засобів технічного діагностування, у тому числі стендових перевірок – діагностування.

Діагностування проводиться при ТО, ремонті, виявленні причин відмов, а також при визначенні залишкового ресурсу автомобілів.

Основна мета застосування діагностування – забезпечення найбільш ефективного експлуатації автомобілів при мінімальних витратах на їхнє ТО й ремонт. Скорочення витрат при впровадженні діагностування досягається за рахунок виконання ремонтно-обслуговуючих робіт відповідно до технічного стану машин. Це дозволяє запобігти передчасним ремонтам, вчасно запобігти відмовам і скоротити простой автомобілів з технічних причин.

При діагностуванні визначають справність або тільки працездатність механізмів і систем; стан регульованих спряжень; технічні характеристики складових частин, зазначені в інструкції для експлуатації автомобіля; виявляють ознаки, місця й причини відмов. У результаті діагностування одержують характеристику фактичного технічного стану автомобіля (ставлять діагноз). На основі діагнозу вказують конкретні ремонтні роботи, необхідні для відновлення допустимих параметрів технічного стану.

Діагностування виконують згідно з технологією, яка містить: технічні вимоги на діагностування, вказівки про порядок і режими проведення робіт, застосовуваному устаткуванню, послідовності перевірок; поопераційних нормативах трудомісткості й тривалості робіт.

У результаті діагностування отримують інформацію про технічний стан автомобіля, яка дозволяє: вчасно виявити й запобігти його відмовам; підтримувати оптимальні регулювання; скоротити простой через технічні несправності; кваліфіковано оцінити технічний стан складових частин й розробити рекомендації з виконання попереджувальних операцій; замінити окремі частини автомобіля, їх ремонт або подальшу експлуатацію без ТО.

Впровадження діагностування дозволяє на основі достовірної інформації про технічний стан автомобіля раціонально організувати його ТО й ремонт.

Тому метою даного дослідження є визначення працездатності стенду діагностики коробок передач і ведучих мостів автомобілів на основі використання універсальної системи параметризації SolidWorks. Конструкція стенду діагностики та принцип його роботи наведені в [1].

Початок дослідження – екстремальний випадок, який може виникнути при збиранні стенду діагностики: ослаблення (або відсутність) правого болта кріплення підшипникової опори. Внаслідок цього відбувається перекіс вала барабану [2]. Продовження – розрахунок статичної міцності вала натяжного пристрою ланцюгової передачі [3].

У цих дослідженнях для розрахунків застосовані інформаційні технології на прикладі застосування сучасної промислової системи автоматизованого проектування (CAD) та інженерного аналізу (CAE) – SolidWorks. Її можливості:

- простий інтерфейс;
- можливість при побудові віртуального образу визначати площу, об'єм, масу об'єкта, відстань між його характерними точками;
- спроможність легко змінювати розміри й форми віртуального геометричного тіла.

Додатком SolidWorks є SolidWorks Simulation, за допомогою якого можна прогнозувати поведінку деталі в реальній експлуатації. Для цього цифрова модель аналізується методом скінченних елементів (MSE). Можна проводити лінійний і нелінійний статичний і динамічний аналізи. Переваги [4]:

- можливість швидко прорахувати велику кількість альтернативних варіантів конструкції;
- скорочення часу розробки завдяки оптимізації конструкторських рішень;
- визначення запасу міцності, втомних напружень та інших параметрів на різних стадіях розробки деталі;
- скорочення витрат на матеріали (SolidWorks Simulation допомагає визначити й виключити зайвий запас міцності);
- зниження витрат на випробування фізичних зразків завдяки віртуальним випробуванням цифрових 3D-моделей.

Взаємодія з додатками SolidWorks для проектування [4]:

- робота у середовищі SolidWorks 3D CAD;
- підтримка конфігурацій і матеріалів SolidWorks;
- довідкова система, документація й база даних;
- запис макросів та інтерфейси прокладного програмування (API).

Основна ідея MSE полягає в тому, що будь-яку безперервну величину, таку як температура, тиск і переміщення, можна апроксимувати дискретною моделлю, яка будується на безлічі шматково-безперервних функцій. У загальному випадку безперервна величина наперед не відома, і потрібно визначити значення цієї величини в деяких внутрішніх точках області [3].

Останнє дослідження деталей стенду діагностики, яке проводиться у SolidWorks Simulation – статичний розрахунок його вала [1], матеріал якого – сталь 45 ГОСТ 333-88. При аналізі результатів моделювання встановлено, що мінімальний коефіцієнт запасу міцності вала становить $n = 2,903$, що більше допустимого $[n] = 1,5$. Тому мета даної роботи – визначення можливості заміни даного матеріалу на інший, наприклад, сталь 15 DIN 1.1141 (S15E) – рис. 1.

