

УДК 621.81.004.67(075)

DOI 10.36910/6775-2313-5352-2021-18-9

**Захарчук В.І., Захарчук О.В.**

Луцький національний технічний університет

**Галушак Д.О., Галушак О.О.**

Вінницький національний технічний університет

## МЕТОД ВИБОРУ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ

*Відновлення деталей автомобілів та інших машин дозволяє використати їх матеріал, форму і залишкову довговічність, що зменшує потребу запасних частин, праці, енергії та матеріалів, а також сприяє збереженню навколишнього середовища. Дослідженнями встановлено, що 85% деталей машин стають не роботоздатними при зношуваннях поверхонь не більше 0,2-0,3 мм, а собівартість їх відновлення складає 50-60% від ціни нової деталі. Зношені поверхні можуть бути відновлені, як правило, декількома способами. В залежності від величини зношування, матеріалу деталі та її термообробки запропонований метод вибору раціональної технології відновлення зношеної поверхні в залежності від технологічних можливостей виробництва, умов експлуатації, собівартості відновлення, залежності вартості відновлення від довговічності роботи. Оцінка цих чинників виконується послідовно за технологічним, ресурсним та економічним критеріями. Остаточне рішення щодо вибору технології відновлення приймається на конкретному виробництві з врахуванням його технічних та фінансових можливостей.*

**Ключові слова:** деталь, відновлення, технологія, метод, поверхня, роботоздатність

**Вступ.** Технологічний процес ремонту автомобілів значно складніший за процес їх виготовлення, так як включає в себе процеси машинобудівного виробництва, а також процеси, специфічні для ремонту: очищення, мийку, розбирання, дефектування та відновлення.

Вибір раціональної технології відновлення залежить від конструктивно-технологічних особливостей деталі, умов її роботи та зношування, а також від вартості відновлення. Вибір технології відновлення деталі має багато спільного з вибором найкращої доступної технології виробництва.

Термін «найкраща доступна технологія» (best available techniques — BAT) вперше з'явився у директиві робочої групи по атмосферному повітрю (Air Framework Directive — AFD) у 1984 р. Найкраща доступна технологія (НДТ) – технологія виробництва продукції (товарів), виконання робіт, надання послуг, що визначається на основі сучасних досягнень науки і техніки і найкращого поєднання критеріїв досягнення цілей охорони навколишнього середовища за умови наявності технічної можливості та економічної доцільності її застосування. В країнах пострадянського простору, зокрема РФ, були окремі спроби виконання досліджень щодо впровадження НДТ в хімічній промисловості [1].

У Європейському союзі діють 33 довідники ЄС по НДТ для різних галузей промисловості, що враховують всі технологічні особливості та апаратне оснащення процесів з урахуванням екологічних впливів і економічних витрат. Однак, пряме використання європейських довідників НДТ на вітчизняних підприємствах є навряд чи можливим, зважаючи на наявні відмінності, в тому числі специфік всіх видів ресурсів, особливостей сировини, доступності різних видів енергії, природних умов, екологічних характеристик територій і технологічної культури виробництва.

**Огляд та аналіз попередніх досліджень.** Використання системного підходу і можливостей інформаційних технологій є необхідною умовою вирішення проблеми вибору раціональної технології з огляду на її складність і багатоаспектність. Значний внесок у розвиток системного аналізу та теорій прийняття рішень внесли: Е. С. Вентцель [1], В. Н. Волкова, А.А.Денисов [2], А. В. Костров [3], О. И. Леричев [4], С. Оптнер [5], Ф. И. Перегудов [6], В. В. Подиновский [7], Д. А. Поспелов [8].

Завдання вибору технології або конкретного способу відновлення деталі вперше було розв'язане В.А. Шадрічевим [9], а потім в цей метод внесли доповнення інші автори [10, 11, 12]. Відомі три основні методи вибору способу відновлення деталі. Перший ґрунтується на розрахунку вартості відновлення деталі і порівнянні її з ціною нової деталі. За другим методом порівнюють між собою комплексні величини у вигляді відношень вартості і ціни до ресурсу

нової і відновленої деталі. Третій метод враховує вартість і довговічність нової і відновленої деталі. Недоліки першого методу полягають у відсутності врахування технічного стану і післяремонтного напрацювання відновленої деталі. Другий і третій методи допускають в виробництво способи, які при малій вартості відновлення формують і малу довговічність деталі у порівнянні з нормативним напрацюванням агрегату. Тому метою даної роботи є розробка методу, який не має цих недоліків та який враховує методи системного аналізу та теорії прийняття рішень.

