



Г. С. Гудз¹, М. І. Герис², М. М. Осташук¹

¹ Національний університет "Львівська політехніка", м. Львів, Україна

² Національний лісотехнічний університет України, м. Львів, Україна

МОДЕЛІ ОЦІНЮВАННЯ ВИТРИВАЛОСТІ ВІДНОВЛЕНИХ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ВПЛИВАЮТЬ НА АКТИВНУ БЕЗПЕКУ АВТОМОБІЛЯ

Розроблено моделі для оцінювання витривалості відновлених деталей за різних режимів їхньої роботи, з'ясовано їхній вплив на активну безпеку автомобіля. Встановлено, що під час експлуатування автомобілів у їхніх деталях, що впливають на активну безпеку (поворотні цапфи, важелі поворотних цапф, кульові пальці) виникають зношування робочих поверхонь, ризики та тріщини у зоні розташування концентраторів напружень (галтелей). Для відновлення таких деталей застосовують наплавлення та металізацію поверхонь. З'ясовано, що для підвищення їхньої витривалості доцільно застосовувати механічне пластичне поверхнєве деформування (МППД) та електромеханічне оброблення (ЕМО) через переваги серед інших, які полягають у тому, що обладнання та оснащення для них достатньо прості. Вони дають змогу відновлювати геометричні параметри деталей та покращувати їхні фізико-механічні властивості. МППД та ЕМО подібні за технологією проведення, але відрізняються за фізичною сутністю. Якщо під час МППД застосовують силові зусилля від інструмента на оброблювану деталь, то ЕМО доповнює силову дію повільним нагріванням їхнього поверхневого шару електричним струмом. Виявлено, що комплексне використання згаданих технологій дає змогу згладжувати поверхневий шар, змінювати розміри, шорсткість, структуру, твердість та міцність деталі. Для оброблення застосовують токарний верстат, обладнаний електроконтактним пристроєм, а інструментом слугують твердосплавні пластини та ролики, закріплені в різцетримачі верстата. Встановлено, що експлуатаційні руйнування спричиняються місцевими концентраторами напружень у небезпечному перетині деталі (галтелі). З'ясовано, що на межу витривалості особливо помітно впливають границі покриття, яке значно менше знижує витривалість, якщо воно закриває галтель повністю або його межа відступає на допустиму мінімальну величину. Створено математичну модель, яка описує залежність витривалості деталей від зміцнення та повноти покриття (або їхньої відсутності) після відновлення, й підпорядковується параболічному закону, що підтверджено розрахованими коефіцієнтами кореляції.

Ключові слова: математична модель; витривалість деталей; наплавлення та металізація; поверхнєве зміцнення.

Вступ / Introduction

Дослідження стану ремонтного фонду автомобілів засвідчує, що за міжремонтний цикл експлуатації у їхніх деталях виникають подряпини, ризики, тріщини у зоні розташування концентраторів напружень, зношування робочих поверхонь та інші дефекти. Внаслідок цього збільшуються зазори між опорними поверхнями навантажених деталей, що супроводжуються інтенсивністю сил тертя, вібрацій та виникненням додаткових ударних навантажень, які різко (у 2–3 рази) зростають під час наїзду коліс на нерівності дороги за значних швидкостей руху. Тому актуальними постають питання дослідження закономірностей виникнення дефектів деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля (АБА), та

їхньої працездатності після застосованих способів відновлення.

Об'єкт дослідження – процеси відновлення та зміцнення деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля.

Предмет дослідження – методи і засоби виявлення закономірностей впливу на витривалість меж зміцнення й повноти покриття відновлених деталей, які активно сприяють безпечності автомобіля.

Мета роботи – експериментально дослідити та розробити математичні моделі оцінювання витривалості відновлених деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля.

Для досягнення зазначеної мети визначено таке ос-

Інформація про авторів:

Гудз Густав Степанович, д-р техн. наук, професор, кафедра автомобільного транспорту. Email: hustav.s.hudz@lpnu.ua;

<https://orcid.org/0000-0003-2283-4201>

Герис Микола Іванович, канд. техн. наук, доцент, кафедра лісових машин. Email: mherys@ukr.net;

<https://orcid.org/0000-0002-2866-7187>

Осташук Микола Михайлович, канд. техн. наук, доцент, кафедра транспортних технологій.

