

МАТЕМАТИЧНІ МЕТОДИ, МОДЕЛІ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ В ЕКОНОМІЦІ

УДК 338.31:621.791.92

DOI: <https://doi.org/10.32840/1814-1161/2020-3-46>

Ткаченко А.М.

доктор економічних наук, професор,
Національний університет «Запорізька політехніка»

Круглікова В.В.

кандидат економічних наук, доцент,
Національний університет «Запорізька політехніка»

Юхно В.А.

магістрант,
Національний університет «Запорізька політехніка»

Tkachenko Alla

Doctor of Economic Sciences, Professor,
Zaporizhzhia Polytechnic National University

Kruhlikova Valentina

Candidate of Economic Sciences, Associate Professor,
Zaporizhzhia Polytechnic National University

Yukhno Valerii

Zaporizhzhia Polytechnic National University

МЕТОДИЧНИЙ ПІДХІД ЩОДО ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗНОСОСТІЙКОГО НАПЛАВЛЕННЯ

THE METHODOLOGICAL APPROACH TO THE DETERMINATION OF TECHNICAL AND ECONOMIC EFFICIENCY OF WEAR-RESISTANT DEPOSITION

У статті обґрунтовано методичний підхід щодо використання технологій відновлення деталей будівельного обладнання шляхом наплавлення та використанням зносостійких матеріалів. Підставою для використання таких технологій є те, що наплавлення високолегованого зносостійкого сплаву на робочі поверхні деталей в декілька разів збільшує термін служби та дозволяє багатократно повторювати дану процедуру. В роботі наголошено, що доволі часто, вибір способу наплавлення та матеріалу для наплавлення проводять без достатнього техніко-економічного обґрунтування. Нерідко одні й ті ж самі деталі на різних підприємствах наплавляють матеріалами, використання яких не завжди є економічно доцільним. Авторами аргументовано, що доволі часто при виборі зносостійкого сплаву відштовхуються від вартості матеріалів для наплавлення та показника твердості металу, що наплавляється. Вибір зносостійких сплавів за найменшою ціною матеріалу для наплавлення, без врахування зносостійкості, може призвести до великих економічних збитків, хоч він і доволі широко застосовується суб'єктами господарювання в цілому, та ремонтними підприємствами зокрема. Підхід до вибору матеріалу з метою наплавлення не слід визнати доцільним, якщо він не враховує термін експлуатації відновлених деталей, собівартість наплавлення та загальну економічну ефективність їх використання. Зазвичай вибір матеріалу, аргументований його вартістю та показником твердості наплавленого шару не є економічно доцільним і потребує більш глибокого аналізу. Тому відбір матеріалу для відновлення та підвищення зносостійкості деталей машин

потребує багатокритеріального підходу. Практика показує, що більшість наплавлених деталей втрачає свою працездатність через недостатню зносостійкість сплавів, та лише невелика частина – через зниження витривалості при знакозмінних навантаженнях. Доведено доцільність використання методика розрахунку економічної ефективності зносостійкого наплавлення та більш повного розрахунку собівартості відновлення деталей машин за допомогою методу наплавлення. В статті наведено результати розрахунків економічної ефективності відновлення деталей землерийних, дорожніх та інших видів будівельних машин, які працюють в умовах абразивного зношування.

Ключові слова: економічна ефективність, потенціал, будівельне обладнання, зносостійкість, наплавлення, технології.