**Виклад основного матеріалу.** Після аналізу чинників, які впливають на вибір способу відновлення автомобільних деталей пропонується наступна схема вибору способу відновлення деталі (рис. 1). При цьому методом апріорного ранжування були відсіяні менш суттєві чинники.

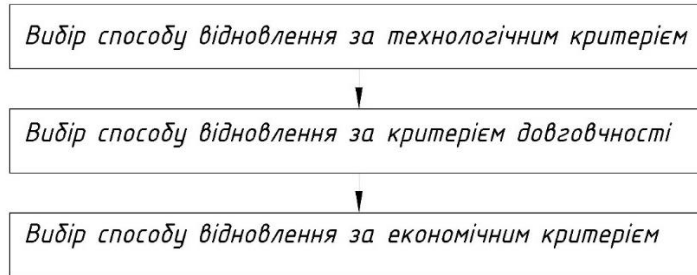


Рисунок 1 – Схема вибору способу відновлення деталі

Технологічний критерій враховує, з однієї сторони, особливості відновлюваної деталі, а з другої сторони – технологічні можливості відповідних способів відновлення. Крім того враховуються технологічні можливості ремонтного підприємства [11]. Принципова можливість застосування деяких найбільш поширених способів наведена в табл. 1.

Таблиця 1

Принципова можливість застосування деяких найбільш поширених способів відновлення деталей

Спосіб відновлення	Вихідні характеристики відновлення деталей						
	Види металів і сплавів, по відношенню до яких застосовується спосіб	Види поверхонь, по відношенню до яких застосовується спосіб	Мінімальний зовнішній діаметр поверхні, мм	Мінімальний внутрішній діаметр поверхні, мм	Мінімальна товщина покриття яке наноситься, мм	Максимальна товщина покриття яке наноситься, мм	Можливість застосування до деталей, які отримують знакозмінні навантаження
Наплавлення в середовищі CO <sub>2</sub>	Сталь	1*; 3*	15	-	0,5	3,5	+
Наплавлення під шаром флюсу			50	-	1,5	5	
Вібродугова наплавка			15	-	0,5	3	
Металізація	Всі метали		30	-	0,3	3	-
Газополум'яне напилення			30	-	0,3	1,5	
Плазменне напилення або наплавка			30	-	0,3	3	
Хромування	Сталь, чавун	1*; 2*	5	40	0,05	0,3	+
Насталювання			12	40	0,1	1,5	
Електроконтактне приварювання	Всі метали		10	60	0,1	1,5	

металевого шару						
Ручна наплавка		1*; 2*; 3*	10	40	1	6
Електромеханічна обробка	Сталь	1*	30	-	0,05	0,12
Відновлення під ремонтний розмір	Всі метали	1* ; 2* ; 3*	Визначаються за умовами міцності деталей	-	-	
Встановлення додаткових ремонтних деталей				-	-	
Пластичне деформування	Сталь				-	-
*1 – зовнішні циліндричні поверхні; *2 – внутрішні циліндричні поверхні; *3 – плоскі поверхні						

На основі технологічних характеристик вибираємо 4-5 можливих способи відновлення різних поверхонь деталі.

Для подальшого скорочення кількості можливих способів відновлення пропонується використати критерій довговічності  $K_d$  відновлюваної деталі:

$$K_d = K_z K_v K_{zч} K_p, \quad (1)$$

де  $K_z$  – коефіцієнт зносостійкості відновленої поверхні;

$K_v$  – коефіцієнт витривалості відновленої деталі;

$K_{zч}$  – коефіцієнт зчеплення ремонтного матеріалу з відновлюваною поверхнею;

$K_p$  – поправочний коефіцієнт, який враховує фактичну роботоздатність відновленої деталі в умовах експлуатації.

Приблизні значення коефіцієнтів, які визначають довговічність відновлених деталей наведені в табл. 2. При їх визначенні враховані підходи, започатковані в роботах [12, 13].

