

УДК 621.787.4

DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7\(38\).1.30-36](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.7(38).1.30-36)

М.І. Черновол, академік НААН України, проф., д-р техн. наук, **І.В. Шепеленко**, проф., д-р техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: kntucpfzk@gmail.com

Системний підхід до формування показників якості відновлених деталей

В роботі розглянуто технологічний процес відновлення деталей як систему взаємопов'язаних елементів, які можуть впливати на формування показників якості відновлених деталей. На етапі технологічного проектування виокремлені основні ієрархічні рівні, а технологічний процес відновлення в цілому представлений у вигляді функцій зв'язків між окремими елементами підсистеми. Це дозволило представити загальну структуру технологічного процесу відновлення зношених деталей як систему взаємозв'язків. З урахуванням особливостей функціонування системи запропоновано підхід, відповідно до якого всі елементи системи мають вплив до формування показників якості відновлених деталей. Встановлено функціональні зв'язки між показниками якості та елементами технологічного процесу на різних рівнях оцінювання. Показано шляхи забезпечення якості відновлених деталей на основних етапах життєвого циклу виробу.

технологічний процес відновлення деталі, спосіб відновлення, якість відновлення, системний підхід, елементи системи

Постановка проблеми. Життєвий цикл виробів машинобудування від ідеї їх створення до повної утилізації являє собою сукупність взаємопов'язаних процесів послідовної зміни стану деталі. Кожен з етапів життєвого циклу по-своєму визначає якість продукції. У загальному розумінні якість продукції – це сукупність властивостей цієї продукції, які визначають її придатність задовольняти певні потреби відповідно до призначення об'єкту [1].

На етапі експлуатації деталей їх життєвий цикл може бути продовжено за рахунок ремонту та відновлення зношених поверхонь. Тому відновлення деталей прийнято розглядати як комплекс операцій з відновлення справного або працездатного стану деталі та її технічного ресурсу [2].

Оскільки проблема відновлення деталей має комплексний характер, для її вирішення можливе застосування системного підходу, який передбачає методологічну орієнтацію вивчення, засновану на розгляді об'єкта у вигляді систем, тобто сукупності елементів, пов'язаних взаємодією, які через це виступають як єдине ціле по відношенню до навколишнього середовища [3].

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Технологічний процес відновлення деталей володіє всіма необхідними властивостями, які пред'являються до систем [4]:

- є цілісним комплексом взаємопов'язаних елементів, у ролі яких виступають деталь, технологічні операції, режими тощо;
- є елементом системи вищого порядку, зокрема виробничого процесу ремонту машин;
- елементи технологічного процесу можуть розглядатися як системи більш низького порядку (технологічна операція складається з таких взаємопов'язаних елементів: обладнання, пристосування, інструменту, деталі, переходу).

На думку авторів [5] найбільш відповідальний етап проектування технологічного процесу відновлення деталі – вибір оптимальної технології відновлення.

На сьогодні для підвищення довговічності деталі використовуються різноманітні технології зміцнення та модифікації поверхневого шару: фізико-хімічна обробка, термічна обробка, поверхнево-пластична обробка, нанесення покриттів різними способами та ін., які можна застосовувати при відновленні зношених поверхонь деталей [6]. Незважаючи на їх багаточисельність (тільки технологій поверхневого зміцнення більше двохсот [7]), не одна з них не є універсальною і у кожному конкретному випадку слід вибрати саме той метод обробки, який повною мірою забезпечує необхідну якість та є економічно доцільним [8]. В теорії та практики ремонтного виробництва відомі різні підходи щодо вибору способу відновлення деталей. В загальному випадку при виборі раціонального способу відновлення деталей прийнято використовувати наступні критерії: застосовуваності (технологічний критерій), довговічності та техніко-економічний [9]. Крім того, за даними [10], при виборі оптимальної технології відновлення деталей доцільно також здійснювати оцінку її економічної ефективності за собівартістю відновлення та зміною ресурсу відновленої деталі.