В статье обоснован методический подход по использованию технологий восстановления деталей строительного оборудования путем наплавки и использованием износостойких материалов. Основанием для использования таких технологий является то, что наплавка высоколегированной износостойкой сплава на рабочие поверхности деталей в несколько раз увеличивает срок службы и позволяет многократно повторять данную процедуру. В работе отмечено, что довольно часто, выбор способа наплавки и материала для наплавки проводят без достаточного технико-экономического обоснования. Нередко одни и те же детали на различных предприятиях наплавляют материалами, использование которых не всегда является экономически целесообразным. Авторами аргументировано, что довольно часто при выборе износостойкого сплава отталкиваются от стоимости материалов для наплавки и показателя твердости металла наплавляемый. Выбор износостойких сплавов по наименьшей цене материала для наплавки, без учета износостойкости, может привести к большим экономическим потерям, хотя он и довольно широко применяется субъектами хозяйствования в целом, и ремонтными предприятиями в частности. При выборе материала с целью наплавки необходимо учитывать срок эксплуатации восстановленных деталей, себестоимость наплавки и общую экономическую эффективность их использования. Обычно выбор материала, аргументированный его стоимостью и показателем твердости наплавленного слоя не является экономически целесообразным и требует более глубокого анализа. Поэтому отбор материала для восстановления и повышения износостойкости деталей машин требует многокритериального подхода. Практика показывает, что большинство наплавленных деталей теряет свою работоспособность из-за недостаточной износостойкости сплавов, и лишь небольшая часть – из-за снижения выносливости при знакопеременных нагрузках. Доказана целесообразность использования методики расчета экономической эффективности износостойкой наплавки и более полного расчета себестоимости восстановления деталей машин с помощью метода наплавки. В статье приведены результаты расчетов экономической эффективности восстановления деталей землеройных, дорожных и других видов строительных машин, работающих в условиях абразивного износа.

Ключевые слова: экономическая эффективность, потенциал, строительное оборудование, износостойкость, наплавки, технологии.

The article substantiates the methodical approach to the use of technologies for the restoration of construction equipment parts. This approach is implemented by surfacing and the use of wear-resistant materials. Surfacing of high-alloy wear-resistant alloy on the working surfaces of parts increases the service life several times and allows you to repeat this procedure many times. The choice of surfacing method and surfacing material is sometimes made without sufficient feasibility study. Parts at different companies can be welded with materials, the use of which is not always economically feasible. The authors argue that quite often when choosing a wear-resistant alloy based on the cost of materials for surfacing and the hardness of the weld metal. Choosing wear-resistant alloys at the lowest cost of the surfacing material can lead to large economic losses. This situation occurs in the practice of repair companies. The approach to the choice of material for surfacing should not be considered appropriate if it does not take into account the service life of the recovered parts, the cost of surfacing and the overall cost-effectiveness of their use. The choice of material, in terms of cost and hardness of the deposited layer is not economically feasible and requires more in-depth analysis. The selection of material to restore and increase the wear resistance of machine parts requires a multi-criteria approach. Practice shows that most of the welded parts lose their efficiency due to insufficient wear resistance of alloys. A small part of the parts loses its efficiency due to reduced endurance under alternating loads. The expediency of using the method of calculating the economic efficiency of wear-resistant surfacing and a more complete calculation of the cost of restoration of machine parts using the surfacing method is proved. The article presents the results of calculations of economic efficiency of restoration of parts of earthmoving, road and other types of construction machines (under abrasive conditions).

Keywords: economic efficiency, potential, construction equipment, wear resistance, surfacing, technologies.

Формулювання проблеми. Актуальність дослідження обумовлена високим рівнем зношення основних фондів будівельного обладнання в Україні. Сьогодні зростає потреба в оновленні парку основних фондів. Альтернативою наразі може бути запровадження технологій відновлення деталей будівельного обладнання шляхом наплавлення та використанню зносостійких матеріалів. Вибір таких технологій

не завжди може бути економічно доцільним, тому при їх запровадженні варто максимально враховувати вплив на даний процес основних чинників котрі спрямовують підприємство на запровадження модерних технологій.

