

ЧЕРНОВОЛ М.І., ПЕРМЯКОВ О.А., НЕМИРОВСЬКИЙ Я.Б., ШЕПЕЛЕНКО І.В., ГОРБУЛИК В.І.

МЕТОДОЛОГІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЕКТУВАННЯ ПРОЦЕСУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

Автори роботи, маючи кожен свій досвід наукової діяльності та накопичені знання в галузі відновлення деталей і технології машинобудування, поставили собі за мету їхнє узагальнення та з позицій системного підходу вироблення методології технологічного проектування процесу відновлення зношених деталей. Для етапів життєвого циклу виробів машинобудування, що розв'язують задачу подовження термінів їх служби шляхом ремонту та відновлення зношених деталей, розроблено загальну схему та структуру інформаційного забезпечення технологічного проектування з використанням методів підвищення якості поверхневого шару. Запропоновано схему уточнення життєвого циклу деталей шляхом їх відновлення. Процес формування показників якості зношених деталей представлено у вигляді системи, що дає змогу дати багаторівневу оцінку якості відновлення деталі.

Ключові слова: відновлення деталей, технологічний процес, життєвий цикл, системний підхід, якість відновлення, проектування.

CHERNOVOL M., PERMYAKOV O., NEMYROVSKIY Y., SHEPELENKO I., GORBULIK V. METHODOLOGY FOR TECHNOLOGICAL DESIGN OF THE PARTS RECOVERY PROCESS

The authors of the paper, each with their own experience of scientific activity and accumulated knowledge in the field of parts recovery and mechanical engineering technology, set out to generalise them and develop a methodology for technological design of the process of recovery of worn parts from the standpoint of a systematic approach. For the stages of the life cycle of mechanical engineering products that solve the problem of extending their service life by repairing and restoring worn parts, a general scheme and structure of information support for technological design using methods of improving the quality of the surface layer have been developed. A scheme for specifying the life cycle of parts by repairing and restoring them is proposed. The process of formation of quality indicators of worn parts is presented in the form of a system that allows to give a multilevel assessment of the quality of restoration of a part.

Keywords: parts recovery, technological process, life cycle, systematic approach, quality of recovery, design.

Вступ. На сьогодні у реноваційних галузях найрозвиненіших країн світу задіяно близько 30% технологічного обладнання та робочої сили. Такий обсяг залучених ресурсів в машинобудуванні пов'язаний з тим, що відновлення зношених деталей залишається дуже важливим резервом підвищення ефективності використання техніки, економії матеріальних, паливно-енергетичних і трудових ресурсів. Технічна та економічна доцільність відновлення деталей зумовлена можливістю повторного (дуже часто неодноразового) використання 65-75% деталей. Собівартість відновлення зношених деталей не перевищує 50% вартості нових, а витрати на матеріал в 15-20 разів нижчі, ніж під час виготовлення деталей.

Поряд з економією матеріальних, енергетичних, трудових і природних ресурсів ремонтне виробництво за рахунок зниження кількості деталей, що надходять на утилізацію, а також пов'язаних з ними технологічними відходами, значно скорочує забруднення навколишнього середовища. Використання таких екологічно чистих методів обробки, як електроконтактне приварювання стрічки, електроіскрові методи, нанотехнології (фінішна антифрикційна безабразивна обробка тощо) та ін., дає змогу вважати сферу відновлення деталей безальтернативною з точки зору екологічності та економічності.

Процес відновлення деталей – складне конструкторсько-технологічне завдання, під час розв'язання якого, крім геометричних розмірів, частково змінюються деякі характеристики деталі, закладені в ній конструктором: матеріал окремих ділянок, фізико-механічні властивості, шорсткість поверхні тощо. У зв'язку з цим особливої ваги набуває питання проектування технологічного процесу відновлення деталей, під час якого вирішуються питання якості відновлення деталей.

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 системи.

Мета дослідження. На підставі системного підходу, аналізу та узагальнення інформації в галузі технології машинобудування та ремонтного виробництва розробити загальну методологію технологічного проектування відновлення зношених деталей.

Аналіз основних досягнень та літератури. Згідно з існуючим уявленням методологія – це вчення про структуру та логічну організацію, методи та засоби діяльності [1]. Виходячи з цього, було поставлено завдання представлення системи загальних принципів організації побудови технологічного проектування процесу відновлення зношених деталей з використанням способів підвищення якості робочого шару.

Життєвий цикл виробів машинобудування від спонукаючої ідеї створення до повної утилізації добре відомий (рис. 1), а кожен з етапів достатньою мірою досліджено й описано в науково-технічній літературі [2].