Таблиця 2 – Значення коефіцієнтів, які визначають довговічність відновлених деталей

Способи відновлення	$K_z$	$K_v$	$K_{zч}$	$K_p$
Наплавлення в середовищі $CO_2$	0,95	0,95	1,00	0,82
Вібродугова наплавка	0,95	0,62	1,00	0,82
Наплавлення під шаром флюсу	1,10	0,82	1,00	0,86
Металізація	1,15	0,80	0,70	0,80
Газополум'яне напилення	1,15	0,80	0,70	0,80
Плазменне напилення	1,25	0,85	0,75	0,80
Хромування	1,15	0,85	0,70	0,90
Насталювання	1,10	0,80	0,70	0,80
Електроконтактне приварювання металевого шару	1,00	0,80	0,85	0,80
Ручна наплавка	1,00	0,80	1,00	0,80
Епоксидні композиції	0,90	0,80	1,00	0,85
Електромеханічна обробка	1,00	1,20	1,00	0,90
Обробка під ремонтний розмір	1,00	1,00	1,00	0,88
Встановлення додаткових ремонтних деталей	1,00	0,80	1,00	0,86
Пластичне деформування	0,90	1,00	1,00	0,90

З декількох варіантів способу відновлення поверхні деталі раціональним за критерієм довговічності (ресурсності) буде той, в якого він має максимальне значення.

Найбільш раціональний спосіб відновлення вибираємо за економічним критерієм:

$$K_{Ei} = \frac{C_{Bi}}{K_{di}} \rightarrow \min, \quad (2)$$

де  $K_{Ei}$  – економічний критерій  $i$ -го способу;

$C_{Bi}$  – витрати на відновлення поверхні деталі  $i$ -тим способом, грн.;

$K_{Di}$  – коефіцієнт довговічності відновленої поверхні  $i$ -тим способом.

Витрати на відновлення деталі:

$$C_{Bi} = C_{Pi} \cdot S \cdot K_{i\text{нф}}, \quad (3)$$

де  $C_{Pi}$  – питома собівартість відновлення одиниці площини зношеної поверхні  $i$ -тим способом, грн/см<sup>2</sup>;

$S$  – площа поверхні, яка відновлюється, см<sup>2</sup>;

$K_{i\text{нф}}$  – коефіцієнт річної інфляції, який враховує зміни питомої собівартості відновлення поверхні у зв'язку з рівнем інфляції.

Питомі собівартості відновлення зношених поверхонь деталей найбільш відомими способами [13] показані в табл. 3.

Таблиця 3

Питомі собівартості відновлення зношених поверхонь деталей найбільш відомими способами

Спосіб відновлення	Питома собівартість відновлення $C_{Pi}$ , грн/см <sup>2</sup>
Наплавлення в середовищі CO <sub>2</sub>	2,4-3,2
Вібродугове наплавлення	3,2-4
Наплавлення під шаром флюсу	4,8-5,6
Дугова металізація	3,2-4,8
Газополомуневе напилення	3,2-4,8
Плазменне напилення	4-5,6
Хромування електролітичне	1,6-3,6
Насталювання електролітичне	1-4
Контактна наплавлення металічного шару	3,4-4,8
Ручна наплавка	1,6-2,4
Епоксидні композиції	1,2-2,4
Електро механічна обробка	3,2-3,6
Обробка під ремонтний розмір	0,4-0,8
Встановлення додаткових деталей	1,6-4
Пластичне деформування	0,4-0,8

В процесі експлуатації техніки по мірі збільшення напрацювання її деталі втрачають роботоздатність, що вимагає їх заміни або відновлення. Але в умовах обмежених фінансових і матеріальних ресурсів вирішити цю проблему вигідніше все-таки за рахунок ремонту деталей. При відновленні деталей витрати на матеріали і заготівельні роботи мінімальні, так як в якості заготовок слугують зношені деталі. Разом з тим сучасні технології дозволяють отримати ресурс відновленої деталі на рівні нової і навіть вищий.

**Висновки.** Відновлення багатьох деталей автомобіля є доцільним та економічно вигідним. Це стосується, в першу чергу, базових та дорого вартісних деталей. Зношені поверхні можуть бути відновлені, як правило, декількома способами. Запропонований метод дозволяє вибрати з числа можливих найбільш раціональний спосіб відновлення деталі для забезпечення найкращих техніко-економічних показників в кожному конкретному випадку в залежності від конструктивних особливостей деталі та програми виробництва.