За останні роки зношування основних фондів суб'єктів господарювання становить близько 70-80 %, що у свою чергу призвело до зростання по-

питу на зносостійкі матеріали, котрі використовуються в технології наплавлення. Підставою для цього є те, що наплавлення високолегованого зносостійкого сплаву на робочі поверхні деталей в декілька разів збільшує термін служби та дозволяє багатократно повторювати дану процедуру. Однак доволі часто, вибір способу наплавлення та матеріалу для наплавлення проводять без достатнього техніко-економічного обґрунтування. Нерідко одні й ті ж самі деталі на різних підприємствах наплавляють матеріалами, використання яких не завжди є економічно доцільним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Заслуговує на увагу відтворення зношених основних фондів на основі запровадження методики відновлення деталей будівельного обладнання, тобто поєднання наплавлення та використання зносостійких матеріалів на основі сучасних досягнень науки. Для вирішення завдання щодо розвитку виробничо-технічного потенціалу повинно мати місце регенерації основних фондів. Проблематика розвитку виробничо-технічного потенціалу у т.ч. і за рахунок відновлення основних фондів, досліджувалися у роботах багатьох вітчизняних вчених, зокрема таких, як Галиця Ю.А., Гуменюк С.І., Кіндзерський Ю.А., Пожухова Т.О. та інші.

Варто наголосити, що заслуговує на увагу підхід стосовно відновлення основних фондів яким користувались Колесов В.Г., Малигін А.А., Дананжвин Ч.І., Сизов І.Г., Доржиев В.Б. У своїх роботах вони приділили багато уваги техніко-економічним показникам та економічній ефективності відновлення деталей методами наплавлення.

Невирішені аспекти проблеми. Основною проблемою вибору способу та матеріалів для відновлення деталей будівельного обладнання є обґрунтування його з інженерної та економічної точки зору. Суміщення необхідної зносостійкості та зниження собівартості є вкрай важливим науковим питанням, вирішення якого дозволить значною мірою підвищити ефективність відновлення деталей машин шляхом зносостійкого наплавлення.

Метою статті є обґрунтування багатокритеріального методу визначення техніко-економічного ефекту наплавлення деталей будівельного обладнання зносостійкими сплавами.

Виклад основного матеріалу. Для механізації та автоматизації виробничих процесів при ремонті землерийних, дорожніх та будівельних машин все частіше застосовується наплавлення деталей різними зносостійкими сплавами, які відрізняються значними перевагами в площині їх універсальності та доступності. Крім того, наплавлення високолегованого зносостійкого сплаву на робочі поверхні деталей в декілька разів збільшує термін служби та дозволяє багатократно їх відновлювати. Однак, вибір способу наплавлення та матеріалу для наплавлення зазвичай проводять без достатнього техніко-економічного обґрунтування. Часто одні й ті ж самі деталі на різних заводах наплавляють різними способами, з яких не всі можна вважати економічно доцільними. При виборі зносостійкого сплаву у більшості випадків відштовхуються від вартості матеріалів

для наплавлення та показника твердості металу, що наплавляється. Такий підхід до вибору матеріалу з метою наплавлення не можна визнати раціональним, тому що він не враховує строк експлуатації відновлених деталей, собівартість наплавлення та загальну економічну ефективність їх використання. Практика показує, що більшість наплавлених деталей втрачає свою працездатність через недостатню зносостійкість сплавів, та лише невелика частина – через зниження витривалості при знакозмінних навантаженнях (приміром, колінчасті вали, відновлені віброрудовим наплавленням).

Рівень зносостійкості сплавів, що використовують для наплавлення можна оцінювати за допомогою коефіцієнта відносної зносостійкості K_3 , який визначається за формулою:

$$K_3 = \frac{i_e}{i_n} = \frac{T_n}{T_e}, \quad (1)$$

де i_e і i_n – інтенсивність зношування матеріалу, прийнята як еталон, та досліджуваного сплаву відповідно у відсотках; T_n і T_e – строки служби напавленої деталі та еталонів відповідно в рок.

Значення i_e , i_n , T_e і T_n визначають експериментально в однакових умовах зношування.