Разом з тим слід відмітити, що запропоновані методики та критерії розглядають тільки способи відновлення, які є тільки частинами технологічного процесу відновлення. Але технологічний процес відновлення набагато складніший. Його слід розглядати як взаємну сукупність різних технологічних методів обробки. Саме представлення технологічного процесу як систему в цілому дозволить встановити зв'язки між окремими її елементами та запропонувати шляхи підвищення якості відновлених деталей.

Постановка завдання. Метою даної роботи є представлення технологічного процесу відновлення як системи взаємозв'язків між окремими елементами, які дозволяють цілеспрямовано впливати на показники якості відновлених деталей.

Виклад основного матеріалу. У структурному відношенні технологічний процес відновлення деталі в загальному випадку може бути представлений як певним чином пов'язану сукупність способів усунення дефектів. При цьому на етапі технологічного проектування слід виділити чотири основні ієрархічні рівні (рис. 1).

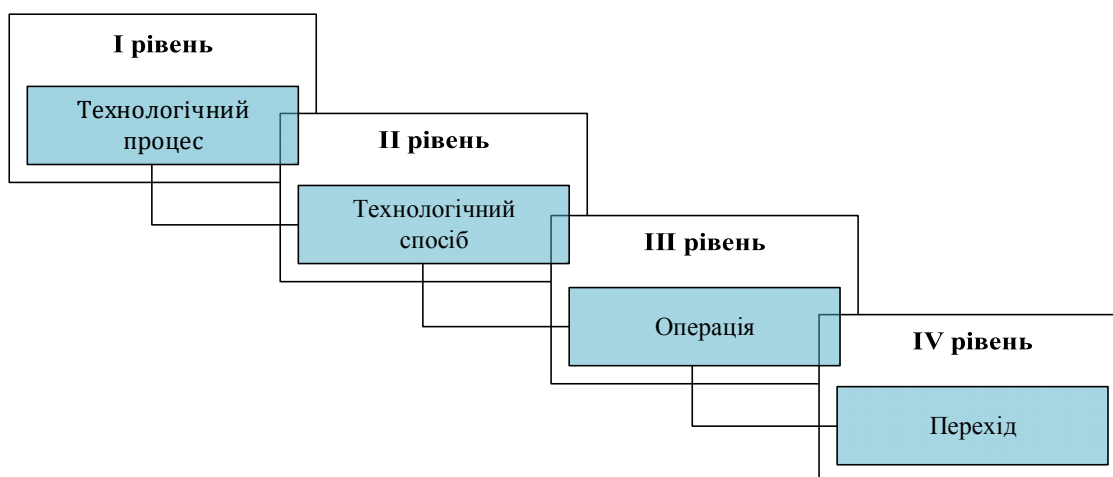


Рисунок 1 – Основні ієрархічні рівні технологічного проектування відновлення деталі
Джерело: розроблено авторами

Кожен технологічний процес відновлення деталі та його складові можуть бути представлені у вигляді функцій зв'язку між підсистемами "вхід" і "вихід". Елементарними об'єктами "входу" є зношена деталь, матеріал металопокриття, технологічне обладнання, інструмент, оснащення. Елементарними об'єктами "процесу" виступають: процес відновлення в цілому, технологічний спосіб відновлення, окремі операції, переходи, прийоми тощо. На "виході" всієї системи маємо відновлену деталь.

На підставі такого підходу запропоновано загальну структуру технологічного процесу відновлення зношених деталей (рис. 2). При цьому слід розуміти, що зв'язки між окремими елементами системи для багатьох типів деталей набагато складніші. Як підсистеми мають виступати попередня механічна обробка, нанесення покриттів, термічна обробка, остаточна механічна обробка, зміцнювальна обробка тощо.

