

СТРУКТУРА КОНЦЕПЦІЇ ВІДНОВНОГО РЕМОНТУ ГАЗОТЕРМІЧНИМ НАПИЛЕННЯМ ПОКРИТТІВ

Постановка проблеми. Вибір технології відновлення деталей транспортної техніки й організація виробництва пов'язані з розв'язком організаційно-технічних питань, керуванням і контролем руху матеріальних і інформаційних потоків у просторі й часу. При цьому необхідно, щоб розроблена технологія відновлення деталей забезпечувала підвищення ресурсу й надійності транспортної техніки. Застосування принципів логістики дозволяє мінімізувати й оптимізувати витрати при відновленні зношених деталей [1].

Для цього необхідно застосувати системний підхід і методологію спрямованого вибору технології, яка інтегрується з газополум'яним напиленням з метою підвищення якості покриття.

Аналіз основних досягнень і публікацій. Системний підхід це етап у розвитку методів пізнання, методів дослідницької й конструкторської діяльності, способів опису й пояснення природи аналізованих або штучно створюваних об'єктів [2].

Системний підхід є теоретичною й методологічною основою системного аналізу й основне завдання його полягає в розробці методів дослідження й конструювання складноорганізованих об'єктів – систем різних типів і класів.

Системний аналіз у свою чергу містить у собі ряд інших, підлеглих йому методів, які функціонують у його рамках. Одним з них є метод спрямованого вибору, що представляє собою сукупність спеціальних методів дослідження, з яких у тому або іншому випадку вибирається найбільш адекватний з них.

Методологія спрямованого вибору технології підвищення якості газотермічних покриттів виробів охоплює весь їхній життєвий цикл.

Життєвий цикл – часовий інтервал з моменту виникнення об'єкта до його повного виключення з використання (утилізації), складається із чотирьох стадій [3]:

- висування концепції й визначень;
- проектування й розробки;
- виготовлення й установки;
- експлуатації, обслуговування й ремонту.

Також важливим моментом є утилізація об'єкта. Усі стадії життєвого циклу розглядаються через спеціальні методи спрямованого вибору. Причому необхідно враховувати вплив обраних методів один на одного, яке в остаточному підсумку буде позначатися на якості виробу.

Сукупність проблем, пов'язаних з розробкою технології керування якістю газотермічних покриттів виробів, визначають предметну область методології в даній роботі.

Застосовуючи системний підхід можна виділити дві сфери існування виробу: науково-інформаційну й матеріальну [4].

У цей час, у зв'язку з розв'язком оптимізаційних завдань, зростає роль науково-інформаційної сфери. Однак відсутність установлених закономірностей по формуванню необхідного якості покриття, що напилюють на деталь, вимагає проведення великої кількості експериментів для правильного вибору технологічного процесу що до організації виробництва.

Використання методології керування якістю покриттів на стадії ремонту виробів дозволяє більш економічно розв'язати проблему відновлення їх працездатності. На цьому

етапі застосування результатів наукових досліджень дає значний економічний ефект.

У зв'язку з тим, що основою логістичного підходу є інтеграція різних матеріальних і інформаційних потоків, рухів ресурсних елементів, що створюються у процесі виробничої діяльності, у роботі [1] розглянуто два аспекти: функціональний і ресурсний.

Стосовно до ремонтного виробництва функціональний аспект F становить усі види підготовки виробництва $F_{підг}$, і безпосередньо виробничі процеси $F_{пр}$:

$$F = \{F_{підг}, F_{пр}\} \quad (1)$$

Ресурсний аспект містить матеріальні ресурси R_m , інформацію R_i , фінанси R_f і трудові $R_{тр}$:

$$R = \{R_m, R_i, R_f, R_{тр}\} \quad (2)$$

Кожний окремих елемент цих множен характеризується конкретним станом.