Заслуговує на увагу підхід з визначення коефіцієнта відносної зносостійкості різних сплавів в умовах абразивного зношування без ударних навантажень запропонований Колесовим В.Г. та Малигіним О.О., які обґрунтували, що їх можна застосовувати до умов роботи ножів бульдозерів, зубів екскаваторів, опорних котків на напрямних колесах гусеничного ходу екскаваторів та тракторів. Вибір найбільш раціонального варіанту наплавлення повинен залежати від його придатності, зносостійкості напавленого матеріалу (або довговічності напавлених деталей) та техніко-економічної ефективності його застосування [1].

При виборі оптимального варіанту наплавлення конкретних деталей слід враховувати геометричну форму, розміри та умови роботи деталей, характер та величину їх зносу, матеріал, з якого виготовлена деталь, її термічну обробку та показники твердості поверхні, основні фізико-механічні властивості сплаву, технологічність та продуктивність способу наплавлення, а також вартість напавлених матеріалів [2].

Остаточний вибір раціонального варіанту наплавлення деталей зносостійкими сплавами слід здійснювати за допомогою техніко-економічного аналізу, який враховує довговічність напавленої деталі. Техніко-економічна ефективність E_a може бути визначена декількома способами за формулами:

$$E_a = \left(\frac{C}{T} - \frac{C_n}{T_e} \right) \cdot T_0 \cdot n; \quad (2)$$

$$E_a = \left(\frac{C}{L} - \frac{C_n}{L_e} \right) \cdot L_0 \cdot n, \quad (3)$$

де C_n і C – собівартість напавленої та не напавленої деталі, в грн.; T_n і T – строки служби напавленої та не напавленої деталі в годинах; T_0 – задана тривалість роботи машини, що відновлюється, в годинах.; n – число однойменних деталей, що зношуються, на одній машині; L_n і L – об'єм ви-

конаної роботи до повного зносу напавленої та не напавленої деталі (наприклад, протяжність виритих траншей) в км.; L_0 – заданий обсяг роботи землерийного обладнання, для якого визначається ефективність, в км.

Розрахунок показника техніко-економічної ефективності E_a варто виконати для кожного з варіантів напавлення деталі, які порівнюються. Найбільш раціональний варіант напавлення характеризується найбільшою величиною показника E_a . Якщо ж величина буде від'ємною, то даний варіант напавлення застосовувати недоцільно (у порівнянні з використанням не напавленої деталі або іншим варіантом напавлення) [3].

В якості техніко-економічного показника відносної ефективності можна використовувати собівартість деталі, віднесеної до строку служби деталі. За допомогою цього показника також можна визначити найбільш вигідний варіант напавлення деталей.

Розглянутий спосіб напавлення можна вважати економічно ефективним тільки за умовою:

$$\left(\frac{C}{T} - \frac{C_H}{T}\right) > 1 \text{ или } \left(\frac{C}{T} - \frac{C_H}{KT}\right) > 1, \quad (4)$$

де K – коефіцієнт відносної зносостійкості сплаву по відношенню до матеріалу деталі.

Числове значення техніко-економічного показника ефективності E_0 може бути визначене зі співвідношення:

$$E_0 = \frac{CK}{C_H} = \frac{CT_H}{TC_H}. \quad (5)$$

Якщо величина E_0 менше одиниці, використання даного варіанту напавлення економічно недоцільне навіть у порівнянні з не напавленими деталями; при $E_0 = 1$ варіант вважається рівноцінним до використання ненапавлених деталей, а якщо $E_0 > 1$, то використання даного варіанту напавлення економічно доцільне.

Запропонована методика визначення техніко-економічної ефективності застосування можливих варіантів напавлення враховує фактори, що впливають на вибір найбільш раціонального варіанту. При цьому знаходження числового значення техніко-економічного показника відносної ефективності зводиться до визначення коефіцієнта відносної зносостійкості сплавів (або коефіцієнтів довговічності деталей, напавлених різними сплавами) та до розрахунку собівартості напавлення деталей.

