

СИСТЕМНИЙ ПІДХІД ДО ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЙ УПРАВЛІННЯ ПАРАМЕТРАМИ ЯКОСТІ ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ДЕТАЛЕЙ МАШИН, ЩО ПРАЦЮЮТЬ В УМОВАХ ГІДРОАБРАЗИВНОГО ЗНОШУВАННЯ

Тарельник Наталія В'ячеславівна

кандидат економічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0002-6304-6925

natasha-tarelnik@ukr.net

Думанчук Михайло Юрійович

кандидат технічних наук, доцент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0000-0003-3559-4729

mykhailo.dumanchuk@snau.edu.ua

Майфат Микола Миколайович

PhD студент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0009-0004-0563-929X

mayfat_snau@ukr.net

Доценко Артем Олексійович

PhD студент

Сумський національний аграрний університет, м. Суми, Україна

ORCID: 0009-0000-7230-9435

a.dotsenko.olivija@gmail.com

У роботі звернено увагу на те, що на зносостійкість деталей впливають умови їх роботи та параметри матеріалу, такі як твердість і мікроструктура, а також параметри якості їх поверхневих шарів, якими, завдяки існуючій гаммі технологічних методів можна управляти. Дійсний термін роботи обладнання залежить від несучої здатності поверхневого шару деталей, яка визначається його якістю. Доведено, що роботи, які пов'язують параметри основного матеріалу деталі та параметри якості їх поверхневих шарів з стійкістю проти зносу актуальні та своєчасні. Метою роботи є підвищення надійності і довговічності деталей машин, працюючих в умовах гідроабразивного зношування, шляхом розробки системного підходу до вибору технологій управління параметрами якості поверхневих шарів їх деталей.

Методологія спрямованого вибору технології підвищення якості поверхневих шарів виробів охоплює весь його життєвий цикл, що включає: матеріал виробу та його елементів, технологію виготовлення виробу та його елементів, технологію ремонту та відновлення працездатності та ін. Всі вони розглядаються через спеціальні методи спрямованого вибору про який згадувалося вище. При цьому необхідно враховувати вплив методів, що обираються один на одного, що в кінцевому підсумку буде позначатися на якості виробу. У цій інтерпретації і простежується сам метод системного аналізу.

Авторами на підставі теоретичних досліджень удосконалена взаємозалежність інформаційної сфери, яка складається з науково-технічної підготовки виробництва: конструкторської, технологічної, організаційної та науково дослідної роботи та матеріальної сфери, що включає: виробництво, експлуатацію, ремонт та утилізацію. Також розроблено систему спрямованого вибору екологічно безпечної технології управління параметрами якості поверхневих шарів деталей машин, що працюють в умовах гідроабразивного зношування. Відмічено, що при необхідності вирішення оптимізаційних завдань, пов'язаних з вибором екологічно безпечної технології управління параметрами якості поверхневих шарів деталей машин, що працюють в умовах гідроабразивного зношування, значно зростає роль інформаційної сфери, яка складається з результатів пізнання, що виражаються в законах, теоріях, наукових гіпотезах. Завдяки інформаційній сфері створюються і набувають відносної самостійності такі форми та засоби, як ідея, проблема, гіпотеза, концепція, закон, теорія.

Ключові слова: гідроабразивний знос, зносостійкість, надійність, довговічність, спрямований вибір, експлуатація, ремонт, утилізація.

DOI <https://doi.org/10.32782/msnau.2024.1.12>

Вступ. Ерозійне та гідроабразивне зношування є дуже інтенсивними процесами зношування поверхневих шарів металевих відповідальних деталей

обладнання що використовують в тепловій та атомній енергетиці, в нафто-газодобувній, нафтохімічній промисловості тощо. На функціональній поверхні відкритих

частин машини відбуваються постійні процеси зношування, причиною яких є взаємодія твердих, традиційно мінеральних частинок, що переносяться потоком газу чи рідини, і поверхні деталі машини. В результаті поступово погіршуються її робочі параметри, знижують ККД.

На зносостійкість деталей впливають умови їх роботи та параметри матеріалу, такі як твердість і мікроструктура, а також параметри якості їх поверхневих шарів, якими, завдяки існуючій гаммі технологічних методів можна управляти. Дійсний термін роботи обладнання залежить від несучої здатності поверхневого шару деталей, яка визначається його якістю. Роботи, що пов'язують параметри основного матеріалу деталі та параметри якості їх поверхневих шарів з стійкістю проти зносу актуальні та своєчасні.