Формулювання мети статті. Розробити логістичну структуру концепції відновного ремонту газотермічним напиленням покриттів. Визначити групи факторів, що визначають вибір технології, що інтегрується з газополум'яним способом напилення з метою підвищення якості покриття.

Основний матеріал. Функціональний аспект ремонтного виробництва обумовлює включення до складу головної мети концепції відновного ремонту транспортної техніки забезпечення підготовки виробництва. При розробці концепції повинна враховуватися інформація, отримана від експлуатуючих організацій, тому функціональний аспект на нашу думку повинен містити F_{ei} – збір експлуатаційної інформації:

$$F = \{F_{ei}, F_{підг}, F_{пр}\} \quad (3)$$

Основними елементами матеріальних потоків у ремонтнім виробництві є: об'єкти ремонту, технологічне оснащення й устаткування, матеріали, що комплектують виробу. Матеріальним, фінансовим, трудовим потокам супроводжують інформаційні, які можуть управляти ними. Тому фактором, що вирішує, здійснення логістичних операцій є інформація, що виступає у вигляді виробничого фактора і її інтеграція з матеріальними потоками на всіх рівнях ремонту й експлуатації.

Інтегрована інформаційна система в ремонтному виробництві може реалізовуватися із застосуванням комп'ютерної техніки, пристроїв первинного збору й введення даних, засобів візуалізації, локальних обчислювальних мереж, мереж Інтернет, математичного й програмного забезпечення для автоматизованої ідентифікації дефектів з використанням комп'ютерної графіки, автоматизованого вибору оптимальної технології відновлення й розробки технологічних процесів.

Логістичний підхід дозволяє оптимізувати сумарні витрати ремонту й експлуатації транспортної техніки після ремонту, тому основою для розробки концепції відновлення деталей транспортної техніки є інтегральне цілеприпущення на основі системного аналізу.

Для забезпечення необхідного рівня якості відновлених деталей транспортної техніки доцільно розглянути ремонтне виробництво як ланку логістичного ланцюга транспортної техніки й рух матеріальних потоків на двох рівнях четвертої стадії життєвого циклу виробу: ремонт і експлуатація після ремонту. Транспортну техніку можна розглядати як макрологістичну систему, а ремонтне виробництво в якості самостійної мікрологістичної системи зі своєю структурою підсистем, яка має переплетені й перехресні зв'язки, має складність і багатоваріантність. Вироби, що підлягають ремонту, утворюють вихідний матеріальний потік для експлуатації транспортної техніки, а від-

ремонтовані вироби - вихідний потік для ремонтного виробництва й вхідний для експлуатації. Перебуваючи в постійному взаємозв'язку з експлуатацією транспортної техніки, логістична система відновлення деталей повинна мати здатність цілеспрямованої адаптації.

Розгляд руху матеріальних потоків на всіх рівнях з єдиних позицій дозволяє визначити мети концепції ремонту, що забезпечують ефективність виробничої системи ремонту й гармонізацію інтересів ремонтного виробництва й експлуатації транспортної техніки. На основі комплексного підходу й системного аналізу встановлені цілі конкретизуються, і здійснюється перехід до постановки окремих завдань концепції ремонту. Вони можуть мати наступні напрямки: застосування передових енерго-ресурсозберігаючих методів ремонту, удосконалювання існуючих способів напилювання газотермічних покриттів шляхом їхнього інтегрування з іншими технологіями, підвищення якості й надійності ремонтованих виробів і т.д.

У плані поставлених завдань технічні розв'язки містять відповідні технологічні методи й засоби для їхньої реалізації. Вони включають різні способи відновлення, інтегрування (комбінування) з іншими технологіями, методами зміцнення. Інтеграція матеріальних, інформаційних, фінансових, трудових потоків спричиняє необхідність компромісів і поступків у формуванні концепції ремонту, спрямованої на дотримання взаємного ув'язування цілей і засобів досягнення. Виникають завдання визначення критеріїв ефективності ремонтного виробництва, спрямованого вибору способу відновлення деталі й наступної оптимізації технологічних параметрів.

