

**Volodymyr Zahorianskyi**, Assoc. Prof., DSc.

*Kremenchuk Mykhailo Ostrohradskyi National University, Kremenchuk, Ukraine*

## **Development of Practical Methods of Application of Expert Methods of Systems Theory in Transport Process Research**

The purpose of the paper is to develop a practical methodology for using the Delphi method using Microsoft Excel for organizing and conducting expert analysis of the managed system. In the paper are considered applied aspects of the use of expert decision-making procedures, organization and expert analysis of the managed system.

One of the widely used methods of group evaluation of a predictive decision is the Delphi method, which is a series of sequentially implemented procedures aimed at preparing and substantiating the forecast. These procedures are characterized by the anonymity (independence of experts' answers) of the survey, which is regulated by the feedback between the results of the survey of the previous stage and the preparation of their new version, as well as the group nature of the answer.

The group answer is formed by processing and analyzing the results of the experts' answers. As a rule, "closeness" to the opinion of experts serves as the criterion for the completion of ego development. Using the method of mathematical processing of the results of expert analysis using the Delphi method in Microsoft Excel, it is determined whether the opinions of experts and the numbers of priority and non-essential areas (alternatives) agree. If the experts' opinions turn out to be inconsistent, adjust the value of their assessments, achieving consistency in views.

The Delphi method has undoubted advantages compared to methods based on the usual statistical processing of the results of individual surveys. It allows you to reduce fluctuations in the entire set of individual responses, limits fluctuations within groups. At the same time, as the conducted experiments show, the presence of poorly qualified experts has a less strong influence on the group assessment than simple averaging of the results of the answers, since the situation helps them to correct the answers due to receiving new information from their group.

The computer implementation of methods of expert evaluations during the creation of information support for management decision-making tasks was carried out.

**systems theory, research, expert, procedure, Delphi method, transport, process**

*Одержано (Received) 30.08.2023*

*Прорецензовано (Reviewed) 22.09.2023*

*Прийнято до друку (Approved) 30.10.2023*

**УДК 629.083:621.9**

**DOI:** [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\).1.175-182](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39).1.175-182)

**В.В. Драгобецький**, проф., д-р техн. наук, **Д.В. Молоштан**, канд. техн. наук,

**А.А. Черниш**, канд. техн. наук

*Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського,  
м.Кременчук, Україна*

*e-mail: vldrag@kdu.edu.ua, moloshtandima@gmail.com, chernyshkrnu@gmail.com*

## **Відновлення листових деталей транспортних засобів після дорожньо-транспортних пригод**

Ця стаття є продовженням досліджень щодо використання методів удосконалення ремонту кузовних деталей транспортних засобів після експертизи дорожньо-транспортних пригод. Корпусні елементи відносяться до основних та найбільш складних і ресурсомістких у виготовленні складових конструкції транспортного засобу (наземного, повітряного, морського). Крім того, корпусні деталі є основою конструкції транспортного засобу, яка об'єднує в силовому аспекті всі його частини в єдине ціле. Ресурс корпусу в цілому визначає експлуатаційну тривалість служби наземного транспорту загалом. На ресурс корпусних елементів, які зазвичай виготовляються з листа штампуванням, впливають корозія, експлуатаційні пошкодження та дорожньо-транспортні пригоди. Резервом підвищення довговічності корпусних, в тому числі листових деталей (ресори, ободи коліс тощо), є комплекс технологічних засобів і раціональний вибір технологічних параметрів процесу їх виготовлення листовим штампуванням.

**ремонт, експлуатація, транспортні засоби, деформування, зношування, листові деталі**

© В.В. Драгобецький, Д.В. Молоштан, А. Черниш, 2023

**Постановка проблеми.** Удосконалення технологічних процесів виробництва, відновлення та ремонту методами самостійного виготовлення та послідовного штампування дисків і вакуумного рихтування на основі комплексного моделювання життєвого циклу деталей та їх проектування.