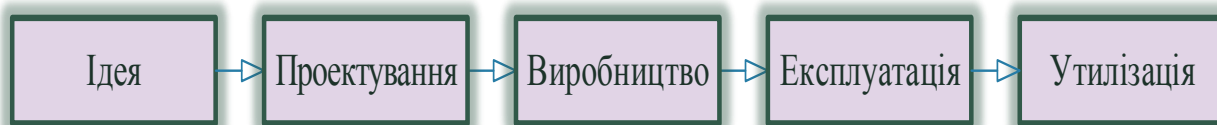


Рис.1 – Життєвий цикл виробу машинобудування

Таку загальну структуру можна уточнити і доповнити докладним описом окремих етапів і розв'язуваних на них завдань, дослідження яких дає нові знання і досвід, що потребують систематизації, узагальнення і вироблення рекомендацій щодо практичного використання. На рис. 2 запропоновано такий варіант уточнення структури життєвого циклу деталей для етапів, що вирішують завдання продовження термінів служби виробу шляхом відновлення зношених деталей.

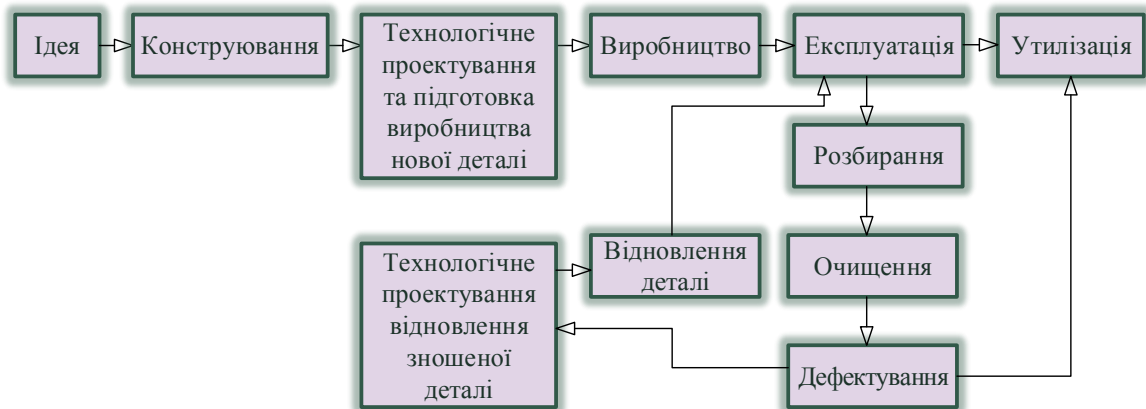


Рис.2 – Життєвий цикл виробу з уточненням етапів подовження термінів служби за рахунок відновлення зношених деталей

За тривалий період розвитку технології машинобудування як науки розроблено, впроваджено й описано загальні принципи та рекомендації, методологію й методики проектування технологічних процесів виготовлення та складання машин з урахуванням усього різноманіття типів виробництв (одиничне, серійне, масове), видів організації виробничих процесів (потокове, не поточкове), галузевої особливості тощо. [4].

Розробленню маршрутних, операційних, групових, типових тощо технологічних процесів присвячено наукові праці відомих учених та існує безліч наукової та навчальної літератури [5, 6 та ін.]. У загальному випадку завдання, що вирішуються під час організації виробництва, а також послідовність їх виконання та основні елементи вихідної й базової інформації представлені на структурно-логічній схемі інформаційного забезпечення технологічного проектування процесу виробництва деталей машин (рис. 3).