Постановка проблеми. Згідно (Lipuch L.H. & Helich N.V., 2010) категорія «якість» дуже складна та багатогранна з погляду різних її аспектів, тому вона вимагає точного формулювання. Завдяки тому, що для якісного забезпечення конкурентоспроможності машинобудівної продукції виробництва мають бути зорієнтованими на потреби споживачів і на сьогодні, і на майбутнє, слід посилатися на визначення поняття якість, яке визначила Міжнародна організація зі стандартизації. Стандарт ISO 8402-86 формулює якість, як «сукупність властивостей і характеристик продукції чи послуг, що надають їм спроможність задовольняти обумовлені або передбачувані потреби» (Standart 8402-86, 1986).

ДСТУ ISO 9000 – 2001 якість трактує як «ступінь, до якого сукупність власних характеристик задовольняє вимоги» (DSTU ISO 9000-2001, 2001).

Системний підхід є певним етапом у розвитку методів пізнання, методів дослідницької та конструкторської діяльності, способів опису та пояснення природи аналізованих або штучно створюваних об'єктів. Системний підхід – один з спеціальних способів наукового дослідження, за яким досліджуваний об'єкт розчленовують на елементи, що їх розглядають в єдності, тобто як систему (Nemchenko A.B. & Niraz I.V., 2010). Це методологічний напрям у науці, основне завдання якого полягає у розробці методів дослідження та конструювання складно організованих об'єктів – систем різних типів і класів, що широко використовується в цій роботі, є теоретичною та методологічною основою системного аналізу.

Згідно (Stechenko D.M. & Chmyr O.S., 2007) системний аналіз – це методологія теорії систем, що полягає в дослідженні будь-яких об'єктів, що представляються в якості систем, проведенні їх структуризації і подальшого аналізу. Головна особливість системного аналізу полягає в тому, що він включає в себе не тільки методи аналізу (від грец. *analysis* – розчленування об'єкта на елементи), а й методи синтезу (від грец. *synthesis* – з'єднання елементів в єдине ціле).

Головною метою системного аналізу є виявлення і усунення невизначеності при вирішенні складної проблеми на основі пошуку найкращого рішення з існуючих альтернатив. Системний аналіз включає низку інших, підпорядкованих йому методів, які функціонують у його рамках. Один з них це метод спрямованого вибору, який

є сукупністю спеціальних методів дослідження, з якої в тому чи іншому випадку вибирається найбільш адекватний з них.

Стосовно дослідження якості поверхневих шарів виробів (структури, шорсткості, мікротвердості, товщини зміцненого шару або нанесеного покриття, його суцільності, наявності залишкових напружень тощо) цей метод може мати конкретний вираз.

До методів пізнання відноситься і синтез. Аналіз і синтез виступають як плідні методи пізнання лише тоді, коли вони використовуються в тісній єдності. Для того щоб став можливим аналіз тієї або іншої речі, вона повинна бути зафіксована в нашій свідомості як деяке ціле, тобто попередньою умовою аналізу є цілісне, систематичне її сприйняття. І, навпаки, синтез можливий тоді, коли здійснений аналіз, коли виділені ті або інші сторони й елементи деякого цілого. Отже, синтез являє собою з'єднання отриманих при аналізі частин у єдине ціле (Hrabchenko A.I. et al., 2009).

Метою роботи є підвищення надійності і довговічності деталей машин, працюючих в умовах гідроабразивного зношування, шляхом розробки системного підходу до вибору технологій управління параметрами якості поверхневих шарів їх деталей.

Методи і обговорення результатів. Методологія спрямованого вибору технології підвищення якості поверхневих шарів виробів охоплює весь його життєвий цикл, що включає: матеріал виробу та його елементів, технологію виготовлення виробу та його елементів, технологію ремонту та відновлення працездатності та ін. Всі вони розглядаються через спеціальні методи спрямованого вибору про який згадувалося вище. При цьому необхідно враховувати вплив методів, що обираються один на одного, що в кінцевому підсумку буде позначатися на якості виробу. У цій інтерпретації і простежується сам метод системного аналізу.