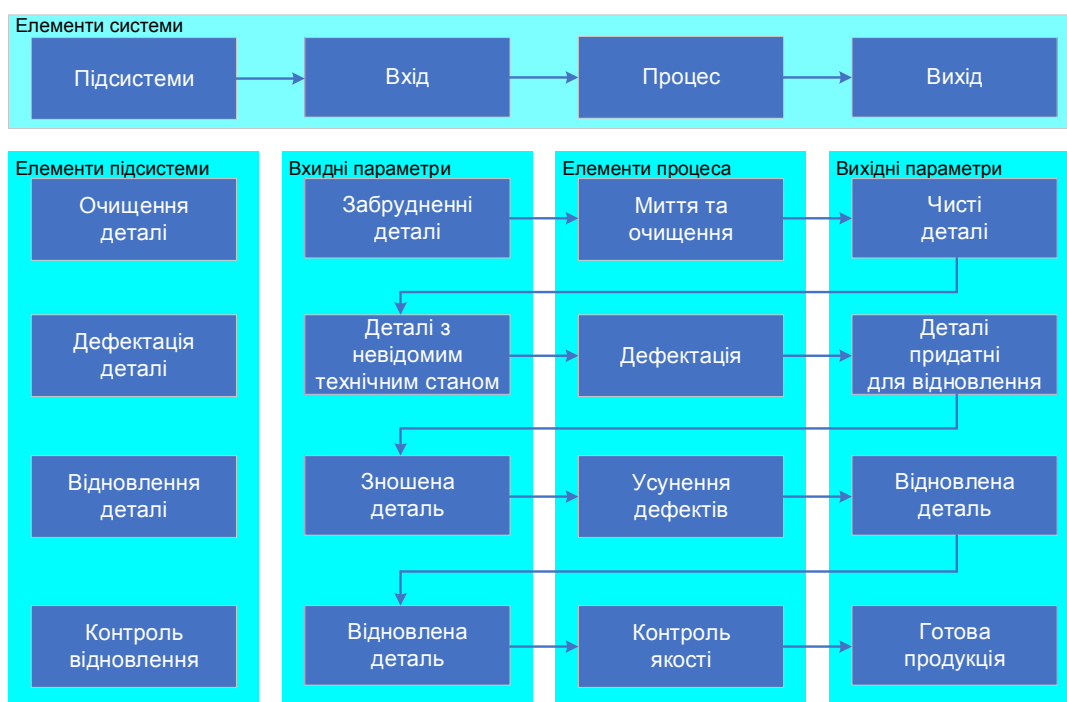


Рисунок 2 – Загальна структура технологічного процесу відновлення деталі

Джерело: розроблено авторами

Відповідно до наведеної схеми та згідно з відомим типовим технологічним процесом відновлення [4] зношена деталь спочатку надходить на очищення. Проходячи процес «Миття та очищення» на виході слід очікувати «Чисті деталі». На наступному етапі з метою визначення можливості відновлення «Деталі з невідомим технічним станом» надходить скрізь процес «Дефектація», на виході якої – «Деталі придатні для відновлення». Наступний елемент підсистеми – «Відновлення деталі».

Правильний вибір методу відновлення багато в чому визначає якість відновлених деталей, який контролюється на заключному етапі «Контроль відновлення». Тому, на виході цієї системи слід очікувати «Готова продукція» до експлуатації.

Зрозуміло, що запропонована структура технологічного процесу відновлення в загальному випадку описує послідовність виконання операцій та їх взаємозв'язок і може бути уточнена більш докладним описом технології в кожному конкретному випадку відновлення деталей. Але суть системи та рівень взаємозв'язків між елементами системи мають залишатися незмінними.

Управління якістю відновлення деталей вимагає чіткого уявлення цілісної структури такої системи. При цьому процес управління якістю виробів (відновлених

деталей) має охоплювати основні стадії існування виробів: дослідження і проектування технологічних процесів відновлення, а також реалізацію процесів відновлення (стадії виробництва) та експлуатацію відновлених деталей (споживання). Між основними стадіями існують також перехідні процеси: технологічна підготовка виробництва, зберігання і транспортування деталей, збирання зношених деталей тощо.

З урахуванням зазначених особливостей функціонування системи запропоновано наступний підхід до формування показників якості відновлених деталей (рис. 3).