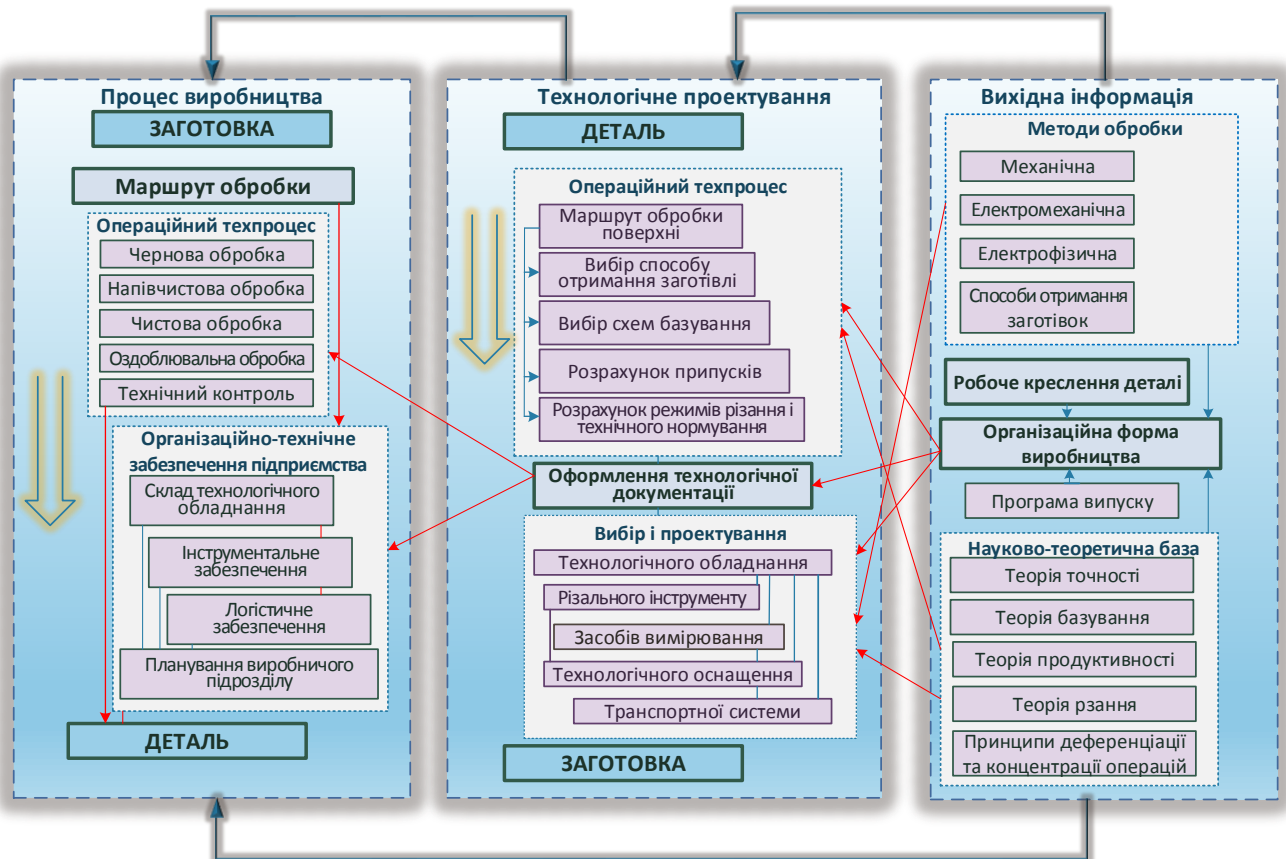


Рис. 3 – Послідовність технологічної підготовки виробництва під час виготовлення деталей

Під час аналізу процесу технологічного проектування і власне процесу виготовлення нової деталі

можна відзначити одну важливу особливість. У процесі виробництва заготовка (реальний об'єкт) відповідно до маршруту обробки послідовно проходить технологічні операції відповідно до принципу послідовного наближення до точності та якості оброблюваних поверхонь. У результаті зняття загального припуску формується остаточна деталь, яка повинна за формою, розмірами і фізико-механічними параметрами поверхонь відповідати робочому кресленню, яке і встановлюється на етапі технічного контролю. У процесі технологічного проектування послідовність інша. Вихідною інформацією є робоче креслення деталі (віртуальний об'єкт) і задана програма випуску. Під час технологічного проектування на основі комплексних знань про методи обробки, теорії точності, базування, продуктивності, різання тощо формується маршрут обробки.

На протязі розроблення операційного технологічного процесу визначаються схеми базування, розраховуються операційні припуски, режими різання, виконується технічне нормування. Тільки після визначення припусків і вибору з можливих варіантів способу отримання заготовки може бути отримано її робоче креслення (віртуальний об'єкт). Під час технологічного проектування обирають і проектують різальний інструмент, засоби технологічного оснащення та вимірювання, підбирають склад технологічного обладнання і транспортно-складських систем, оформляють необхідну технологічну документацію.

Результати. Експлуатація як етап життєвого циклу деталі припиняється після досягнення максимально допустимого зносу, що призводить до припинення роботи всього механізму. Для продовження життєвого циклу зношених деталей використовують технології їх відновлення [7]. Ці технології принципово відрізняються від технологій виготовлення нової деталі, хоча кінцевим продуктом виробництва і в тому, і в іншому випадку є одна й та сама готова деталь зі своїми службовими функціями.

Розглянемо технологічне проектування відновлення зношених деталей, яке починається з підготовчих операцій розбирання механізму або вузла після закінчення його роботи, очищення та дефектації зношених деталей (рис. 2). У процесі дефектації деталі сортують на такі групи [8]:

- придатні для експлуатації;
- ті, що потребують ремонту або відновлення;
- непридатні, що підлягають заміні.

Деталі першої групи не потребують ремонту, третьої – відбраковуються. Для деталей другої групи слід призначити технологічний процес відновлення.

З погляду можливості їх відновлення деталі слід розглядати як невідновлювані та відновлювані.

Невідновлюваними є поршневі кільця, фрикційні накладки гальм і зчеплення, прокладки, ущільнювальні кільця тощо. Такі деталі під час ремонту замінують.

Деякі деталі відновлюються один раз. При цьому придатність відновлюється на таку величину, що деталь служить у машині такий самий ресурс або термін, як і нова. Повторні ресурси або терміни служби інших змінних деталей після відновлення скорочуються. В інших випадках деталі можуть бути піддані багаторазовому відновленню. У цьому разі життєвий цикл виробу машинобудування підлягає уточненню (рис.4).