Сукупність проблем та питань, пов'язаних з розробкою технології управління якістю робочих поверхонь виробів, визначають предметну галузь методології у цьому дослідженні.

З погляду системного підходу можна виділити дві сфери існування виробу: інформаційну та матеріальну (рис. 1).

Останнім часом з огляду на необхідність вирішення оптимізаційних завдань значно зростає роль інформаційної сфери, яка складається з результатів пізнання, що виражаються в законах, теоріях, наукових гіпотезах. Завдяки інформаційній сфері створюються і набувають відносної самостійності такі форми та засоби, як ідея, проблема, гіпотеза, концепція, закон, теорія.

Згідно (Stechenko D.M. & Chmyr O.S., 2007) ідея відображає зв'язки та закономірності дійсності й спрямована на її перетворення, а також поєднує істинне знання про дійсність і суб'єктивну мету її перетворення.

Наукова ідея представляє собою інтуїтивне пояснення явища без проміжної аргументації, без усвідомлення всієї сукупності зв'язків, на основі яких робиться висновок. Вона базується на набутих знаннях і розкриває раніше не виявлені закономірності. Свою специфічну

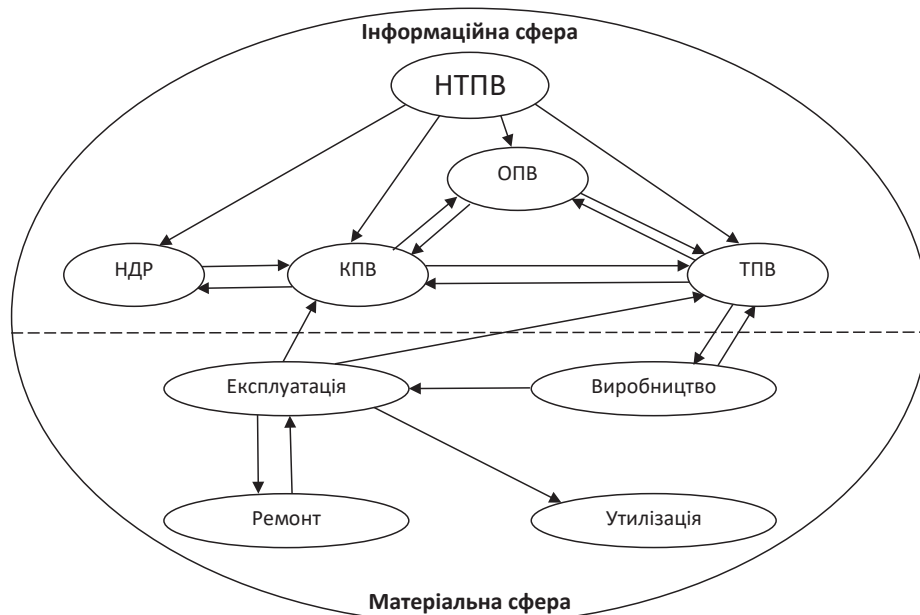


Рис. 1. Взаємозалежність інформаційної та матеріальної сфер створення та існування виробів (НТПВ – науково-технічна підготовка виробництва; КПВ – конструкторська підготовка виробництва; ТПВ – технологічна підготовка виробництва, ОПВ – організаційна підготовка виробництва; НДР – науково-дослідна робота)

матеріальність ідея знаходить у гіпотезі. В свою чергу гіпотеза – це форма та засіб наукового пізнання, за допомогою яких формується один з можливих варіантів розв’язання проблеми, істинність якої ще не з’ясована і не доведена. Якщо гіпотеза узгоджується з фактами, що спостерігаються, то в науці її називають теорією або законом (Kovalchuk V.V. & Moiseiev L.M., 2004).

Відсутність виявлених закономірностей формування необхідної якості поверхневого шару деталі потребує проведення необхідних і значних експериментальних досліджень для того, щоб здійснити правильний цілеспрямований вибір оптимального технологічного процесу ще до його запуску у виробництво.