Логістична структура концепції відновного ремонту транспортної техніки наведена у вигляді алгоритму на рис. 1.

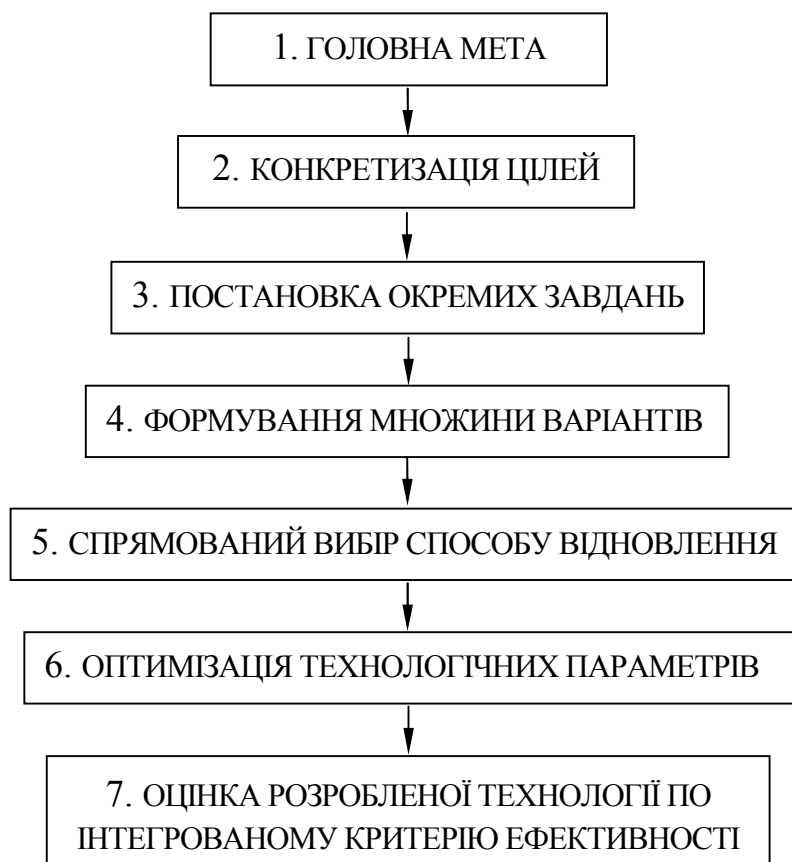


Рис. 1. Алгоритм структури концепції відновного ремонту газотермічним напиленням покриттів

Четверту стадію життєвий циклу - експлуатацію, обслуговування й ремонт, розглядаючи як логістичну систему, можна представити, що полягає із двох підсистем: макрологістичної (період експлуатації й обслуговування) і мікрологістичної (період ремонту). У макрологістичній підсистемі експлуатації й обслуговування транспортної техніки фактори, що обумовлюють пошкоджуваність деталей і необхідність їх ремонту, впливають на технічний стан транспортної техніки й визначають вимоги до якості відновлених деталей у післяремонтний період, підвищенню термінів служби, довговічності й безвідмовності їх роботи. Розвиток і накопичення дефектів, що викликають необхідність ремонту (відновлення) деталей, відбувається під впливом зовнішніх факторів.

До зовнішніх факторів, які можуть вплинути на вибір стратегії відновлення деталей, слід віднести наступні:

- час знаходження об'єктів ремонту в експлуатації;
- види трибоспрязень (опорні й упорні підшипники);
- види фрикційних з'єднань (посадки, зазори, шпонкові з'єднання);
- типи відносного руху деталей (контактні, ковзання, кочення);
- види навантажень (крутний момент, упор, навантаження мас і ін.);
- умови змащення й температурна режим.