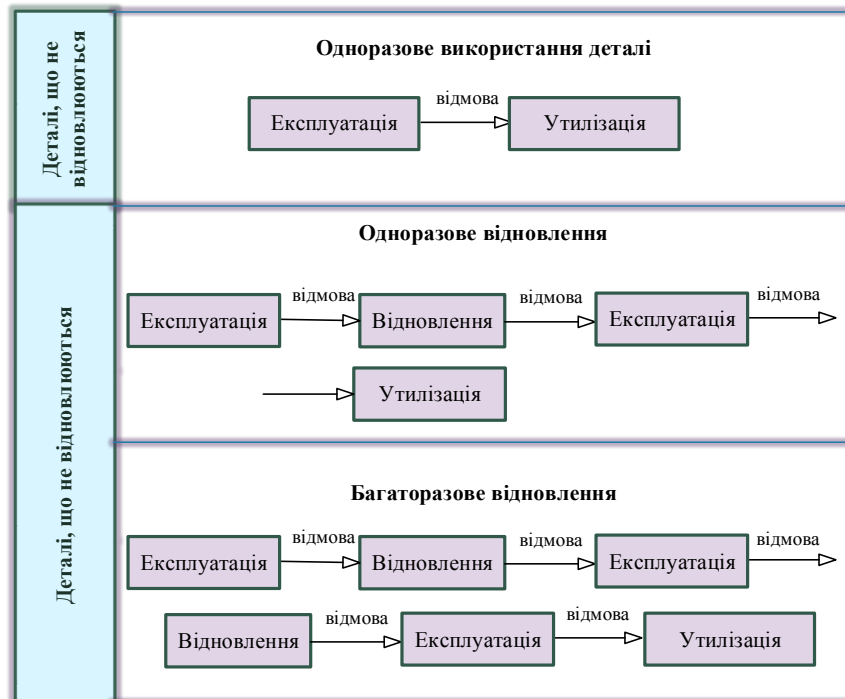


Рис. 4 – Продовження життєвого циклу виробу за рахунок відновлення деталі

У структурному відношенні технологічний процес відновлення деталі в загальному випадку можна розглядати як певним чином пов'язану сукупність способів усунення дефектів. Схему проектування технологічного процесу відновлення деталей, а також основні завдання, що вирішуються на окремих етапах, наведено на рис. 5.