Науково-технічна підготовка виробництва (НТПВ) складається з комплексу технічних, організаційних та економічних заходів щодо проєктування і вдосконалення конструкції виробів і технології їх виготовлення, а також щодо вдосконалення методів організації виробництва та підвищення технічного рівня підприємства. Вона включає наступні стадії:

- проєктування і вдосконалення конструкцій виробів – конструкторську підготовку виробництва (КПВ);
- проєктування і вдосконалення технологічних процесів – технологічну підготовку виробництва (ТПВ);
- забезпечення виробництва обладнанням, виробничими майданчиками, матеріалами, підготовленими кадрами тощо – організаційну підготовку виробництва (ОПВ).

В ході проведення КПВ визначають вид, розміри, матеріал деталей, взаємне розміщення деталей і вузлів; способи з’єднання, загальні технічні умови, а також виготовляють комплект конструкторської документації, а у процесі ТПВ визначають послідовність і методи

обробки, складання, монтажу, регулювання і технічного контролю деталей, вузлів і виробів.

НТПВ через розробку та використання нових технологій, через виявлення закономірності ходу виробничих процесів впливає на КПВ та ТПВ.

При відпрацюванні виробів на технологічність з урахуванням стадій їхнього життєвого циклу відбувається коригування властивостей виробів або підбирається більш раціональна технологія їх виготовлення. Залежно від технологічної раціональності конструкції виробу можуть суттєво змінюватися економічні, енергетичні, екологічні та інші показники виробництва, а також якісні показники виробів.

З часом характеристики виробу, як конструкційні, так і технологічні, отримані ще на стадії виробництва, як правило, виявляються у сфері експлуатації. При цьому, по мірі морального старіння виробів, до них пред’являються дедалі все вищі і більш різноманітні вимоги. Це спричиняє необхідність зміни як конструкції виробів, так і технології їх виготовлення. Постійне підвищення вимог до виробів вимагає нових досліджень та подальшого просування НТПВ.

Дуже вагомим ланкою для матеріалізації цих наукових досліджень є науково-дослідна розробка (НДР), яка спрямована на створення певного виду виробів і технологічних процесів, на перевірку принципово нових технічних рішень на експериментальних зразках у лабораторних умовах. Наступним етапом підготовки до реалізації нововведень є дослідно – конструкторська розробка, яка передбачає доведення результатів НДР до умов промислового освоєння і включає виконання проєктної та робочої документації, дослідну перевірку впроваджуваних технічних рішень у галузі техніки, технології

та організації виробництва. На підприємстві ці процеси називають технічною підготовкою виробництва.

Експлуатація тісно пов'язана з ремонтом виробів. Від правильності експлуатації залежить кількість та терміни ремонтів. Якість виконаного ремонту визначає тривалість експлуатації виробу до наступного ремонту або утилізації. В дійсний час, при виконанні ремонтних робіт, пов'язаних з відновленням зношених поверхневих шарів виробів, використовуються нові, ефективні і екологічно безпечні технології, завдяки яким новий відновлений шар, при подальшій експлуатації, значно довговічніше чим зношений.

Останньою стадією існування виробу є його утилізація. Нині ще не розроблені ефективні технології утилізації відходів промислових виробництв.

Необхідність використання системного підходу під час проведення досліджень потребує аналізу доцільного використання методології спрямованого вибору технологій досягнення заданої якості поверхневих шарів виробів на усіх стадіях їх життєвого циклу (рис. 2).

На етапі конструкторської підготовки виробництва, при проєктуванні виробів, що виконують ті чи інші функції, важливо знати методи, використання яких може забезпечити необхідні характеристики поверхні та відповідно призначити їй якісні показники (технологічна раціональність конструкції). Як показує практика виробництва таких методів, може бути багато.

На етапах технологічної підготовки виробництва знання методології управління якістю поверхневих шарів деталей машин дозволяє планувати раціональну технологію одержання заданих властивостей.

Використовуючи результати наукових досліджень, що плануються в даній роботі, з'явиться можливість проєктувати вибір раціонального способу отримання заготовок деталей. Можливо вони будуть виготовлятися з менш дешевих матеріалів, з меншими припусками на обробку тощо. Не виключена можливість раціональнішого застосування термічної обробки заготовок, скорочення числа та тривалості окремих її етапів.

Знаючи закономірності управління якістю поверхневого шару, після механічної обробки з'являється можливість вибрати методи механічної обробки, які будуть найбільш придатними та економічно обґрунтованими.