Фактори, що характеризують технічний стан деталей, визначають ремонтні розміри зношених поверхонь, є внутрішніми в мікрологістичній підсистемі ремонту. Їх можна згрупувати в такий спосіб: геометричні характеристики (лінійні розміри, еліптичність, конусність, осьові й радіальні зазори, вигин і ін.); стан поверхні (подряпини, задири, тріщини, викрашування, перенос металу, зминання, механічне зношування, фретинг-корозія, корозія); фізико-механічні й металографічні характеристики (твердість, границя текучості, границя витривалості, величина й форма зерен, розташування зерен) і ін.

Для зношених ділянок деталей і в цілому для деталі можна побудувати графічні й комп'ютерні моделі дефектів і скласти алгоритм логістичної структури концепції відновного ремонту (рис. 1).

Наявність великої кількості факторів, що впливають на процеси зміни вихідного стану деталей у процесі експлуатації, обумовлює множину імовірнісних наслідків їх технічного стану. Тому, розв'язок складного науково-технічного завдання визначення необхідних параметрів можливо на основі імовірнісних методів обробки й аналізу статистичної інформації, отриманої в процесі експериментальних досліджень і експлуатації деталей. Змінюючи параметри вихідного технічного стану об'єкта, можна прогнозувати побудову випадкових функцій вихідних характеристик з наступним установленням єдиних припустимих значень необхідних параметрів технічного стану [5].

Принципова структура імовірнісних моделей стратегії керуючих впливів при ремонті транспортної техніки показана на рис. 2 [6].



Рис. 2. Структура побудови імовірнісних моделей керуючих впливів на технічний стан об'єктів ремонту

Вхідними характеристиками є: геометричні, фізико-механічні й інші властивості об'єкта. Вихідними можуть бути узагальнені характеристики технічного стану, що відбивають зносостійкість, опір утоми, фретингу і т.д., і характеристики надійності: термін служби, наробіток на відмову й ін. Закон керуючих впливів може бути виражений інтегральною функцією:

$$BU(t) = \int_0^t R(t)dt, \quad (3)$$

де t - період часу.

У міру накопичення статистичних даних, отриманих у процесі випробувань і експлуатації, випадкові функції вихідних характеристик уточнюються. Однак застосування імовірнісних методів має значні обмеження, обумовлені необхідністю наявності статистичної інформації й умовним характером імовірностей, що обчислюються.

Найбільш перспективний шлях у визначенні необхідних параметрів технічного стану об'єкта ремонту полягає у використанні методів моделювання процесів зношування і ушкоджень на основі вивчення їх фізичної сутності. При цьому визначаються характеристики й параметри різних фізичних процесів зношування, деформування, утоми, пошкоджуваності, обумовлених фактичними умовами експлуатації об'єкта, у комбінації з моніторингом його технічного стану.

Для побудови моделей на основі аналізу технічного стану, що відробили конструктивних елементів і відмов аналогів досліджуються критичні значення параметрів, відповідні до граничного стану об'єкта. Заходом поточного пошкодження на j -й ділянці є відношення [6]:

$$\omega_j = \sum \frac{\Delta\alpha_{ij}}{\alpha_{if}}, \quad (4)$$

де $\Delta\alpha_{ij}$ - зміна i -параметра на j -ділянці за період часу t ; α_{if} - критичне значення i -параметра.

Оцінка технічного стану й фактичних значень параметрів за відповідний період часу проводиться за даними лабораторних випробувань, експлуатаційного моніторингу й передремонтної дефектації.

Для конкретних умов експлуатації ($F_{зовн}$) при наявності різних вихідних параметрів ($\Pi_{вих}$) знаходиться швидкість зношування й накопичення пошкоджуваності, а також будується математична модель поточного пошкодження на j -ділянці у вигляді:

$$\omega_j = f(t, F_{зовн}, \Pi_{вих}), \quad (5)$$

де t - період часу.

У самому загальному змісті процес зовнішнього тертя являє собою перехід від механічного макроскопічного руху контактуючих твердих тіл до мікро- і субмікроскопічному внутрішньому руху, пов'язаному з утворенням теплоти й зміною внутрішньої будови тонких поверхневих обсягів, що брали участь у процесі.