Email: mikola.ostashuk.m@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-5816-6818>

Цитування за ДСТУ: Гудз Г. С., Герис М. І., Осташук М. М. Моделі оцінювання витривалості відновлених деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля. Науковий вісник НЛТУ України. 2023, т. 33, № 6. С. 100–104.

Citation APA: Gudz, G. S., Herys, M. I., & Ostashuk, M. M. (2023). The models of endurance evaluation of renovated parts influence the active safety of the car. *Scientific Bulletin of UNFU*, 33(6), 100–104. <https://doi.org/10.36930/40330613>

нове завдання дослідження – отримати емпіричні залежності витривалості відновлених деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля, від повноти їхнього покриття.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Останні дослідження з відновлення деталей виконували досить давно через перерву, спричинену реструктуризацією авторемонтної галузі [1, 2, 8, 17, 19, 21]. Сьогодні ситуація змінилась, про що свідчать роботи [4, 5, 7, 9, 10, 12, 13, 14, 15, 16, 18, 20], в яких ретельно досліджено як позитивні сторони, так і негативні наслідки різних способів відновлення деталей машин.

Так, у роботі [7] проаналізовано методи локального поверхневого оброблення та відновлення виробів, викладено основні дані щодо параметрів стану поверхневого шару деталей машин, розглянуто конструктивні, експлуатаційні та технологічні методи підвищення зносостійкості деталей машин, основи їх хіміко-термічного оброблення тощо.

У роботі [12] проаналізовано проблеми збільшення ресурсу деталей автомобілів технологічними методами під час їх виготовлення й ремонту та виділено зміцнювальну вібраційну обробку в пружному середовищі як ресурсоощадний метод.

Питання прогресивних технологій відновлення та зміцнення деталей машин досліджено у роботах [4, 15, 17]. Зокрема, у роботі [17] наведено результати теоретичних і експериментальних досліджень електромагнітного наплавлення та наплавлення з поверхневим пластичним деформуванням, обґрунтовано оптимальні режими відновлення та зміцнення виробів. У роботі [15] обґрунтовано можливість підвищення довговічності деталей машин у процесі відновлювального ремонту шляхом нанесення газополумєним способом покриттів з композиційних матеріалів, а в роботі [4] обґрунтовано використання вібраційного зміцнювального оброблення в ремонтному виробництві.

До відновлювальних способів, що гарантують працездатність деталей, які впливають на активну безпеку автомобіля, потрібно віднести механічне поверхнєве пластичне деформування (МППД) [5, 9, 14, 16, 18] та електромеханічне оброблення (ЕМО) [6, 22]. Переваги зазначених способів перед іншими полягають у тому, що обладнання та оснащення для них достатньо прості; вони уможливають відновлювати геометричні параметри деталей та покращити їхні фізико-механічні властивості.

Попри значний обсяг проведених різними авторами досліджень поза увагою залишились питання оцінювання витривалості відновлених деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля. Тому розроблення математичних моделей оцінювання витривалості таких деталей та встановлення закономірностей впливу на неї різних технологічних чинників є актуальним завданням.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження ґрунтується на результатах емпіричного та експериментально-теоретичного досліджень відновлення деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля, виконаних у ТзОВ "ЛВ–ТРАНС–АВТО" (м. Дубляни). Під час виконання цього дослідження використано методи математичної статистики, зокрема, статистичного опису результатів спостережень, експериментальних дій і вимірювань та побудови математичних моделей.

Результати дослідження та їх обговорення / Research results and their discussion

Механічне поверхнєве пластичне деформування (МППД) деталей та їх електромеханічне оброблення (ЕМО) технологічно подібні, хоча за фізичною природою різняться. Під час МППД здійснюється механічна силова дія інструмента на об'єкт оброблення, яка призводить до осаджування або згладжування (обкатування) поверхневих шарів металу, тобто до зміни розміру, шорсткості, твердості та міцності деталі. ЕМО проходить за повільного нагрівання поверхневого шару металу електричним струмом та одночасної механічної силової дії на об'єкт оброблення, що дає змогу висаджувати–осаджувати–згладжувати (обкатувати) поверхневий шар, змінювати розмір, шорсткість, структуру, твердість і міцність деталі. Для оброблення використовують токарний верстат, обладнаний електроконтактним пристроєм, а інструментом слугують твердосплавні пластини та ролики, які закріплені у держаку на різцетримачі верстата. Для запобігання копіюванню дефектів рекомендують застосовувати пристрій з двома роликами, встановленими протилежно один до одного зі зсувом 0,5 мм від осі обертання деталі. Такий технологічний захід дає змогу отримати потрібні геометричні форми і розміри без подальшого шліфування за один прохід.