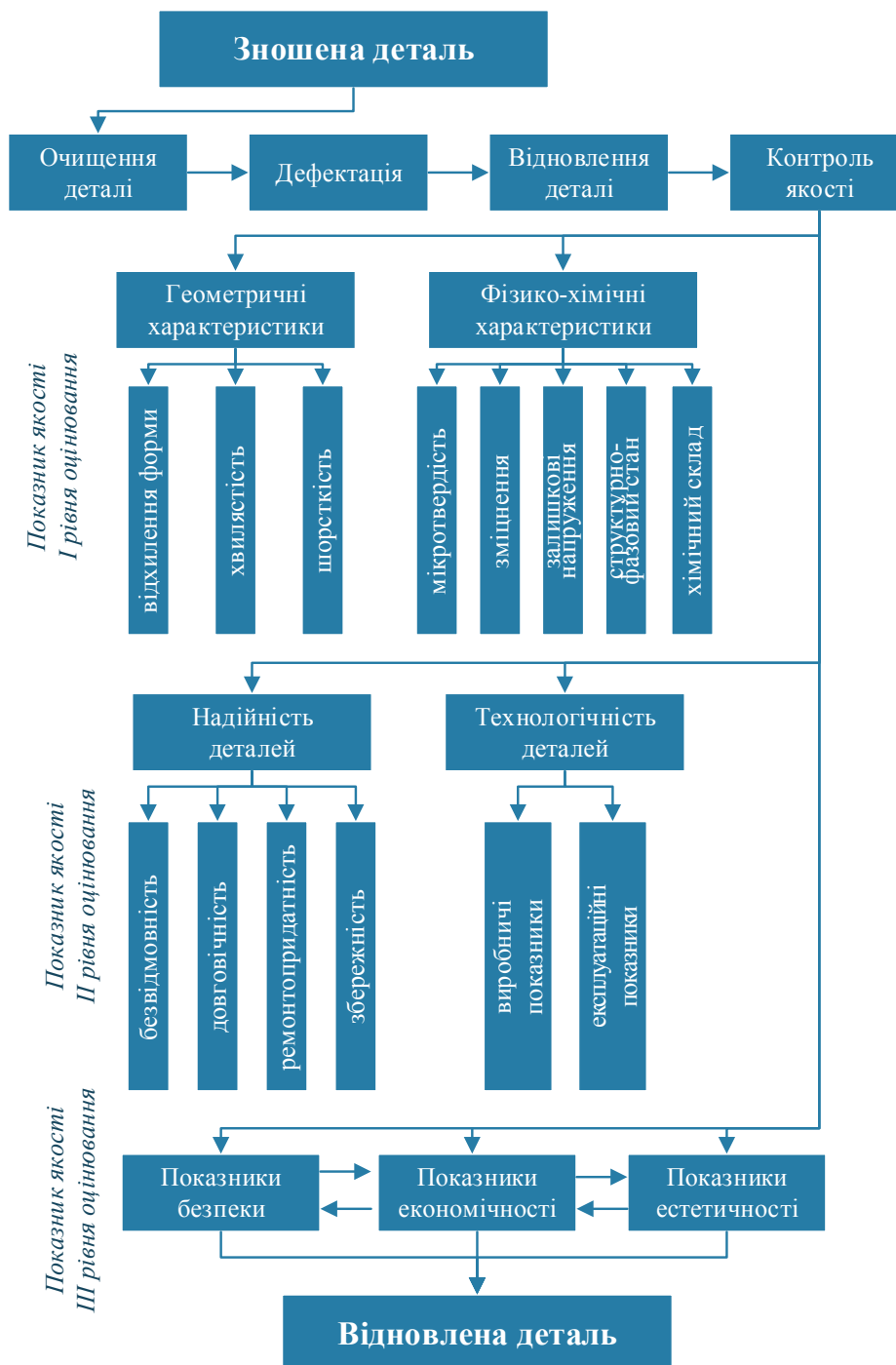


Рисунок 3 – Система технологічного формування показників якості відновлених деталей
Джерело: розроблено авторами

Основний важіль управління системою забезпечення необхідних показників якості – це перш за все елементи технологічного процесу: способи, обладнання, матеріали, режими, оснащення тощо. За допомогою певних способів очищення, дефектації, наросування металу, механічної, термічної та зміцнювальної обробок, принципів базування, використання прогресивних матеріалів, раціональних режимів оброблення, необхідного технологічного оснащення спрямовано формуються показники якості I рівня оцінювання (показники призначення) і встановлюються функціональні зв'язки.