#### Інформаційні джерела

1. Тишаева И.Р. Алгоритмическое обеспечение систем поддержки принятия решения по выбору наилучшей доступной технологии в химическом производстве: автореф. дис. на соискание уч. степени канд. техн. наук. Москва, 2014. – С. 20.
2. Волкова В.Н., Денисов А.А. Основы теории систем и системного анализа. Санкт-Петербург, 1999. – С. 510.
3. Костров А.В. Системный анализ и принятие решений. Владимир, 1995. – С. 68.
4. Ларичев О.И. Теория принятия решений. Москва, 2000. – С. 294.

5. Оптнер С. Системный анализ для решения деловых и промышленных проблем. Москва, 1969. – С. 69.
6. Перегудов Ф.И., Тарасенко Ф.П. Введение в системный анализ. Москва, 1989. – С. 320.
7. Подиновский В.В. Введение в теорию важности критериев в многокритериальных задачах принятия решений. Москва, 2007. – С. 64.
8. Пospelов Д.А. Ситуационное управление: теория и практика. Москва, 1986. – С. 288.
9. Шадричев В.А. Основы выбора рационального способа восстановления автомобильных деталей металлопокрытиями / В.А. Шадричев. М.; Л.: Машгиз, 1962. – 296 с.
10. Батищев А.Н. Методика обоснования рационального способа восстановления изношенных деталей / А.Н. Батищев // Современное оборудование и технологические процессы для восстановления и упрочнения деталей машин: тез. докл. науч.-техн. конф. стран членов СЭВ «Ремдеталь-88», г. Пятигорск. М., 1988. Ч.1. С. 23-24.
11. Васильев Н.Г. Выбор способа восстановления изношенных деталей / Н.Г. Васильев, И.И. Галиев, Т.Н. Васильева // Сварочное производство. 1996. №7. С. 13-15.
12. Иванов В.П. Выбор способа восстановления деталей / В.П. Иванов // Наука и техника. 2016. Т.15, №1. С.9-17.
13. Чеботарев М.И. Выбор оптимального способа восстановления изношенной поверхности детали / М.И. Чеботарев, М.Р. Кадыров. – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 91 с.

**Захарчук В.І., Захарчук О.В.**

Луцкий национальный технический университет

**Галушак О.О., Галушак Д.О.**

Винницкий национальный технический университет

#### **МЕТОД ВЫБОРА ТЕХНОЛОГИИ ВОССТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ**

Восстановление деталей автомобилей и других машин позволяет использовать их материал, форму и остаточную долговечность, что уменьшает потребность запасных частей, труда, энергии и материалов, а также содействует сохранению окружающей среды. Исследованиями установлено, что 85% деталей машин становятся неработоспособными при износах поверхностей не больше 0,2-0,3 мм, а себестоимость их восстановления составляет 50-60% от цены новой детали. Изношенные поверхности могут быть восстановлены, как правило, несколькими способами. В зависимости от величины износа, материала детали и термообработки предложен метод выбора рациональной технологии восстановления изношенной поверхности в зависимости от технологических возможностей производства, условий эксплуатации, себестоимости восстановления, зависимости стоимости восстановления от долговечности работы. Оценки этих факторов производится последовательно за технологическим, ресурсным и экономическим критериями. Окончательное решение касательно выбора технологии восстановления принимается на конкретном производстве с использованием его технических и финансовых возможностей.

**Ключевые слова:** деталь, восстановление, технология, метод, поверхность, работоспособность

**Zakharchuk V.I., Zakharchuk O.V.**

Lutsk National Technical University

**Galushchak O.O., Galushchak D.O.**

Vinnytsia National Technical University

#### **METHOD FOR SELECTING PARTS RECOVERY TECHNOLOGY**

Remanufacturing of parts allows the use of their material, shape and residual durability, which reduces the need for spare parts, labor, energy and materials, and also helps to preserve the environment. Research has established that 85% of machine parts become inoperative when surfaces wear no more than 0.2-0.3 mm, and the cost of their restoration is 50-60% of the price of a new part. Worn surfaces can be repaired, as a rule, in several ways. Depending on the amount of wear, the material of the part and heat treatment, a method is proposed for choosing a rational technology for restoring a worn surface, depending on the technological capabilities of production, operating conditions, the cost of restoration, the dependence of the cost of restoration on the durability of work. These factors are assessed sequentially according to technological, resource and economic criteria.

The final decision regarding the choice of recovery technology is made at a specific production facility using its technical and financial capabilities.

**Key words:** detail, restoration, technology, method, surface, performance