МППД та ЕМО можна використовувати для зміцнення деталей під час їхнього відновлення іншими способами, наприклад, наплавленням. Характер експлуатаційних поломок показує, що найчастіше руйнування спричинені місцевими концентраторами напружень у небезпечному перетині деталі (галтелі). На межу витривалості особливо помітно впливають границі покриття, яке значно менше знижує витривалість, якщо воно закриває галтель повністю або його межа відступає не менше ніж на 7 мм.

Реставраційні роботи, проведені у ТзОВ "ЛВ–ТРАНС–АВТО" (м. Дубляни), підтвердили, що зміцнення меж покриття та галтелі у відновлених у такий спосіб деталей дає змогу підвищити їхню витривалість до рівня нових (рис. 1).

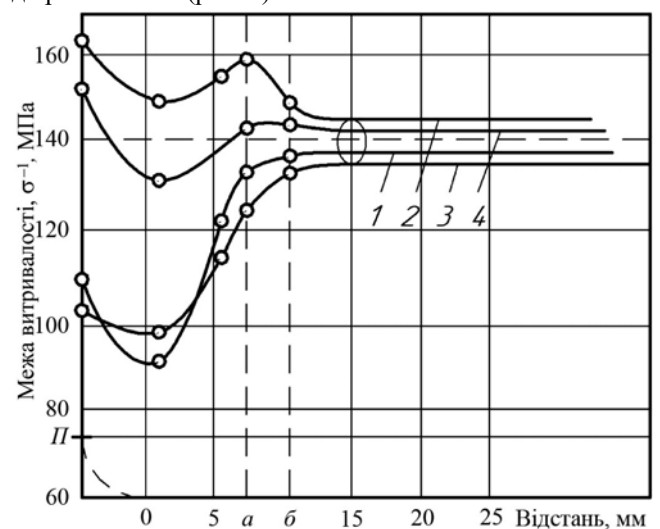


Рис. 1. Залежність зміни витривалості деталі від зміцнення і повноти покриття / Dependence of the change in durability of the part on the strengthening and completeness of the coating: 1 – наплавлення під легуючим флюсом / surfacing under alloying flux; 2 – те ж саме, зі зміцненням / the same, with strengthening; 3 – металізація / metallization; 4 – те ж саме, зі зміцненням / the same, with strengthening; ОІІ – радіус галтелі (умов-

но); a, b – оптимальна межа покриття шийки / OP – fillet radius (conditional); a, b – the optimal limit of coverage of the neck

Практика показує, що запас витривалості всіх навантажених деталей під час їхнього експлуатування істотно знижується. Тому за повторного використання таких деталей як поворотна цапфа, важіль поворотної цапфи, кульовий палець доцільно у зоні концентратора напруження (галтелі) усувати шліфуванням тонкий поверхневий шар металу (до 0,15 мм) та згладжувати–зміцнювати МППД або ЕМО (рис. 2).

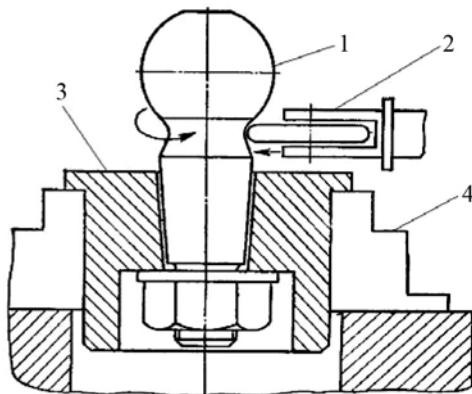


Рис. 2. Схема згладжування–зміцнення поверхневого шару металу в зоні концентратора напружень / Scheme of smoothing and strengthening of the surface layer of the metal in the zone of the stress concentrator: 1 – оброблювана деталь (кульовий палець) / processed part (ball finger); 2 – обкатник / break-in; 3 – тримач деталі / part holder; 4 – патрон токарного верстата / lathe chuck

Відомо, що будь-який об'єкт дослідження підпорядковується фізичним законам, що відображають характеристику об'єкта [3]. Проте, у реальних умовах, зазвичай, ці закони невідомі, й у такому разі замість закону застосовують модель об'єкта дослідження, тобто отримуємо залежність $y = f(x_i)$. Аналізуючи рис. 1, за незалежну змінну приймаємо віддаль x , а за залежну – змінну y (витривалість деталі). Для цього потрібно математично описати наведені криві для застосованих способів відновлення.