Отримані результати досліджень також необхідно знати під час планування та здійснення складального процесу, коли для необхідного взаємодіяння деталей в машині необхідно, щоб сполучення їх поверхонь, одна відносно іншої, мало конкретний характер: вільно пересуватися; не повинні рухатись, але повинні складатися і розбиратися; лишатися під час експлуатації нерухомими.

Вибір тих чи інших операцій складання: зварювання, склеювання, паяння, складання з термовпливом тощо залежить від параметрів якості отриманого раніше поверхневого шару. Це викликає необхідність проводити більш глибокий аналіз процесу складання, тому, що на останніх стадіях виробничого процесу остаточно забезпечуються необхідні характеристики машини (виробу).

При формуванні параметрів якості поверхневого шару та необхідних експлуатаційних властивостей (механічних, фізико-хімічних, трибологічних тощо) із заданими характеристиками змінюються методи контролю та випробування виробів. Знаючи якісний склад поверхонь деталей, можна прогнозувати в яких умовах виріб працюватиме краще, в яких гірше і у зв'язку з цим, використовуючи результати, можна керувати процесом раціональної експлуатації виробу.

Використання методології направленої вибору на етапі ремонту виробів дозволяє вирішити проблему, пов'язану з відновленням поверхневих шарів деталей більш дешевими методами. Як свідчить практика, на цьому етапі застосування результатів наукових досліджень забезпечує досягнення значного економічного ефекту.

Витрати на забезпечення екологічної безпеки виготовлення деталей, працюючих в умовах ГЗ, відповідного рівня вносяться в суму загальних витрат. Слід зазначити, що екологічні характеристики методів задіяних

Етапи життєвого циклу виробу

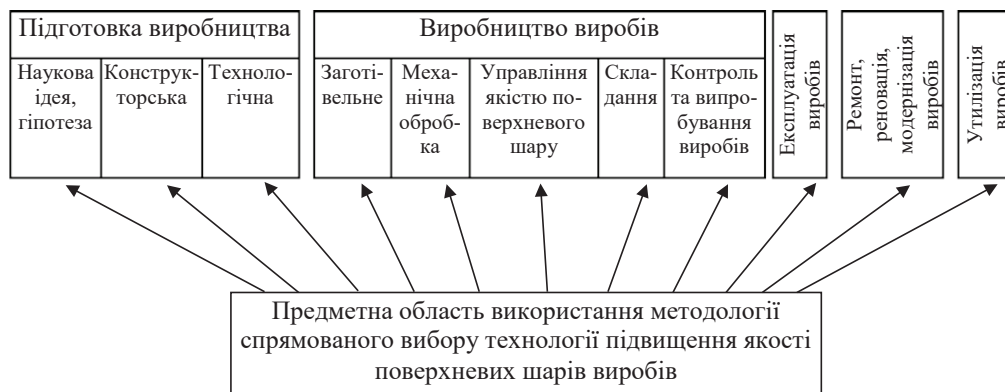


Рис. 2. Використання системи спрямованого вибору технології забезпечення необхідної якості поверхневих шарів деталей, які працюють в умовах гідроабразивного зношування, на різних етапах їх життєвого циклу

в виробництві деталей можуть бути використані в якості самостійного критерію оптимізації при прийнятті попередньо відібраних економічно доцільних варіантів.

Висновки:

1. На підставі теоретичних досліджень удосконалена взаємозалежність інформаційної сфери, яка складається з науково-технічної підготовки виробництва: конструкторської, технологічної, організаційної та науково дослідної роботи та матеріальної сфери, що включає: виробництво, експлуатацію, ремонт та утилізацію.

2. Розроблено систему спрямованого вибору екологічно безпечної технології управління параметрами

якості поверхневих шарів деталей машин, що працюють в умовах гідроабразивного зношування.

3. Відмічено, що при необхідності вирішення оптимізаційних завдань, пов'язаних з вибором екологічно безпечної технології управління параметрами якості поверхневих шарів деталей машин, що працюють в умовах гідроабразивного зношування, значно зростає роль інформаційної сфери, яка складається з результатів пізнання, що виражаються в законах, теоріях, наукових гіпотезах. Завдяки інформаційній сфері створюються і набувають відносної самостійності такі форми та засоби, як ідея, проблема, гіпотеза, концепція, закон, теорія.