Тому теоретичний розгляд процесу зовнішнього тертя повинен насамперед ґрунтуватися на встановленні енергетичних співвідношень. Математичне моделювання процесів зношування і ушкоджень дозволяє виконувати аналіз розвитку пошкодження в будь-якому місці деталі залежно від умов експлуатації, що необхідно для вибору технології відновлення деталі.

Як було сказано вище, що четверту стадію життєвий цикл - експлуатацію, об-

слуговування й ремонт, розглядаючи як логістичну систему, можна представити, що полягає із двох підсистем: макрологістичної (період експлуатації й обслуговування) і мікрологістичної (період ремонту).

Тоді технологія відновлення розглядається як мікрологістична підсистема (період ремонту), де можна виділити три групи внутрішніх факторів:

1. Конструкційні;
2. Матеріалознавські: тобто матеріал, використовуваний для відновлення, його фізичні, міцнісні, хімічні й інші властивості;
3. Технологічні, до яких відносяться способи відновлення й інтегрування їх з іншими технологіями, якість відновленої поверхні (міцність зчеплення напиляного шару з основою, пористість, рівень залишкових напруг, зносостійкість і ін.).

Визначення кількісних значень технологічних заходів, їх пріоритетності й перспективності проводиться методами моделювання й прогнозування.

Висновки.

1. Розроблена структура концепції відновного ремонту газотермічним напиленням покриттів.

2. Розглядаючи період ремонту як мікрологістичну підсистему логістичної системи експлуатації, обслуговування і ремонту, встановлені групи факторів, що визначають вибір технологій, які інтегрується з газополум'яним способом напилення для підвищення якості покриттів.

Література: 1. Чудаков А.Д. Логистика / Чудаков А.Д. - М: Издательство РДЛ, 2001 – 480 с. 2. Шадричев В.А. Ремонт автомобилей / Шадричев В.А. – М.: Высшая школа, 1970. – 180 с. 3. Курчаткин В.В. Надежность и ремонт машин / Курчаткин В.В. – М.: Колос, 2000. – 775 с. 4. Аникин Б.А. Логистика: Учебник / Аникин Б.А. - М.: ИНФРА-М, 2006 - 368 с. 5. Лузан С.А. Системный поход к выбору упрочняющих технологий деталей машин для механизации сельскохозяйственного производства / С.А. Лузан // Механизация сельского хозяйства. Вестник ХНТУСГ. Том 1. – Харьков: ХНТУСГ. – 2007. – Вып. 59. – С. 400-409. 6. Корнев А.Б. Разработка стратегии ремонта трибосопряженных крупногабаритных деталей с применением газотермического напыления в судоремонтном производстве: дис. ...кандидата техн. наук : 05.08.04 / Корнев Андрей Борисович. - Нижний Новгород, 2006, - 198 с.

Bibliography (transliterated): 1. Chudakov A.D. Logistika / Chudakov A.D. - M: Izdatel'stvo RDL, 2001 – 480 s. 2. Shadrichev V.A. Remont avtomobilej / Shadrichev V.A. – M.: Vysshaja shkola, 1970. – 180 s. 3. Kurchatkin V.V. Nadezhnost' i remont mashin / Kurchatkin V.V. – M.: Kolos, 2000. – 775 s. 4. Anikin B.A. Logistika: Uchebnik / Anikin B.A. - M.: INFRA-M, 2006 - 368 s. 5. Luzan S.A. Sistemnyj pohod k vyboru uprochnjajuwih tehnologij detal'ej mashin dlja mehanizacii sel'skohozjajstvennogo proizvodstva / S.A. Luzan // Mehanizacija sil'skogospodars'kogo virobnictva. Visnik HNTUSG. Tom 1. – Harkiv: HNTUSG. – 2007. – Vip. 59. – S. 400-409. 6. Kornev A.B. Razrabotka strategii remonta tribosoprjazhenij krupnogabaritnyh detal'ej s primeneniem gazotermicheskogo napy-lenija v sudoremontnom proizvodstve: dis. ...kandidata tehn. nauk : 05.08.04 / Kornev Andrej Borisovich. - Nizhnij Novgorod, 2006, - 198 s.