Наплавлення деталей під легуючим флюсом. Використавши методи математичної статистики, зокрема, статистичного опису результатів спостережень та побудови математичних моделей [3, 11], вибираємо три точки $(-5; 10,9)$, $(2; 9)$, $(8; 11,9)$ (крива 1 на рис. 1) та формуємо систему рівнянь

$$\begin{cases} 25A - 5B + C = 10,9 \\ 4A + 2B + C = 9 \\ 64A + 8B + C = 11,9 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} C = 9 - 4A - 2B \\ 25A - 5B + 9 - 4A - 2B = 10,9 \Rightarrow \\ 64A + 8B + 9 - 4A - 2B = 11,9 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} C = 9 - 4A - 2B \\ 21A - 7B = 1,9 \\ 60A + 6B = 2,9 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 0,0581 \\ B = -0,0973 \\ C = 8,9623 \end{cases}$$

Математична модель набуває вигляду
 $\hat{y} = 0,0581x^2 - 0,0973x + 8,9623$.

Адекватність моделі оцінимо через розрахунок коефіцієнта кореляції [3]:

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{\sigma_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{0,12}{3,08}} = \sqrt{\frac{2,96}{3,08}} = \sqrt{0,96} = 0,98.$$

Оскільки $R > 0,7$, то щільність зв'язку й вибрана форма залежності $\hat{y} = f(x)$ адекватна і характеризує її близькість до параболічної [11].

Наплавлення деталей під легуючим флюсом зі зміцненням. Аналогічно з описаною вище методикою вибираємо з рис. 1 координати трьох точок кривої 2: $(-5; 16,4)$, $(0; 15,2)$, $(11; 15,1)$ та формуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 25A - 5B + C = 16,4 \\ C = 15,2 \\ 121A + 11B + C = 15,1 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 25A - 5B = 1,2 \\ C = 15,2 \\ 121A + 11B = -0,1 \end{cases} \Rightarrow$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 96A + 16B = -1,3 \\ B = (-1,3 - 96A) / 16 \\ C = 15,2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 0,0144 \\ B = -0,1678 \\ C = 15,2 \end{cases}$$

Математична модель у цьому випадку
 $\hat{y} = 0,0144x^2 - 0,1678x + 15,2$.

Коефіцієнт кореляції

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{\sigma_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{0,03}{0,16}} = \sqrt{\frac{0,13}{0,16}} = \sqrt{0,8125} = 0,90.$$

Оскільки $R > 0,7$, то ця модель адекватно відтворює параболічну форму залежності $\hat{y} = f(x)$.

Металізовані деталі. Розглядаючи криву 3 (див. рис. 1), вибираємо координати трьох точок $(-5; 10,29)$, $(0; 9,72)$, $(11; 13,5)$ й записуємо систему рівнянь:

$$\begin{cases} 25A - 5B + C = 10,29 \\ C = 9,72 \\ 121A + 11B + C = 13,5 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 25A - 5B + 9,72 = 10,29 \\ C = 9,72 \\ 121A + 11B + 9,72 = 13,5 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 25A - 5B = 0,57 \\ C = 9,72 \\ 121A + 11B = 3,78 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 0,0286 \\ B = 0,290 \\ C = 9,72 \end{cases}$$

Математична модель набуде вигляду
 $\hat{y} = 0,0286x^2 + 0,290x + 9,72$.

Коефіцієнт кореляції

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{\sigma_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{0,1}{1,54}} = \sqrt{\frac{1,54 - 0,1}{1,54}} = \sqrt{0,935} = 0,97.$$

Оскільки $R > 0,7$, то гіпотеза, що експериментальні дані підпорядковані параболічному закону правильна, й модель адекватна [11].