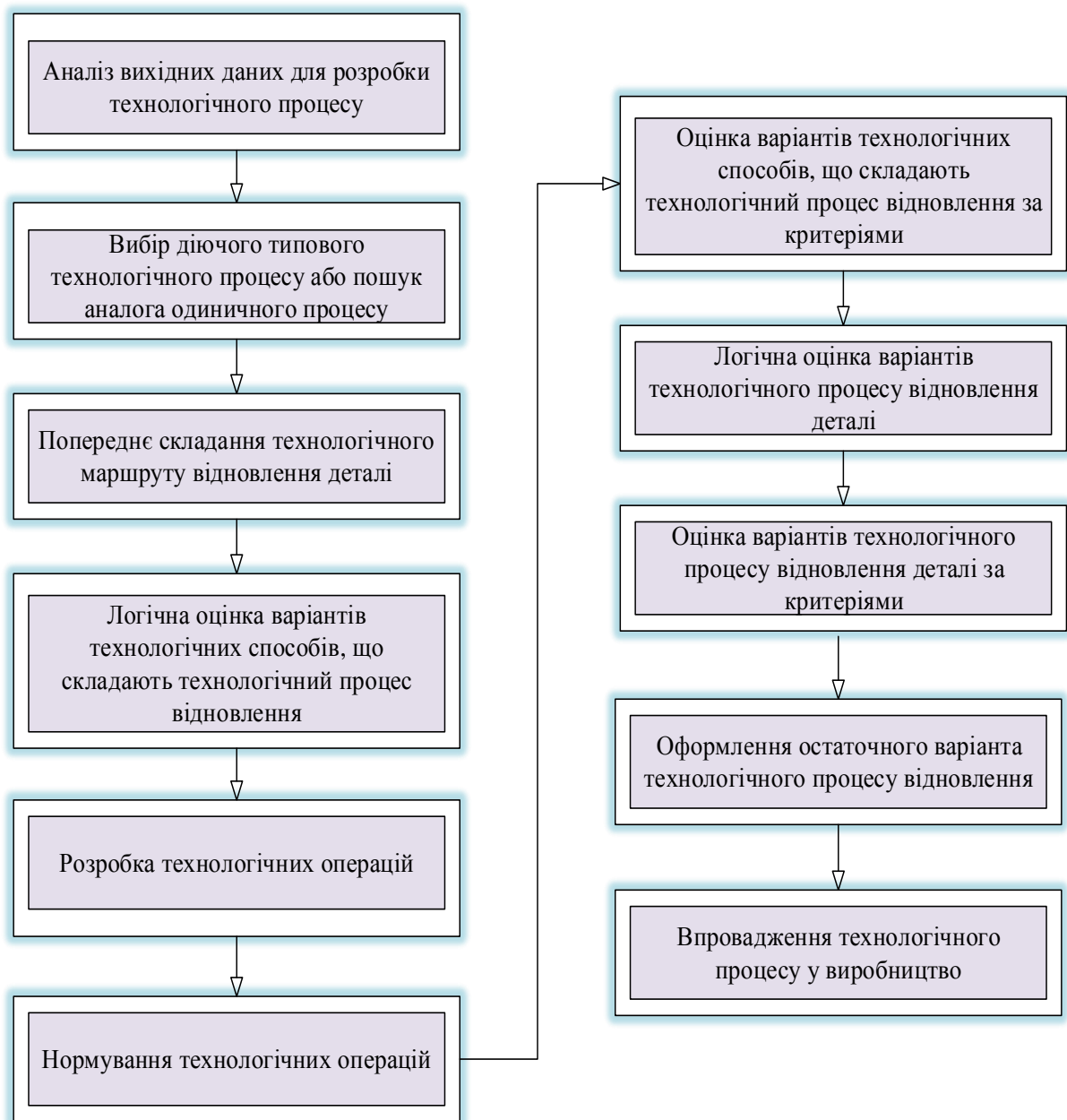


Рис. 5 – Основні етапи проектування технологічного процесу відновлення

Найвідповідальніші етапи проектування технологічного процесу відновлення деталей – вибір оптимального варіанта технологічного процесу. При цьому необхідний комплексний системний аналіз варіантів технологічного процесу, що включає розгляд технічної, організаційної та економічної доцільності їх застосування.

Питанню оцінки способів відновлення, а також розглянутим критеріям, що використовуються під час вибору раціонального способу відновлення, присвячено низку досліджень [9, 10 та ін.]. Оскільки ці питання не є предметом нашого дослідження більш детально зупинимося на послідовності технологічної підготовки ремонтного виробництва.

За аналогією зі схемою інформаційного забезпечення технологічного проектування і процесу виробництва деталей машин (рис. 3) запропоновано структурно-логічну схему інформаційного забезпечення технологічного проектування процесу відновлення зношених деталей (рис. 6). Як технологічний процес відновлення використано розроблену авторами [11] технологію відновлення цапф шестерень гідронасосів фінішною антифрикційною безабразивною обробкою (ФАБО). Порівняння двох схем (рис. 3 і 6) показує відмінність і спільні позиції під час організації технологічного процесу відновлення і процесу виготовлення нової деталі та є основою для побудови процесу відновлення зношених деталей.

Розроблення технології відновлення пов'язане з підвищенням якості поверхневого шару деталі та її експлуатаційних властивостей. Однак, на наш погляд, стосовно технологій відновлення деталей питання якості має охоплювати не тільки поверхневий шар деталі.