Имя:	Сталь 45 ГОСТ 333-88	Имя:	1.1141 (S15E)
Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный	Тип модели:	Линейный Упругий Изотропный
Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises	Критерий прочности по умолчанию:	Максимальное напряжение von Mises
Предел текучести:	$8,3e+08$ Н/м ²	Предел текучести:	$4,5e+08$ Н/м ²
Предел прочности при растяжении:	$9,8e+08$ Н/м ²	Предел прочности при растяжении:	$5,5e+08$ Н/м ²
Модуль упругости:	$2,04e+11$ Н/м ²	Модуль упругости:	$2,1e+11$ Н/м ²
Коэффициент Пуассона:	0,3	Коэффициент Пуассона:	0,28
Массовая плотность:	7826 кг/м ³	Массовая плотность:	7800 кг/м ³
Модуль сдвига:	$7,8e+10$ Н/м ²	Модуль сдвига:	$7,8e+10$ Н/м ²
Коэффициент теплового расширения:	$1,19e-05$ /Кельв	Коэффициент теплового расширения:	$1,1e-05$ /Кельв

а)

б)

Рисунок 1 – Властивості сталей 45 (а) і 15 (б)

Повторивши розрахунки в *SolidWorks Simulation* проведено розділення моделі валу на скінченні елементи [6], побудовано матрицю жорсткості, здійснено синтез скінченно-елементної моделі з урахуванням умов її закріплення у вузлових точках; розв'язано одержану систему алгебраїчних рівнянь; визначено компоненти напружено-деформованого стану (на рис. 2 наведено кінцевий результат розрахунку – запас міцності FOS валу).

Назва	Тип	Мін	Макс
Запас міцності	Авто	2,90266 У вузол 13965	7,01485e+006 У вузол 929

а)

Назва	Тип	Мін	Макс
Запас міцності	Авто	1,540e+00 У вузол 13965	9,566e+06 У вузол 929

б)

Рисунок 2 – Запас міцності FOS валу (а – сталь 45, б – сталь 15)

Встановлені максимальні напруження VON , які виникають у валу, виготовленому із сталі 15 $\sigma_{max} = 292,1 \text{ MPa}$ (вузол 13965); максимальне результуюче переміщення $URES$ $k_{max} = 1,283e-01 \text{ mm}$ (вузол 10663); максимальна еквівалентна деформація $ESTRN$ $\delta_{max} = 7,101e-04$ (елемент 4072). Таким чином, у випадку заміни сталі 45 на сталь 15 для виготовлення валу стану діагностичних коробок передач і ведучих мостів автомобілів запас міцності достатній (допустимий коефіцієнт запасу міцності $[n] = 1,5$).

Отже, отримані результати підтверджують актуальність проведеного дослідження з використанням *SolidWorks* та його додатку – *SolidWorks Simulation* (застосування лінійного статичного аналізу): з точки зору забезпечення міцності для виготовлення валу заміна його матеріалу є можливою. Але, враховуючи умови роботи цієї деталі, для підвищення її жорсткості рекомендується термічна або хіміко-термічна обробка.

Список використаних джерел

1. Bolevuk O. V. Application of ICT for the development of the diagnostic stand of gear-boxes and anchorless bridges of vehicles / O. V. Bolevuk, O. Yu. Rudak, M. O. Pash // Scientific achievements of modern society. Abstracts of the 6th International scientific and practical conference. Cognium Publishing House, Liverpool, United Kingdom, 2020. – Pp. 71-79. – URL: <http://elar.kh.ua/jspui/handle/123456789/8768>
2. Рудак Р. В. Дослідження придатності станку діагностичної автомобільної техніки за допомогою *SolidWorks* / Р. В. Рудак, О. Ю. Рудак, В. С. Єрмак // Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної Інтернет-конференції «Науково-єдині знання в «3D»: доступність, діалог, діяльність» / укл. Н. В. Коваленко, В. О. Батюк. – Полтава: КВУП ПДАА, 2019. – С. 80-85. – Режим доступу: <http://elar.kh.ua/jspui/handle/123456789/8431>
3. Трапезніков Л. М. Застосування інформаційно-комп'ютерних технологій для міцнісних розрахунків // Л. М. Трапезніков, О. Ю. Рудак, С. П. Мішур // Тези доповідей X Міжнародної науково-технічної конференції «Інформаційно-комп'ютерні технології – 2019» (18-20 квітня 2019 р.). – Житомир: ЖДТУ, 2019. – С. 190-191. – Режим доступу: <http://elar.kh.ua/jspui/handle/123456789/8466>
4. SOLIDWORKS Simulation [Електронний ресурс] – Режим доступу: http://fastmod.kiev.ua/simulation_pachetnik
5. Овчаренко В.А. Основи методу скінченних елементів і його застосування в інженерних розрахунках: Навчальний посібник / В.А. Овчаренко, С.В. Подольний, С.М. Зінченко. – Криваторський ДДМА, 2008. – 380 с.
6. Рудак О. Ю. Методологія використання ІКТ на базі *SolidWorks* / О. Ю. Рудак, О. В. Данил // Сучасні інформаційні технології освіти і науки: 3 Всеукр. наук. Інтернет-конф., 26-27 березня 2021 р.: (зб. матеріалів) / МОН України, Уманський держ. пед. ун-т імені Павла Тичини, Інст. інформаційних технологій і засобів навч. НАПН України [та ін.]; [редкол.: Мельничук М.О. (голова ред.), Тимчук Г.В., Жолуд О.В., [та ін.] – Умань: Вісник, 2021. – С. 120-122. – Режим доступу: <http://elar.kh.ua/jspui/handle/123456789/10192>