Вибір параметрів виробу для технічного завдання на проектування і виробництво повинен бути строго обґрунтованим і враховувати найкращі параметри і характеристики виробів, наявних на ринку для даної мети.

Результати технічної підготовки виробництва, виконані відповідно до технічного завдання, повинні відповідати цілям виробництва. Цілі виробництва сучасної транспортної техніки можуть бути різноманітними:

- розроблення та проектування менш затратних методів відновлення та ремонту листових компонентів транспортних засобів;

- створення та експериментальна перевірка методу розрахунку деформаційного стану деталей під час їх штампування, з використанням припущень та отриманих аналітичних залежностей;

- розроблення експериментально-аналітичного методу розрахунку ресурсу листових елементів за умов експлуатаційних навантажень;

- випробування технічних рішень та практичних рекомендацій з метою підвищення експлуатаційної надійності листових деталей транспортних засобів та їх тривалості служби.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження існуючих та визначення ефективності традиційних методів відновлення, експлуатації та підвищення надійності листових деталей транспортних засобів вказують на необхідність розробки та впровадження конструктивно-технологічних рішень для збільшення ресурсу таких деталей автомобільного та залізничного транспорту на етапах їх проектування, виробництва та експлуатації. Відзначено, що сучасне виробництво деталей транспортних засобів вимагає розвитку технологій з великим спектром можливостей, зменшенням зусиль для деформації, розширенням та науковим обґрунтуванням методів визначення ресурсу деталей вакуумного рихтування кузовів автомобілів. Вагомий внесок у розвиток теорії та практики науково-обґрунтованих технологічних та експлуатаційних засобів для підвищення ресурсу деталей транспортних засобів здійснили такі вітчизняні та зарубіжні вчені, як Бакалець Д. В., Бутько Т. В., Єлізаветін М. А., Гаврилов Е. В., Гнатів А. В., Гребеніков А. Г., Доля І. К., Дмитриченко М. Ф., Лановий О. Т., Линник І. Е., Поліщук І. П., Посвятенко Е. К., Решетніков Д. Н., Сателъ Е. А., Савуляк В. І., Солтус А. П., Енаґоро Н., Trent N.

**Постановка завдання.** Мета роботи полягає у підвищенні тривалості служби листових елементів транспортних засобів шляхом удосконалення технологій їх виробництва, ремонту та відновлення за допомогою методів саморобного і послідовного листового штампування та вакуумного рихтування на основі комплексного моделювання життєвого циклу деталей та їх формоутворення.

У роботі також розглядається технологія відновлення кузовів транспортних засобів за допомогою рихтування. Систематизовано технологічні процеси листового штампування та найбільш перспективні засоби для підвищення ресурсних характеристик. Здійснено аналіз методів формування листових деталей транспортних засобів.

**Виклад основного матеріалу.** По-перше, надано аналітичний огляд особливостей виготовлення листових деталей (кузовних, облицьовувальних, обідків коліс, ресор та ін.) на вагонобудівних, автомобільних і ремонтних підприємствах. Представлено аналіз наукових джерел, у якому викладено методи теоретичних і

експериментальних досліджень та рекомендації вітчизняних і закордонних авторів щодо розрахунку напружено-деформованого стану та геометрії заготовки під час формування елементів жорсткості для плоских листових деталей.

Додатково розглянуто технологію відновлення кузовів транспортних засобів за допомогою рихтування. Систематизовано технологічні процеси листового штампування та визначено найбільш сприятливі засоби для підвищення ресурсних характеристик. Проведено аналіз методів формування листових деталей транспортних засобів. Перевага надана технологіям і технологічному оснащенню, спрямованим на створення умов для самочинного деформування заготовок (рис. 1-2) під впливом реактивних складових.