Показники II рівня призначення – надійності та технологічності деталі досягаються при встановленні більш складних функціональних зв'язків. У цьому разі показники призначення виступають у ролі чинників. За допомогою цих же зв'язків формуються показники III рівня оцінки – безпеки, економічності та естетичності.

Разом з тим, слід відзначити, що питання забезпечення якості деталей, в тому числі відновлених, слід комплексно вирішувати на етапах проектування, виготовлення (відновлення) та експлуатації виробів (рис. 4).

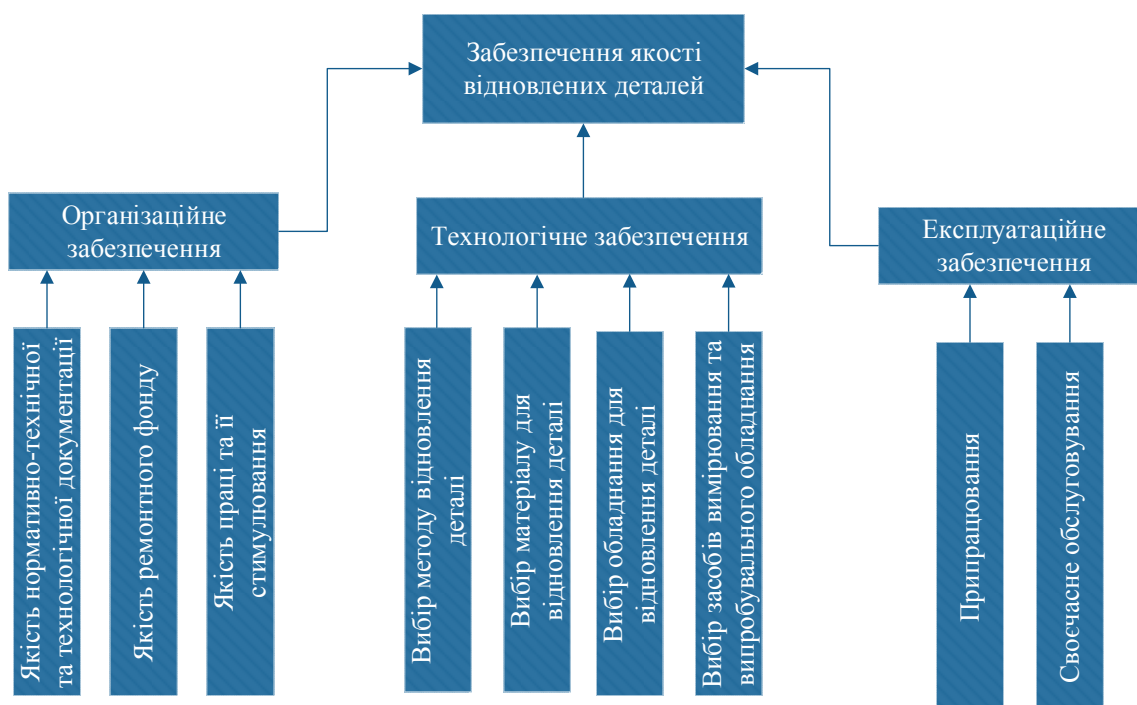


Рисунок 4 – Система забезпечення якості відновлених деталей

Джерело: розроблено авторами

Таким чином, представлений підхід до формування показників якості відновлених деталей дає змогу досліджувати причинно-наслідкові зв'язки між параметрами технологічних процесів і показниками якості деталей, що відновлюються, а також встановлювати шляхи підвищення якості відновлених деталей.