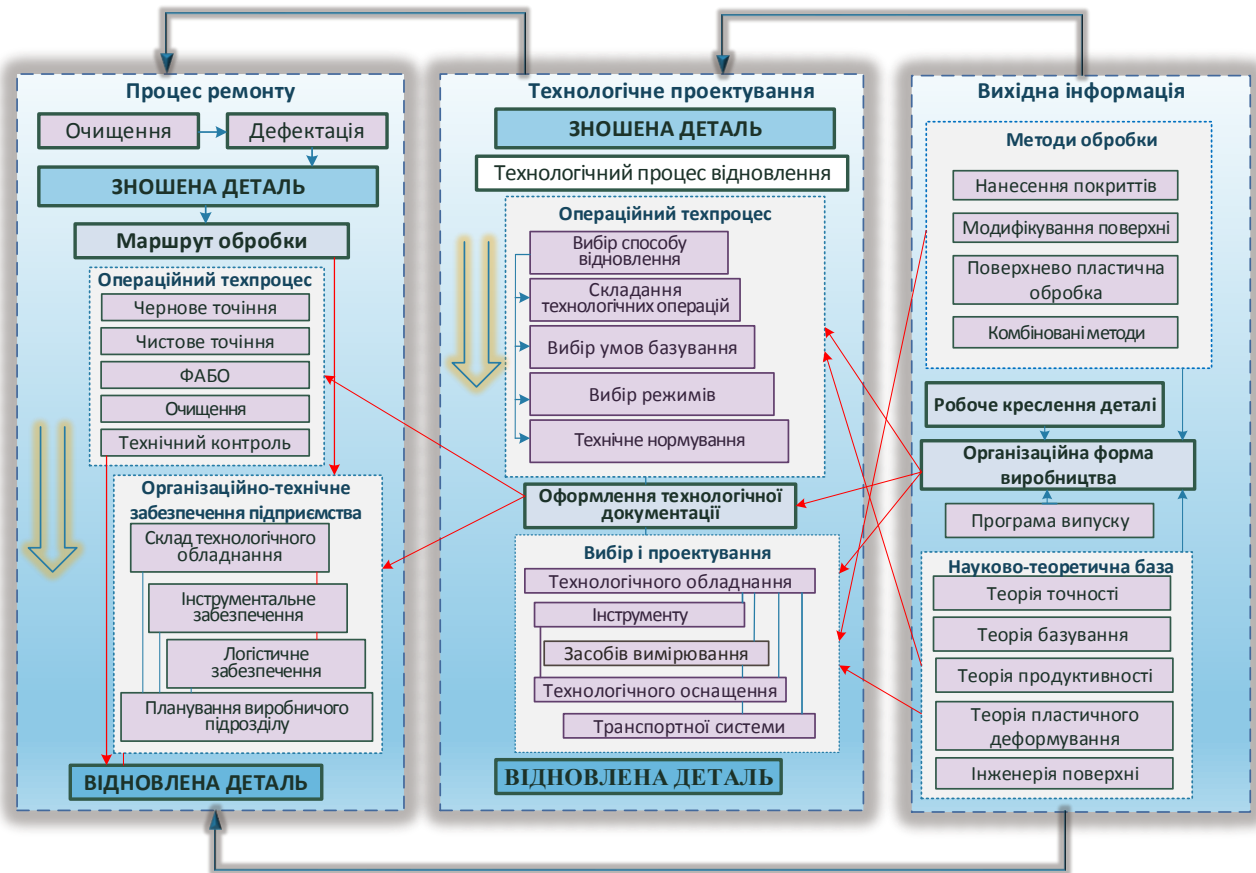


Рис. 6 – Послідовність технологічної підготовки ремонтного виробництва деталей

Для оцінки якості відновлених деталей автором [3] запропоновано використовувати повну номенклатуру показників (призначення, надійності, технологічності, економічності). Крім цього, можуть бути задіяні додаткова група показників (рівні відновлення, естетичності, безпеки). Нами запропоновано представлення процесу формування якості зношених деталей схемою, що відображає рівні оцінки окремих показників (рис. 7).