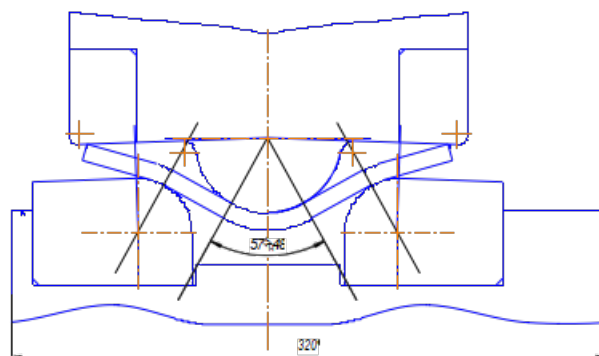


Рисунок 1 – Вигинання деталі «Накладка» ступеневим пуансоном

Джерело: розроблено авторами



$P_1, P_2$  – деформувальні зусилля;  $M_1$  – реактивний момент; 1-4 – заготовка та її елементи;  
5 – підпружинений пуансон

Рисунок 2 – Схемасамочинної формозміни рифта

Джерело: розроблено авторами

При обтягуванні по пуансону вплив на процес деформації переважно зумовлюють поперечні сили, тоді як при формуванні-втягці - діють поздовжні сили. Для забезпечення рівноваги заготовки в першому випадку виникають нормальні напруження на внутрішній поверхні, а в другому - на зовнішній, в напрямку пуансона або матриці. При обтягуванні по пуансону інтегральна сума елементарних сил, що виникають внаслідок широтних напружень по товщині заготовки, дорівнює нулю. У другому випадку інтегральна сума дорівнює поздовжній силі:

$$N = \int_r^R \sigma_{\varphi} dr . \quad (1)$$

Крім того, наявність поздовжньої сили також впливає на величину згинального моменту. Зі збільшенням абсолютної величини поздовжньої сили згинальний момент, необхідний для пластичного згинання заготовки, зменшується. Традиційні методи виготовлення розглянутих деталей вимагають використання потужних пресів.

Розглянемо процес формування окремого рифту в умовах жорсткого защемлення плоскої частини листа. Подовження поперечного перерізу напівкруглого елемента жорсткості можна визначити за різницею довжини дуги рифту і його ширини:

$$\varepsilon_{\varphi} = \pi - 2. \quad (2)$$

Зміна деформацій по товщині заготовки дорівнює:

$$\varepsilon_z = -\varepsilon_{\varphi}. \quad (3)$$

Інтенсивність деформацій:

$$\varepsilon_i = \frac{2}{\sqrt{3}}(\pi - 2). \quad (4)$$

Окружні напруження, що діють у напівкруглому елементі жорсткості:

$$\sigma_{\varphi} = \frac{qb}{2s}, \quad (5)$$

де  $q$  – тиск, що діє на заготовку;

$b$  – ширина елемента жорсткості;

$s$  – товщина заготовки.

Інтенсивність напружень з урахуванням того, що  $\sigma_z = 0$ ,  $\sigma_m = 0$

$$\sigma_i = \sigma_{\varphi} = \frac{qb}{2s}. \quad (6)$$

Інтенсивність деформацій розраховуємо за формулою (4)  $\varepsilon_i = 1,80$ . За діаграмою інтенсивних напружень для Ст 3 знаходимо  $\sigma_i = 300,0$  МПа. За залежністю (6) знаходимо тиск  $q$ , відповідний прогину  $h = \frac{b}{2}$ . Зусилля формування погонного метра рифту складе:

$$P_f = qS_p = \frac{2s \cdot \sigma_i}{b} \cdot \pi b \cdot 1 = 2\pi s \cdot \sigma_i, \quad (7)$$

де  $S_p$  – площа поверхні рифту.

Величина роботи деформування погонного метра рифту:

$$W = P_f \cdot b = 2\pi s b \cdot \sigma_i. \quad (8)$$

У разі обтягування по пуансону деформації розраховують за умовою збереження довжини окружності:

$$\varepsilon_{\varphi} = -\varepsilon_r = \ln \frac{r}{r_0} = \ln \frac{r}{\sqrt{r_0 \cdot (r_0 + s)}}, \quad (9)$$

де  $r$  – радіус заготовки в кінцевий момент деформування;  $r_0$  – початковий радіус заготовки.