Бібліографічні посилання:

1. DSTU ISO 9000-2001. Systemy upravlinnia yakistiu. Osnovni polozhennia ta slovnyk [Quality management systems. Basic provisions and vocabulary] (ISO 9000:2000, IDT) : – [Chynnyi vid 2001-01-10]. – K. : Derzhstandart Ukrainy, 2001. – VI. – 27 p. (in Ukrainian)

2. Hrabchenko A.I., Fedorovych V.O., Harashchenko Ya.M. Metody naukovykh doslidzhen: Navch. posibnyk. [Methods of scientific research: Teaching. manual.] – Kh.: NTU "KhPI", 2009. – 142 c. (in Ukrainian)

3. Kovalchuk V.V., Moiseiev L.M. Osnovy naukovykh doslidzhen : Navch. posib. [Basics of scientific research: Education. manual] – 2-he vyd., pererobl. i dopov. – K. : VD «Profesional», 2004. – 216 c (in Ukrainian)

4. Lypych L. H., Helich N. V. Rozvytok systemy upravlinnia yakistiu produktsii mashynobudivnykh pidpriemstv [Development of the quality management system of machine-building enterprises] : monohrafiia – Lutsk : Volyn. nats. un-t im. Lesi Ukrainky, 2010. – 200 p. ISBN 978-966-600-503-1 (in Ukrainian)

5. Nemchenko A.B., Niraz I.V. Metodolohiia systemnoho pidkhodu v upravlinni orhanizatsiieiu [System approach methodology in organization management] – Naukovi zapysky, – KNTU, 2010, vyp.10, chast.I – P. 275-279. (in Ukrainian)

6. Standart 8402–86 Yakist. Slovnyk [Quality. Dictionary] [vvedeno 01.10.1986]. – Kyev: Derzhstandart Ukrainy, 19 Standart ISO 95. – 12 p. (in Ukrainian)

7. Stechenko D. M., Chmyr O. S. Metodolohiia naukovykh doslidzhen [Methodology of scientific research]. – K. : Znannia, 2007. – 317 c (in Ukrainian)

Tarelnyk N. V., Candidate of Economic Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Dumanchuk M. Yu., Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Maifat M. M., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

Dotsenko A. O., PhD student, Sumy National Agrarian University, Sumy, Ukraine

A systematic approach to the selection of technologies for controlling the quality parameters of the surface layers of machine parts working in conditions of hydroabrasive wear

In the actual work, attention is paid to the fact that the wear resistance of parts is affected by their working conditions and material parameters, such as hardness and microstructure, as well as the quality parameters of their surface layers, which can be controlled thanks to the existing range of technological methods. The effective life of the equipment depends on the bearing capacity of the surface layer of the parts, which is determined by its quality. It has been proven that the works that connect the parameters of the main material of the part and the quality parameters of their surface layers with resistance to wear are relevant and timely. The purpose of the work is to increase the reliability and durability of machine parts operating under hydroabrasive wear conditions by developing a systematic approach to the selection of technologies for controlling the quality parameters of the surface layers of their parts.

The methodology of targeted selection of technology for improving the quality of surface layers of products covers its entire life cycle, which includes: the material of the product and its elements, the technology of manufacturing the product and its elements, the technology of repair and restoration of operability, etc. All of them are considered through the special methods of directed selection mentioned above. At the same time, it is necessary to take into account the influence of the chosen methods on each other, which will ultimately affect the quality of the product. The very method of system analysis can be traced in this interpretation.

On the basis of theoretical research, the authors improved the interdependence of the information sphere, which consists of scientific and technical preparation of production: design, technological, organizational and scientific research work, and the material sphere, which includes: production, operation, repair and disposal. A system of targeted selection of an environmentally safe technology for managing the quality parameters of the surface layers of parts of machines operating in conditions of hydroabrasive wear has also been developed. It is noted that when it is necessary to solve optimization tasks related to the choice of an environmentally safe technology for managing the quality parameters of the surface layers of machine parts operating in conditions of hydroabrasive wear, the role of the information sphere, which consists of the results of knowledge expressed in laws, theories, is significantly increasing, scientific hypotheses. Thanks to the information sphere, such forms and means as an idea, problem, hypothesis, concept, law, theory are created and acquire relative independence.

Key words: hydroabrasive wear, wear resistance, reliability, durability, targeted selection, operation, repair, disposal.