Висновки:

1. Запропонована загальна структура технологічного процесу відновлення деталей, яка крім послідовності виконання операцій та їх взаємозв'язку, представлена у вигляді функції зі зв'язками між окремими елементами підсистеми.

2. Представлено процес формування показників якості відновлених деталей як систему, в якій основний важіль управління – елементи технологічного процесу. Встановлено рівень взаємозв'язків між окремими показниками якості, які в цілому визначають якість продукції.

3. Показано шляхи забезпечення якості відновлених деталей на їх основних етапах життєвого циклу.

Список літератури

1. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія / Є.А. Фролов, С.І. Кравченко, С.В.Попов, С.М.Гнітько. Полтава, 2019. 201 с.
2. Стецько А. Є. Технологічне забезпечення ресурсу роботи виготовлених і відновлених деталей: монографія. Львів: Видавнича компанія «АРС», 2013. 240 с.
3. Романенко В. А. Розвиток машинобудування в Україні: системний підхід. *Економіка України*. 2013. № 10. С. 56–66.
4. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники: учеб. пособие. Київ: УМК ВО, 1989. 259 с.
5. Лузан С.А. Критерии выбора способа восстановления деталей машин и определение рационального маршрута технологии. *Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка*. 2017. Вип.183. С.45–56.
6. Інженерія поверхні / К.А. Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. Київ : Наукова думка, 2007. 558 с.
7. Солових Є.К. Науково-методологічні основи підвищення несучої здатності функціональних покриттів конструктивними та технологічними методами: автореф. дис. д-ра. техн. наук: 05.03.07. К., 2013. 36 с.
8. Alexander Permyakov, Yakiv Nemyrovskiy, Eduard Posviatenko and Ihor Shepelenko (2023). Methodology of technological design in the restoration of parts. *Modeling and Computer Engineering in Mechanical Engineering: Theory, Practice, and Innovation" (MCEME-2022): International Scientific and Theoretical Conference*. Vol. 1277 (28/09/2022 - 21/10/2022, Lviv). doi:10.1088/1757-899X/1277/1/012013. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1277/1/012013/meta> (дата звернення: 01.03.2023)
9. Шепеленко І.В., Красота М.В. Сучасні технології реновації деталей автомобільного транспорту. *Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: матеріали X міжнар. наук.-техн. інтернет-конф. (14-15 квітня 2022 р.)*. Вінниця: ВНТУ, 2022. С.325–328.
10. Лузан С.О. Обґрунтування економічної доцільності і ефективності відновлюваного наплавлення деталей композиційними матеріалами. *Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів*. 2020. №22. С.272–280.

References

1. Frolov, Ye.A., Kravchenko, S.I., Popov, S.V. & Hnitko, S.M. (2019). Tekhnologichne zabezpechennia yakosti produktsii mashynobuduvannia [Technological support for the quality of engineering products]. *Poltava*. 201. [in Ukraine].
2. Stetsko, A. Ye. (2013). Tekhnologichne zabezpechennia resursu roboty vyhotovlenykh i vidnovlenykh detalei [Technological support for the service life of manufactured and refurbished parts]. Lviv. Vydavnycha kompaniia ARS. 240. [in Ukraine].
3. Romanenko, V.A. (2013). Rozvytok mashynobuduvannia v Ukraini: systemnyi pidkhid [Development of machine building in Ukraine: a systematic approach]. *Ekonomika Ukrainy. No 10*. 56–66. [in Ukraine].
4. Chernovol, M.I. (1989). Vosstanovlenie i uprochnenie detalej selskohozyajstvennoj tehniky [Restoration and hardening of parts of agricultural machinery]. *Kiev, UMK VO*, 259. [in Russian].
5. Luzan, S.A. (2017). Kriterii vybora sposoba vosstanovleniya detalej mashin i opredelenie racionalnogo marshruta tehnologii [Criteria for selecting a machine part rebuilding method and defining a rational technology route]. *Visnik HNTUSG im. P.Vasilenka. Vip.183*. 45–56. [in Russian].
6. Yushchenko, K.A., Borysov, Yu.S., Kuznetsov, V.D. & Korzh, V.M. (2007). Inzheneriia poverkhni [Surface engineering]. *Kyiv, Naukova dumka*. 558. [in Ukraine].
7. Solovykh, Ye.K., (2013). Naukovo-metodolohichni osnovy pidvyshchennia nesuchoi zdatnosti funktsionalnykh pokryttiv konstruktyvnymy ta tekhnolohichnymy metodamy [Scientific and methodological bases of increasing the bearing capacity of functional coatings by constructive and technological methods]. *Avtoreferat dysertatsii doktora tekhnichnykh nauk. Kyiv*. 36. [in Ukraine].
8. Alexander Permyakov, Yakiv Nemyrovskiy, Eduard Posviatenko & Ihor Shepelenko (2023). Methodology of technological design in the restoration of parts. *Modeling and Computer Engineering in Mechanical Engineering: Theory, Practice, and Innovation" (MCEME-2022): International Scientific and Theoretical Conference*. Vol. 1277 (28/09/2022 - 21/10/2022, Lviv). doi:10.1088/1757-