Уважаємо, що поворот перетинів у процесі згинання відбувається відносно шару, з яким співпадає нейтральна поверхня в кінцевий момент деформації. Крім того, під час згинання довжина шару по нейтральній поверхні залишається незмінною. Величину відносної лінійної деформації можна визначити за таким співвідношенням:

$$\varepsilon_{\varphi} = -\varepsilon_r = \frac{r}{\sqrt{r_0 \cdot (r_0 + s)}} - 1. \quad (10)$$

Її максимальне значення складе:

$$\varepsilon_{\varphi \max} = \sqrt{\frac{r_0 + s}{r_0}} - 1 = \sqrt{1 + \frac{s}{r_0}} - 1 \approx 1 + \frac{s}{2r_0} - 1 \approx \frac{s}{2r_0}. \quad (11)$$

Середнє значення лінійної деформації складе  $\varepsilon_\varphi = \frac{s}{r_0}$ .

Інтенсивність деформацій під час обтягуванні буде дорівнювати:

$$\varepsilon_i = \frac{2}{\sqrt{3}} \cdot \frac{s}{r_0} = \frac{1}{\sqrt{3}} \cdot \frac{s}{b-t}. \quad (12)$$

Значення моменту визначаємо за залежністю:

$$M = \frac{1}{4} \sigma_i \cdot s^2 = P \cdot \frac{b}{2}. \quad (13)$$

Точніше його значення відповідає виразу:

$$M = \frac{bs^2}{6} (1,5 + \varepsilon_i) \sigma_i, \quad (14)$$

де  $\sigma_i$  – напруження плинності, яке визначають за діаграмою справжніх напружень;

$\varepsilon_i$  – ступінь деформації крайніх волокон під час обтягування.

Потім за залежністю (2.11) розраховуємо інтенсивність деформацій та за аналогією зі згаданим раніше визначаємо інтенсивність напружень. Енергія деформації унаслідок чистого згинання складе:

$$W_d = \frac{1}{2} \sigma_i \cdot s^2 \cdot P \cdot b, \quad (15)$$

де  $P$  – зусилля обтягування.

Розрахунок роботи деформації можна зробити і на підставі класичної теорії деформованості матеріалів [26]. Для формування елемента жорсткості, нехтуючи пружними деформаціями, умову сталості обсягу може бути записано у вигляді:

$$d\varepsilon_r = -d\varepsilon_z. \quad (16)$$

Умова збігання головних осей напружень і деформацій та сталості величини головних нормальних напружень має вигляд:

$$\frac{-\sigma_z}{\sigma_\varphi - \sigma_z} = \frac{-d\varepsilon_z}{d\varepsilon_\varphi - d\varepsilon_z} = \frac{\sigma_\varphi}{\sigma_z} = -\frac{d\varepsilon_\varphi}{d\varepsilon_z} = -1. \quad (17)$$

Якщо прийняти, що деформації за товщиною постійні, то збільшення деформацій можна визначити з виразів:

$$\begin{aligned} d\varepsilon_z &= \frac{ds}{s}; \\ d\varepsilon_\varphi &= \frac{dr}{r}. \end{aligned} \quad (18)$$

Рівняння рівноваги для формування циліндричного рифту приводиться до вигляду

$$\frac{d\sigma_\varphi}{\sigma_\varphi} = \frac{ds}{s} d\varphi, \quad (19)$$

де  $\varphi$  – кут згинання.