Лузан С.А.

СТРУКТУРА КОНЦЕПЦИИ ВОССТАНОВИТЕЛЬНОГО РЕМОНТА ГАЗОТЕРМИЧЕСКИМ НАПИЛЕНИЕМ ПОКРЫТИЙ

Разработана структура концепции восстановительного ремонта газотермическим напылением покрытий. Определены группы факторов, определяющие выбор технологии, которая интегрируется с газопламенным напылением с целью повышения качества покрытия.

Luzan S.

STRUCTURE CONCEPT OF THE RECONSTRUCTION REPAIR GASOTHERMAL
EVAPORATION COATING

The designed structure to concepts of the reconstruction repair gasothermal evaporation coatings. The determination groups factor, defining choice to technologies, which is integrated with gasoflame evaporation for increasing quality coating.

УДК 621.833.031

*Приймаков О.Г., канд. техн. наук; Градиський Ю.О., канд. техн. наук;
Янчик О.Г., канд. техн. наук*

**ЧИСЕЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ МІРИ ВТОМНИХ ПОШКОДЖЕНЬ
ЗНОСОКОНТАКТНИХ ПАР ТЕРТЯ НА БАЗІ ТЕОРІЇ ДВОВИМІРНИХ
МАРКОВСЬКИХ ПРОЦЕСІВ**

Загальна постановка проблеми і її зв'язок з науково-практичними завданнями. Зносоконтактна взаємодія пар тертя в машинобудуванні є визначальною для прогнозування їх витривалості, особливо з врахуванням технологічних і експлуатаційних параметрів. Це явище відоме в машинобудуванні під назвою витривалості в процесі експлуатації, а надійність є об'єктивним параметром цієї витривалості.

Для витривалості машинобудівних конструкцій, у яких мають місце випадкове навантаження і поступові відмови різної фізичної природи, можна використовувати кінетичні рівняння для міри пошкодження і рівняння фільтра для визначального параметра щільності ймовірності відмов у зв'язку з утратою витривалості.

Огляд публікацій і аналіз невирішених проблем. Як відомо [1-4], міру пошкоженості та інтенсивності зношування зносоконтактної пари тертя довільного трибо сполучення в машинобудуванні доцільно моделювати та прогнозувати з допомогою теорії двовимірних марковських процесів (ланцюгів) [5-8].

Автори [9] вдосконалили цей метод, пристосували його до задач прогнозування зносоконтактної витривалості трибосполучень як на стадії проектування, так і в процесі їх експлуатації.

Метою роботи є створення методики прогнозування зносостійкості пар тертя з урахуванням технологічних та експлуатаційних параметрів на базі теорії двовимірних марковських процесів.

Результати досліджень і їх аналіз. Для перевірки точності методів, що базуються на теорії двовимірних марковських процесів, були проведені чисельні дослідження для лінійної моделі накопичення пошкоджень

$$\lim \theta(\lambda, \omega, t) = P_S(\lambda)\theta(\omega, t), \quad t \rightarrow 0 \quad (1)$$

і порівняння з результатами, отриманими за методом статистичного моделювання, і асимптотичним методом [10]. Розраховувалася щільність імовірності міри втомних пошкоджень у два різні моменти часу t_i за таких вихідних даних, що є усередненими для середнього машинобудування:

- частота процесу $\omega = 200 \pi$ і відповідний період $T = \frac{2\pi}{\omega} = 0,01$ с;
- число модельованих амплітуд (циклів) N для $t_1 = 5$ с дорівняло 500, для $t_2 = 10$ с – 1000;