- 899X/1277/1/012013. <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/1277/1/012013/meta> [in English].
9. Shepelenko, I.V. & Krasota, M.V. (2022). Suchasni tekhnolohii renovatsii detalei avtomobilnoho transportu [Modern technologies for the renovation of motor vehicle parts]. Problems and prospects of the development of road transport: *X Mizhnarodna naukovo-tekhnichna internet-konferentsia (14-15 kvitnia 2022 r.) – X International science and technology Internet Conf* (pp.325–328). *Vynnytsia: VNTU*. [in Ukraine].
10. Luzan, S.O. (2020). Obgruntuvannia ekonomichnoi dotsilnosti i efektyvnosti vidnovliuvanoho naplavlennia detalei kompozytsiinymy materialamy [Substantiation of the economic feasibility and efficiency of restorative surfacing of parts with composite materials]. *Tekhnichniy servis ahropromyslovoho lisovoho ta transportnoho kompleksiv. No 22. 272–280*. [in Ukraine].

Mykhailo Chernovol, Academician of the National Academy of Agrarian Sciences of Ukraine, Prof., DSc.,
Ihor Shepelenko, Prof., DSc.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

A Systematic Approach to Forming Quality Indicators for Refurbished Parts

The paper considers the technological process of parts restoration as a system of interrelated elements that can influence the formation of quality indicators of restored parts. It is established that the technological process has all the necessary properties that are required for systems. However, modern methods and criteria used in the design of the technological process of parts recovery focus on the selection of the optimal recovery method, which is only part of the technological process. Therefore, the paper sets the goal of presenting the technological process of restoration as a system of interconnections between individual elements that allow to purposefully influence the quality indicators of restored parts.

The main hierarchical levels of technological design of part recovery are defined. In turn, the technological process of restoration as a whole is presented in the form of functions of connections between individual elements of the subsystem. This made it possible to present the overall structure of the technological process of restoring worn parts as a system. Taking into account the peculiarities of the system's functioning, an approach is proposed, according to which all elements of the system have an impact on the formation of quality indicators of the restored parts. The functional links between quality indicators and elements of the technological process at different levels of evaluation are established.

The main ways to ensure the required quality indicators through the elements of the technological process are determined: methods, equipment, materials, modes, equipment, etc. The proposed approach to the formation of quality indicators of remanufactured parts makes it possible to study the cause-and-effect relationships between the parameters of technological processes and quality indicators of remanufactured parts, as well as to establish ways to improve them. The ways to ensure the quality of remanufactured parts at the main stages of the product life cycle are shown.

technological process of part restoration, restoration method, restoration quality, systematic approach, system elements

Одержано (Received) 16.03.2023

Прорецензовано (Reviewed) 22.03.2023

Прийнято до друку (Approved) 03.04.2023