Враховуємо, що  $\sigma_\varphi = -\sigma_s$ ,  $\varphi$  змінюється від 0 до  $\pi$ , а товщина заготовки – від  $s_0$  до  $2s_0/\pi$ . З огляду на те, що при  $s = s_0/2\sigma_z = q$  ( $q$  – тиск, необхідний для формування елемента жорсткості), отримаємо тиск формування, що дорівнює:

$$q = \sigma_z \cdot \pi \cdot \ln \frac{2}{\pi}. \quad (20)$$

Середня величина роботи пластичної деформації під час формування складе для одиничної довжини:

$$W_f = q \cdot 2b \cdot b = 2b^2 \cdot \sigma_z \cdot \pi \cdot \ln \frac{2}{\pi} \approx 4b^2 \cdot \sigma_z. \quad (21)$$

Під час обтягування:

$$W_b = 0,25 \cdot \pi \cdot \sigma_s \cdot s^2 = 0,785 S^2 \sigma_s. \quad (22)$$

При  $b = 5s$  робота деформації під час обтягування в 1,3 раза менша, ніж під час формування. Зменшення роботи деформації також призводить до зменшення деформації та наклепу матеріалу, тому така технологічна схема більше спрямована на підвищення ресурсу листових деталей транспортних засобів. Наступна методика визначення енергії пластичної деформації ґрунтується на феноменологічній теорії деформованих матеріалів. Скористаємося діаграмою справжніх напружень Ст. 3 та діаграмами пластичності та стійкості.

Питому енергію, яка витрачена на пластичну деформацію, визначають з виразу:

$$W = A \int_0^{\varepsilon_i} \varepsilon_i d\varepsilon_n, \quad (23)$$

де  $A$  – коефіцієнт, чисельно рівний інтенсивності напружень (при  $\varepsilon_i = 1 A = 1000$  МПа);

$\varepsilon_i$  – ступінь деформації;

$n$  – критичний ступінь деформації в момент утворення шийки (при  $\varepsilon_i = 1$  для Ст. 3  $n = 0,315$ ).

Під час формування показник схеми напруженого стану дорівнює:

$$\eta = \frac{\sigma_1 + \sigma_3}{\sigma_u} = 0, \quad (24)$$

де  $\sigma_1, \sigma_3$  – головні напруження.

У цьому випадку  $\varepsilon_i = 0,7$ . У разі чистого вигинання  $\eta = 1$ ,  $\varepsilon_i = 0,5$ . За цією методикою співвідношення питомих робіт (а оскільки обсяг деформованого елемента однаковий, то і повних робіт пластичної деформації елемента жорсткості) складе:

$$\frac{1000 \int_0^{0,57} 0,7^{0,315} d\varepsilon_p}{\frac{1}{k-1} \int_0^{0,5} 0,5^{0,315} d\varepsilon_p} = \frac{509,4}{803,9} \approx 0,63(k-1), \quad (25)$$

де  $k$  – відношення ширини елемента жорсткості  $b$  до товщини заготовки  $s$ .

#### Висновки:

1. Розроблені та вдосконалені конструктивно-технологічні методи для підвищення тривалості служби листових деталей транспортних засобів.

2. Експериментальні дослідження підтвердили можливість отримання якісних плоских деталей з прямолінійним рифтом за допомогою методів гнуття.

3. Розроблено математичну модель для визначення стріли прогину та напружено-деформованого стану, що підтверджується критерієм Фішера за даними експерименту.

4. Виконано математичне моделювання процесу штампування закінцівки рифту під час вільної формозміни без контакту з жорстким інструментом.

5. Розроблено експериментально-аналітичний метод для оцінювання ресурсу

листових деталей транспортних засобів.