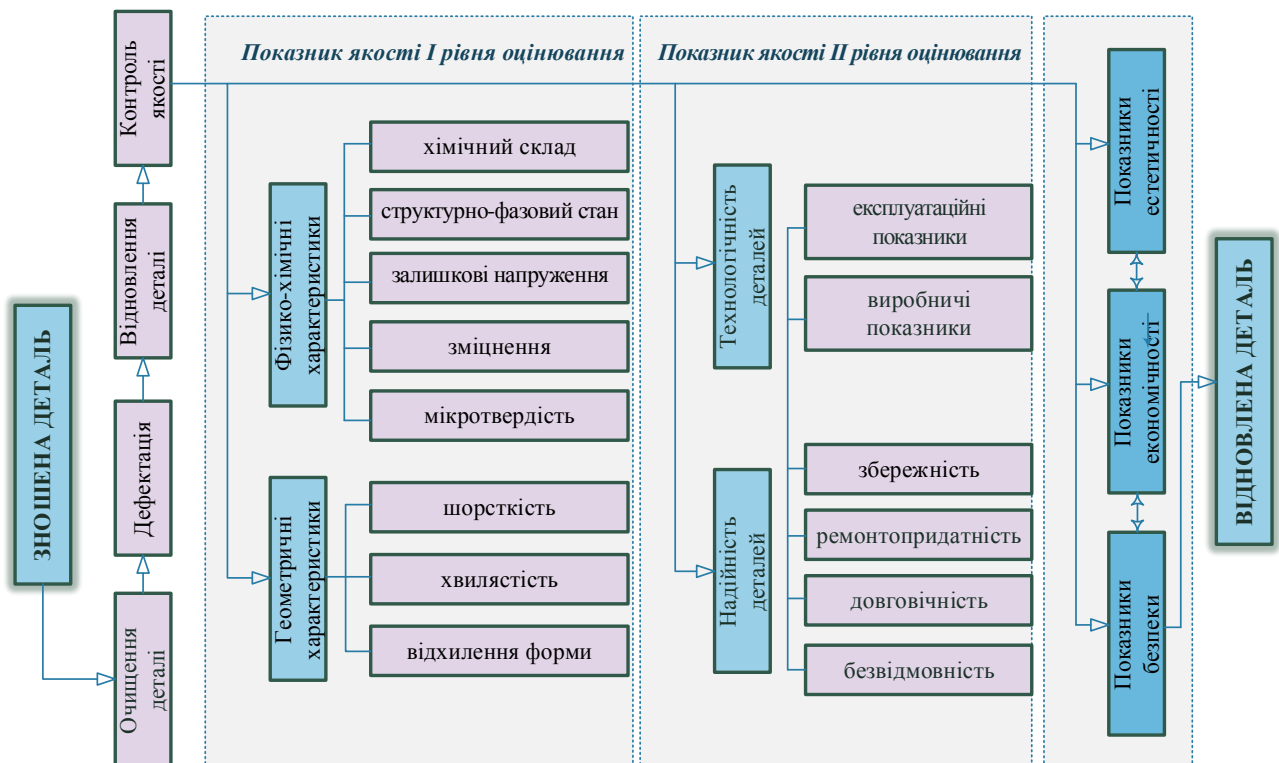


Рис. 7 – Система технологічного формування показників якості відновлених деталей

Таким чином, представлений підхід до проектування технологічного процесу відновлення деталей дає змогу дати комплексну оцінку якості відновлення деталей.

Висновки. Проведені теоретичні дослідження дозволили зробити наступні висновки:

1. Уточнено і доповнено структуру життєвого циклу виробу для етапів, що вирішують завдання продовження термінів служби за рахунок ремонту і відновлення зношених деталей:

2. Розроблено загальну схему та структуру інформаційного забезпечення технологічного проектування відновлення зношених деталей з використанням різних методів обробки, що забезпечують підвищення якості робочого шару.

3. Встановлено принципові відмінності між схемами технологічного процесу виготовлення і відновлення деталі. Під час виготовлення остаточна деталь за своїми технічними вимогами повинна відповідати її робочому кресленню. Розробка технології відновлення пов'язана з підвищенням якості поверхневого шару деталі та її експлуатаційних властивостей.

4. Запропоновано підхід до формування показників якості відновлених деталей, який дає змогу дослідити причинно-наслідкові зв'язки між параметрами технологічних процесів і показниками якості відновлюваних деталей, а також встановлювати шляхи підвищення якості відновлених деталей.

Список літератури:

1. Бірта Г. О. Методологія і організація наукових досліджень : навч. посіб. / Г.О. Бірта, Ю.Г. Бургу – К. : «Центр учбової літератури», 2014. – 142 с.
2. Технологічне забезпечення якості продукції машинобудування: монографія/ Є.А. Фролов, С.І. Кравченко, С.В. Попов, С.М. Гнітько. – Полтава, 2019. – 201 с.
3. Черновол М.И. Восстановление и упрочнение деталей сельскохозяйственной техники: Учеб. пособие/ М.И. Черновол. – К.: УМК ВО, 1989. – 259 с.
4. Яковенко І.Е. Технологічні основи машинобудування: навч. посіб./ І.Е. Яковенко, О.А. Пермяков, А.В. Фесенко. – Харків: НТУ «ХП», 2022. – 421 с.
5. Петраков Ю.В. Технології виготовлення деталей складної форми. Частина 1: навч. посіб. / Ю.В. Петраков, С.В. Сохань, В.К. Фролов, В.М. Кореньков. – Київ: КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2020. – 288 с.
6. Фізико-математична теорія процесів обробки матеріалів і технології машинобудування / Під загальною редакцією Ф.В. Новікова й О.В. Якимова. У десяти томах. – Одеса: ОНПУ, 2005. – Т. 9. «Проектування технологічних процесів у машинобудуванні». – 584 с.
7. Стецько А. Є. Технологічне забезпечення ресурсу роботи виготовлених і відновлених деталей: монографія. – Львів: Видавнича компанія «АРС», 2013. – 240 с.
8. Шепеленко І.В., Магопєць М.С. Загальна структура технологічного процесу відновлення деталей машин// Молода наука – роботизація і нано-технології сучасного машинобудування: Збірник наукових праць міжнародної молодіжної науково-технічної конференції, 12 – 14 квітня 2023 р. – Краматорськ - Тернопіль: ДДМА, 2023. С.290 – 293.
9. Лузан С.А. Критерии выбора способа восстановления деталей машин и определение рационального маршрута технологии/ С.А. Лузан// *Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка*. 2017. Вип.183. – С.45–56.
10. Шепеленко І.В., Красота М.В. Сучасні технології реновації деталей автомобільного транспорту. Проблеми і перспективи розвитку автомобільного транспорту: *матеріали X міжнародної науково-технічної інтернет-конференції* (14-15 квітня 2022 р.), Вінниця: ВНТУ, 2022. С.325–328.
11. Shepelenko I.V. Improvement of finishing antifriction treatment without abrasive of the rubbing parts surfaces of agricultural machineries/ I.V. Shepelenko, V.V. Cherkun, A. Warouma // *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology (IJARIT) Current Issue: Volume 4, Issue 1, June 2014*, pp. 98–101. <https://www.banglajol.info/index.php/IJARIT/issue/view/1247>.