Металізовані деталі зі зміцненням. Координати точок $(-5; 15,3)$, $(0; 13,2)$, $(11; 14,4)$ (крива 4, див. рис. 1) визначають систему рівнянь, розв'язок якої – математична модель досліджуваного об'єкта:

$$\begin{cases} 25A - 5B + C = 15,3 \\ C = 13,2 \\ 121A + 11B + C = 14,4 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} 25A - 5B + 13,2 = 15,3 \\ 121A + 11B + 13,2 = 14,4 \\ C = 13,2 \end{cases}$$

$$\Rightarrow \begin{cases} 25A - 5B = 2,1 \\ 96A + 16B = -0,9 \\ C = 13,2 \end{cases} \Rightarrow \begin{cases} A = 0,0331 \\ B = -0,2547 \\ C = 13,2 \end{cases}$$

Функціональна залежність, яка описує математичну модель об'єкту.

$$\hat{y} = 0,0331x^2 - 0,2547x + 13,2.$$

Щільність зв'язку між змінними x_i та y і правильність вибору функціональної залежності підтверджується коефіцієнтом кореляції

$$R = \sqrt{1 - \frac{\sigma_{\varepsilon}^2}{\sigma_y^2}} = \sqrt{1 - \frac{0,3}{0,95}} = \sqrt{\frac{0,95 - 0,3}{0,95}} = \sqrt{0,968} = 0,98.$$

Оскільки $R > 0,7$, то параболічна форма зв'язку між змінними адекватна [11].

Обговорення результатів дослідження. Сучасний розвиток ремонтного виробництва, як складової частини технічного сервісу, потребує впровадження прогресивних технологій відновлення та зміцнення деталей машин для підвищення їх надійності й довговічності та машин загалом [4, 15, 17].

Нещодавні дослідження проблем збільшення ресурсу деталей машин і механізмів свідчать, що під час їх виготовлення й ремонтування ефективно застосовують досить багато технологічних способів і методів. Серед них виділено зміцнювальне вібраційне оброблення в пружному середовищі [12], електромагнітне наплавлення та наплавлення з поверхневим пластичним деформуванням [17], нанесення газополуменевим способом покриттів з композиційних матеріалів [15] та інші. До відновлювальних способів, що гарантують працездатність деталей, які впливають на активну безпеку автомобіля, варто віднести механічне поверхнєве пластичне деформування [5, 9, 14, 16, 18] та електромеханічне оброблення [6, 22].

У процесі дослідження встановлено, що експлуатаційні поломки деталей, які впливають на активну безпеку автомобіля (поворотні цапфи, важелі поворотних цапф, кульові пальці), найчастіше спричинені місцевими концентраторами напружень у небезпечному перетині деталі – галтелі. Зважаючи на наведене вище, можна стверджувати, що на межу витривалості особливо помітно впливають границі покриття, яке значно менше знижує витривалість, якщо воно закриває галтель повністю або його межа відступає на допустиму мінімальну величину (не менше ніж на 7 мм).

Отримані результати щодо залежності витривалості деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля, від повноти покриття для різних способів відновлення, сприятимуть розширенню наукової бази для поліпшення їх характеристик, а створені математичні моделі, які описують цю залежність, дадуть змогу вдосконалювати технологічні процеси відновлення таких деталей.

Отже, за результатами виконаної роботи можна сформулювати такі наукову новизну та практичну значущість результатів дослідження.

Наукова новизна отриманих результатів дослідження – створено математичні моделі оцінювання витривалості відновлених деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля, а також обґрунтовано способи відновлення таких деталей.

Практична значущість результатів дослідження – становлять для технологів авторемонтного виробництва базу знань для покращення техніко-експлуатаційних характеристик відновлених деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля, а також для інженерів з технічного експлуатування автотранспортних засобів.

Висновки / Conclusions

Створені, на підставі експериментальних досліджень, математичні моделі оцінювання витривалості відновлених деталей, що впливають на активну безпеку автомобіля, відповідають зазначеній меті дослідження, а отримані результати дали змогу зробити такі висновки:

1. Для відновлення витривалості деталей, що впливають на АБА, застосування наплавлення або металізації недостатньо. Для цього потрібно зміцнити їхні поверхні пластичним деформуванням або електромеханічним обробленням.

2. Створені математичні моделі показали, що витривалість таких деталей для розглянутих способів відновлення підпорядковується параболічній залежності.

3. Отримані залежності витривалості деталей для різних способів їхнього відновлення дають технологам змогу правильно вибирати ширину відновлювального покриття та прогнозувати орієнтовну довговічність деталей.