## Список літератури

1. Огородников В.А. Вплив гідростатичного тиску на пластичність металів. *Фізика і техніка високих тисків*. 2007. № 2, том 17, С. 7-11.
2. Огородников В.О., Алієва Л.І., Кожушаний В.М., Деревенько І.О. Параметри моделі, що формує карту матеріалу в процесах обробки тиском. *Обробка матеріалів тиском*. 2011. № 1. С. 98-98.
3. Огородников В.О., Грушко А.В., Гуцалюк О.В. Вибір критеріїв деформованості при оцінці використаного ресурсу пластичності в процесах обробки металів тиском. *Вісник НТУ "ХПІ"*. 2014. № 43. С. 127-136.
4. Алієва Л.І. Критерії деформованості та можливості їх використання в задачах обробки тиском. *Вісник Донбаської державної машинобудівної академії*. 2016. № 2. С.17-21.
5. Огородников В.А., Киселев В.Б., Сивак І.О. Энергия. Деформации. Разрушение. Винница: УНЭВИРСУМ-Винница, 2005. 204 с.
6. Можаровский М.С. Теория мощности, пластичности и ползучести: учебник. К.: Высшая шк., 2002. 308 с.
7. Dragobetskii V.V., Mospan D.V., Trotsko O.V., Lotous V.V. Excavator bucket teeth strengthening using a plastic explosive deformation. *Metallurgical and Mining Industry*. 2015. No. 4. P. 363–368.
8. Batygin Yu.V., Golovashchenko S.F., Gnatov A.V. Pulsed electromagnetic attraction of sheet metals – Fundamentals and perspective applications. *Journal of Materials Processing Technology, Elsevier*. 2013. № 213 (3). P. 444–452.
9. Zhongyu cui, Zhyong liu, Liwei Wang et al. Effect of plastic deformation on the electrochemical and stress corrosion cracking behavior of X70 steel in near-neutral pH environment. AUTHOR's Accepted Manuscript, 2016. P. 69.
10. Energy-flows control in liquids at electro-hydraulic forming / Мукхайло Тараненко та ін. *Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського*. 2022. Вип. 6 (137). С. 63-72 [http://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2022\\_6\\_7.pdf](http://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2022_6_7.pdf) (дата звернення:17.09.2023).
11. Salenko O., Dzhulii D., Drahobetskyi V., Symonova A., Moloshtan D. Damage Mechanisms of Multilayer Axisymmetric Shells Obtained by the FDM Method. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing VI.DSMIE 2023. Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32774-2\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32774-2_27)
12. Moloshtan D., Kuzev I., Shlyk S., Shchetynin V. Material saving reserves in sheet stamping production. *Norwegian Journal of development of the International Science*. 2021. №56, Vol.1. P. 47-52

## References

1. Ohorodnykov, V.A. (2007). Vplyv hidrostatychnoho tysku na plastychnist' metaliv [The effect of hydrostatic pressure on the plasticity of metals]. *Fizyka i tekhnika vysokokh tyskiv – Physics and technology of high pressures, 2, Vol.17*, 7-11 [in Ukrainian].
2. Ohorodnykov, V.O., Aliieva, L.I., Kozhushanyj, V.M. & Dereven'ko, I.O. (2011). Parametry modeli, scho formuie kartu materialu v protsesakh obrobky tyskom [Parameters of the model that forms the map of the material in the processes of pressure treatment]. *Obrobka materialiv tyskom – Processing of materials by pressure, 1*, 98-98 [in Ukrainian].
3. Ohorodnykov, V.O., Hrushko, A.V. & Hutsaliuk, O.V. (2014). Vybir kryteriiv deformovanosti pry otsyntsi vykorystanoho resursu plastychnosti v protsesakh obrobky metaliv tyskom [The selection of deformability criteria in the assessment of the used plasticity resource in the processes of processing metals by pressure]. *Visnyk NTU "KhPI" – Bulletin of NTU "Khpi", 43*, 127-136 [in Ukrainian].
4. Aliieva, L.I. (2016). Kryterii deformovanosti ta mozhlyvosti ikh vykorystannia v zadachakh obrobky tyskom [Deformability criteria and possibilities of their use in pressure processing tasks]. *Visnyk Donbas'koi derzhavnoi mashynobudivnoi akademii – Bulletin of the Donbas State Machine-Building Academy, 2*, 17-21 [in Ukrainian].
5. Ohorodnykov, V.A., Kyselev, V.B. & Syvak, Y.O. (2005). *Enerhyia. Deformatsyy. Razrushenye. [Energy. Deformations. Destruction]*. Vynnytsa: UNEVYRSUM-Vynnytsa, [in Ukrainian].
6. Mozharovskiy, M.S. (2002). *Teoryia moschnosti, plastychnosti y polzuchesty [The theory of strength, plasticity and creep]*. Kyiv: Vysshaia shk. [in Ukrainian].
7. Dragobetskii, V.V., Mospan, D.V., Trotsko, O.V. & Lotous, V.V. (2015). Excavator bucket teeth strengthening using a plastic explosive deformation. *Metallurgical and Mining Industry, No. 4*, P. 363–