Bibliography (transliterated):

1. Birta, H. O., Burhu Yu.H. (2014). Metodolohiia i orhanizatsiia naukovykh doslidzhen [Methodology and organisation of scientific research]. Kyiv. 142. [in Ukraine].
2. Frolov, Ye.A., Kravchenko, S.I., Popov, S.V., Hnitko, S.M. (2019). Tekhnolohichne zabezpechennia yakosti produktsii mashynobuduvannia [Technological support for the quality of engineering products]. Poltava. 201. [in Ukraine].
3. Chernovol, M.I. (1989). Vosstanovlenie i uprochnenie detalej selskohozyajstvennoj tehniky [Restoration and hardening of parts of agricultural machinery]. Kiev, *UMK VO*, 259. [in Russian].
4. Yakovenko, I.E., Permiakov, O.A., Fesenko A.V. (2022). Tekhnolohichni osnovy mashynobuduvannia [Technological fundamentals of mechanical engineering]. Kharkiv. 421. [in Ukraine].
5. Petrakov, Yu.V., Sokhan, S.V., Frolov, V.K., Korenkov, V.M. (2020). Tekhnolohii vyhotovlennia detalei skladnoi formy [Technologies for manufacturing parts with complex shapes]. Kyiv. 288. [in Ukraine].
6. Novikov, F.V., Yakymov, O.V. (2005). Fyzyko-matematychna teoriia protsesiv obrobky materialiv i tekhnolohii mashynobuduvannia [Physical and mathematical theory of material processing and mechanical engineering technologies]. Odessa. 584. [in Ukraine].
7. Stetsko, A. Ye. (2013). Tekhnolohichne zabezpechennia resursu roboty vyhotovlenykh i vidnovlenykh detalei [Technological support for the service life of manufactured and refurbished parts]. Lviv. 240. [in Ukraine].
8. Shepelenko, I.V., Mahopets M.S. (2023). Zahalna struktura tekhnolohichnoho protsesu vidnovlennia detalei mashyn [The general structure of the technological process of restoring machine parts]. *Moloda nauka – robotyzatsiia i nano-tekhnolohii suchasnoho mashynobuduvannia. Zbirnyk naukovykh prats mizhnarodnoi molodizhnoi nauково-tekhnichnoi konferentsii*. Kramatorsk – Ternopil. 290 – 293. [in Ukraine].
9. Luzan, S.A. (2017). Kriterii vybora sposoba vosstanovleniia 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].
10. Shepelenko, I.V., Krasota, M.V. (2022). Suchasni tekhnolohii renovatsii detalei avtomobilnoho transportu [Modern technologies for the renovation of motor vehicle parts]. *Problemy i perspektivy rozvytku avtomobilnoho transport. Materialy X mizhnarodnoi nauково-tekhnichnoi internet-konferentsii*. Vynnytsia. VNTU. 325–328. [in Ukraine].
11. Shepelenko I.V. Improvement of finishing antifriction treatment without abrasive of the rubbing parts surfaces of agricultural machineries/ I.V. Shepelenko, V.V. Cherkun, A. Warouma // *International Journal of Agricultural Research, Innovation and Technology (IJARIT) Current Issue: Volume 4, Issue 1, June 2014*, pp. 98–101. <https://www.banglajol.info/index.php/IJARIT/issue/view/1247>.

Поступила (received) 02.02.2023

Черновол Михайло Іванович (Chernovol Mykhailo) – академік НААН України, доктор технічних наук, професор, професор кафедри "Експлуатація та ремонт машин" Центральноукраїнського національного технічного університету, м.Кропивницький; e-mail: mchernovol50@gmail.com, ORCID: 0000-0003-3048-6833

Пермяков Олександр Анатолійович (Permyakov Oleksandr) – доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри "Технологія машинобудування та металорізальні верстати" Навчально-наукового інституту механічної інженерії і транспорту Національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут», м.Харків; e-mail: perm_a@i.ua, ORCID: 0000-0002-9589-0194

Немировський Яків Борисович (Nemyrovskiy Yakiv) – доктор технічних наук, професор кафедри "Механічна інженерія" Державного університету «Житомирська політехніка», м.Житомир; e-mail: nemyrovskijakov@gmail.com, ORCID: 0000-0001-8005-8584.

Шепеленко Ігор Віталійович (Shepelenko Ihor) – доктор технічних наук, професор, професор кафедри "Експлуатація та ремонт машин" Центральноукраїнського національного технічного університету, м.Кропивницький; e-mail: kntucpfzk@gmail.com, ORCID: 0000-0003-1251-1687

Горбулик Володимир Іванович (Gorbulyk Volodymyr) – кандидат технічних наук, доцент кафедри радіотехніки та інформаційної безпеки Чернівецького національного університету імені Юрія Федьковича, Україна м.Чернівці, вул. Коцюбинського,2., тел. +38050 9792460, E_mail gorbulic@ukr.net, <https://orcid.org/0000-0001-6091-2261>