References

1. Babey, Yu. I., Butakov, B. I., & Syisoev, V. G. (1995). *Poverhnostnoe uprochnenie metallov*. Kyiv: Naukova dumka. [In Russian].
2. Chernovol, M. I., Poedinok, S. E., & Stepanov, N. E. (1989). *Povyshenie kachestva vosstanovleniya detaley mashin*. Kyiv: Tekhnika. [In Russian].
3. Drohomiretska, Kh. T., Rybytska, O. M., Sliusarchuk, O. Z., et al. (2012). *Teoriia ymovirnostei ta matematychna statystyka*. Lviv: Vyd-vo NU "Lvivska politehnika". [In Ukrainian].
4. Dudnikov, A. A., Dudnikov, I. A., Dudnyk, V. V., & Burlaka, O. A. (2021). Methods of restoring parts of agricultural machines. *Bulletin of Poltava State Agrarian Academy*, (2), 280–285. <https://doi.org/10.31210/visnyk2021.02.37>
5. Dudnikov, A. A., Dudnyk, V. V., Burlaka, O. A., et al. (2020). Vidnovlennia detalei poverkhnevym plastychnym deformuvanniam. *Visnyk Poltavskoi derzhavnoi ahrarnoi akademii*, 4, 251–258. <https://doi.org/10.31210/visnyk2020.04.32>
6. Dykha, O. V., & Chumakov, O. P. (2010). Poverkhnevyyi strukturnyi stan stalei pislia dyskretnoho elektromekhanichnoho obrobлення. *Problemy tertia ta znoshuvannia*, 54, 143–148. [In Ukrainian]. https://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptz_2010_54_17
7. Fesenko, A. H., Bechke, K. V., Manzheliivskiy, S. V., et al. (2015). *Metody poverkhnevoho zmitsnennia u protsesi vyhotovlennia detalei mashyn*. Dnipropetrovsk: RVV DNU. [In Ukrainian].
8. Goncharov, V. G., & Savchenkov, B. V. (2003). Issledovanie iznosostojkosti stalnykh kolenchatykh valov. *Visnyk KhDTUSH*, 17, 71–76. [In Russian].
9. Ivankova, O., Bartosh, V., Obshechiy, Y., & Kysil, Y. (2023). Restoration of worn parts of agricultural equipment by plastic deformation. *Modern Engineering and Innovative Technologies*, 1(25–01), 23–29. <https://doi.org/10.30890/2567-5273.2023-25-01-073>
10. Kalchenko, V. I., Kalchenko, V. V., & Venzheha V. I. (2013). *Vidnovlennia detalei avtomobiliv*. Chernihiv: ChNTU. [In Ukrainian].
11. Klepko, V. Yu., & Holets, V. L. (2009). *Vyshcha matematyka v prykladakh i zadachakh*. Kyiv: Tsentr uchbovoi literatury. [In Ukrainian].
12. Kovalevskiy, S. V., Lukichov, A. V., & Matvienko, S. A. (2012). Analiz stanu renovatsii detalei avtomobiliv tekhnolohichnyimi metodamy. *Visnyk ZhDTU*, 3(62), 74–79. [In Ukrainian].
13. Kovalevskiy, S. V., Onyshchuk, S. H., Tulupov, V. I., & Starodubtsev, I. N. (2013). *Novi kombinovani metody obrobлення robochykh poverkhon detalei mashynobuduvannia (iz zastosuvanniam neirositovoho analizu)*. Kramatorsk: DDMA. [In Ukrainian].
14. Kulieshkov, Yu. V., Krasota, M. V., Rudenko, T. V., et al. (2021). Vidnovlennia porshnevnykh paltsiv hariachym plastychnym deformuvanniam. *Tsentralkoukrainskyi naukovyi visnyk. Tekhnichni nauky*, 4, 54–62. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4\(35\).54-62](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2021.4(35).54-62)
15. Luzan, S. O., & Petrenko, D. M. (2019). Pidvyshchennia dohovichnosti detalei mashyn pid chas yikh vidnovliuvannia remontu. *Visnyk Kharkivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu silskoho hospodarstva im. P. Vasylenka*. Kharkiv: 205, 211–217. URL: https://nbuv.gov.ua/UJRN/Vkhdtsug_2019_205_25. [In Ukrainian].
16. Marchenko, D. D., Dykha, A. V., Artyukh, V. A., & Matvyeyev, K. S. (2021). Studying the Tribological Properties of Parts Hardened by Rollers during Stabilization of the Operating Rolling Force. *Journal of Friction and Wear*, 41(1), 58–64. <https://doi.org/10.3103/S1068366620010122>