- 368 [in English].
8. Batygin, Yuri V., Golovashchenco, Sergey F. & Gnatov, Andrey V. (2013). Pulsed electromagnetic attraction of sheet metals – Fundamentals and perspective applications. *Journal of Materials Processing Technology, Elsevier, № 213 (3)*, P. 444–452 [in English].
  9. Zhongyu cui, Zhyong liu, Liwei Wang et al. (2016). Effect of plastic deformation on the electrochemical and stress corrosion cracking behavior of X70 steel in near-neutral pH environment. AUTHOR's Accepted Manuscript. P. 69 [in English].
  10. Mykhaylo Taranenko, Oleksandr Naryzhniy, Anastasiia Symonova, Dmytro Moloshtan, Volodymyr Drahobetskyi & Sergii Shlyk (2022). Energy-flows control in liquids at electro-hydraulic forming. *Visnyk KrNU imeni Mykhajla Ostrohrads'koho – Bulletin of Mykhailo Ostrogradsky KrNU. Issue 6(137)*, 63-72 [http://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2022\\_6\\_7.pdf](http://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2022_6_7.pdf) [in English]
  11. Salenko, O., Dzhulii, D., Drahobetskyi, V., Symonova, A. & Moloshtan, D. (2023). Damage Mechanisms of Multilayer Axisymmetric Shells Obtained by the FDM Method. *Advances in Design, Simulation and Manufacturing VI. DSMIE Lecture Notes in Mechanical Engineering*. Springer, Cham. [https://doi.org/10.1007/978-3-031-32774-2\\_27](https://doi.org/10.1007/978-3-031-32774-2_27) [in English]
  12. Moloshtan, D., Kuzev, I., Shlyk, S. & Shchetynin, V. (2021). Material saving reserves in sheet stamping production. *Norwegian Journal of development of the International Science. №56, Vol.1*, p. 47-52 [in English].

**Volodymyr Dragobetskii**, Prof., DSc., **Dmytro Moloshtan**, PhD tech. sci., **Andrii Chernysh**, PhD tech. sci.  
*Kremenchuk National University named after Mykhailo Ostrogradskyi, Kremenchuk, Ukraine*

### **Restoration of Vehicle Sheet Metal Parts After Road Accidents**

This article is a continuation of research on the use of methods to improve the repair of vehicle body parts after the examination of road accidents. Body parts are among the main and most complex and labor-intensive structural elements of a vehicle (land, air, sea). In addition, body parts are the basis of the vehicle structure, which combines all its parts into a single whole in terms of power. The service life of the body as a whole largely determines the operational durability of land transport in general. The service life of body parts, which are usually made from sheet metal by stamping, is affected by corrosion, operational damage and traffic accidents. The reserve for increasing the durability of body parts, including sheet metal parts (springs, wheel rims, etc.), is a set of technological means and a rational choice of technological parameters of the process of their manufacture by sheet stamping.

Road accidents are a serious test for body components. In such situations, it is necessary to take into account not only the appearance of the parts but also their internal structure. Modern testing technologies and diagnostic methods allow us to detect potentially dangerous damage in time. Optimization of the technological parameters of the sheet forming process is a key factor in increasing the durability of housing elements. Taking into account high loads during design and manufacturing allows us to create parts that can withstand the pressure of various operating conditions. This integrated approach to solving the problems of improving the repair of body parts guarantees an increase in the service life of vehicles and ensures their reliability and safety on the road.

**repair, operation, vehicles, deformation, wear, sheet metal parts**

*Одержано (Received) 24.10.2023*

*Прорецензовано (Reviewed) 27.10.2023*

*Прийнято до друку (Approved) 30.10.2023*