17. Mrochek, Zh. A., Kozhuro, L. M., & Filonov, I. P. (2000). *Progressivnye tehnologii vosstanovleniya i uprochneniya detaley mashin*. Minsk: Tehnoprint. [In Russian].
18. Odosii, Z. M., Shymanskyi, V. Ya., & Pindra, B. V. (2019). Vplyv zmitsniuiuchoi obrobky poverkhon plastychnym deformuvanniam ta ekspluatatsiini vlastyvoli detalei mashyn. *Naukovyi visnyk Ivano-Frankivskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu nafty i hazu*, 2(47), 7–14. URL: https://nbuv.gov.ua/UJRN/Nvif_2019_2_2. [In Ukrainian].
19. Podrigalo, M. A., Goncharov, V. G., & Savchenkov, B. V. (2003). Povyshenie nadezhnosti kolenchatykh valov dizelnykh dvigatelej naneseniem diskretnykh pokrytij. *Visnyk NTU "KhPI"*, 4, 115–123. [In Russian].
20. Polianskyi, O. S., Savchenkov, B. V., Dubinin, Ye. O., et al. (2012). *Tekhnolohiia vidnovlennia detalei ta remontu avtomobiliv*. Kharkiv: KhNADU. [In Ukrainian].
21. Posviatenko, E. K., Aliksieiev, V. V., & Rutkovskyi, A. V. (2005). Vidnovlennia kolinchastykh valiv dvyhunyv vnutishnoho zghoriannia ionno-impulsnym azotuvanniam. *Visnyk Sumskoho derzhavnoho universytetu: Seriia tekhnichni nauky (mashynobuduvannia)*, 11, 119–122. [In Ukrainian].
22. Sorokaty, R. V., & Dykha, M. O. (2012). Heometrychni parametry dyskretnoi elektromekhanichnoi obrobky i napruzhenyi poverkhnevyy stan. *Problemy trybolohii*, 4, 123–126. https://nbuv.gov.ua/UJRN/Ptl_2012_4_21. [In Ukrainian].

G. S. Gudzi¹, M. I. Herys², M. M. Ostashuk¹

¹ Lviv Polytechnic National University, Lviv, Ukraine

² Ukrainian National Forestry University, Lviv, Ukraine

THE MODELS OF ENDURANCE EVALUATION OF RENOVATED PARTS INFLUENCE THE ACTIVE SAFETY OF THE CAR

During the usage of the cars, the cracks, notches and wear in the zones of strains concentrations appear in car parts, which influence their active safety such as rotating trunnions, leverages of rotating trunnions, and ball pins. They lead to increasing spread between supporting surfaces of loaded parts, which are accompanied with intensification of friction forces, vibrations and additional hitting forces, increased sharply while collisions with road imperfections in the case of substantial speed of car movement. In order to renovate those parts, different kinds of welding and metallization methods are widely used, but they are insufficient. In the course of research, we found out, that the mechanical plastical surface deformation (MPSD) and electromechanical handling (EMH) should be applied, which are technologically similar, but are different by physical nature for providing their endurance. Advantages of those methods, in comparison with others, are based on the fact that equipment for their implementation is rather simple and allows renovating geometrical parameters of the parts and improving the physical-mechanical properties. The features of such defects are found to be caused by local strain concentrators at their dangerous perimeter (fillet). Moreover, the most significantly influencing upon endurance limits of the part are revealed to be limits of its covering. It was discovered by the experiment that the covering decrease part endurance much less when it covers the fillet sully or its limit is indented no less than 7 mms. The mathematical model of process mentioned above is made. It describes dependencies of endurance of parts, which influence active safety of the car upon the hardening and completeness of covering (or their absence) after surfacing or metallization of renovated surfaces. Studies of mentioned above mathematical model show that obtained dependencies are parabolic. This is confirmed by calculated correlation coefficients of corresponding equations.

Keywords: mathematical models; part endurance; surfacing or metallization; surface hardening.