Собівартість напавленої деталі можна визначити за формулою:

$$C_H = V_M + C_{ен} + 3П_{осн} + 3П_{дод} + ВСЗ + ЗВВ, \quad (6)$$

де V_M – вартість матеріалу для напавлення, грн; $C_{ен}$ – енергетичні витрати на одиницю продукції, грн; $3П_{осн}$ – заробітна плата основних робітників, грн; $3П_{дод}$ – заробітна плата допоміжних робітників, грн; $ВСЗ$ – відрахування на соціальні заходи; $ЗВВ$ – загальнопромислові витрати, грн. [4]

$$C_M = Q_H \cdot K_M \cdot C_{кр}, \quad (7)$$

де Q_H – маса зносостійкого сплаву, напавленого на одну деталь, у кг; K_M – коефіцієнт, що враховує втрати сплаву на угар, огарки та ін. (для стрижневих електродів $K_M = 1,3 \dots 1,5$, для трубчатих – $K_M = 1,35$,

для порошкових сумішей – $K_M = 1,25$); $C_{кр}$ – вартість 1 кг матеріалу для напавлення у грн.

$$Q_H = L \cdot F \cdot \rho, \quad (8)$$

де L – довжина напавленої поверхні, м; F – площа поперечного перерізу напавленого шару, m^2 ; ρ – густина напавленого матеріалу, kg/m^3 . [5]

$$C_{ен} = N_e \cdot \Phi_0 \cdot K_{вик} \cdot V_e, \quad (9)$$

де N_e – витрати електроенергії на одиницю продукції з урахуванням потужності обладнання, кВт; Φ_0 – річний фонд часу роботи, год; $K_{вик}$ – коефіцієнт використання обладнання за потужністю і часом; V_e – вартість 1 кВт електроенергії, грн.

$$3П_{осн} = b \cdot t_H, \quad (10)$$

де b – годинна тарифна ставка зварника у грн.; t_H – час напавлення сплаву на одну деталь в год.

$$3П_{дод} = 0,4 \cdot 3П_{осн}. \quad (11)$$

$$ВСЗ = 0,22 \cdot (3П_{осн} + 3П_{дод}). \quad (12)$$

$$ЗВВ = 3П_{осн} \cdot 300\%. \quad (13)$$

Для розрахунку норми часу напавлення можна скористатися довідниковими даними коефіцієнта напавлення α_H . Тоді маємо:

$$t_H = \frac{10^3 \cdot Q_H}{\alpha_H \cdot I_{зв}} K_n, \quad (14)$$

де α_H – коефіцієнт напавлення в $\frac{e}{A \cdot год}$; $I_{зв}$ – сила

струму в А; K_n – коефіцієнт, що враховує допоміжний час (на організаційно-технічне обслуговування та на відпочинок). Для розрахунків можна приймати $K_n = 1,3 \dots 1,5$.

Якщо ж коефіцієнт α_H невідомий, то $t_H = t'_H \cdot V \cdot K_n$ (t'_H – час напавлення 1 cm^3 сплаву за год; V – об'єм напавленого матеріалу у cm^3).

Для ручного напавлення деталей з простими конфігураціями при товщині шару 2,5...3 мм можна приймати $t'_H = 0,01$ год/ cm^3 .

При автоматичних способах напавлення собівартість напавленої деталі доцільно розрахувати на 1 кг напавленого сплаву і тоді маємо:

$$C_H = C + Q_H \cdot C_{нс}, \quad (15)$$

де $C_{нс}$ – вартість 1 кг напавленого сплаву;

$$C_{нс} = K_M \cdot C_M + K_{фл} \cdot C_{фл} + b \cdot t_1; \quad (16)$$

C_M , K_M , b та Q_H – див. формули (6), (7); $K_{фл}$ – коефіцієнт, що враховує витрати флюсу при напавленні 1 кг зносостійкого сплаву ($K_{фл} = 1,25$); $C_{фл}$ – ціна 1 кг флюсу в грн.; t_1 – час, необхідний для напавлення 1 кг сплаву при автоматичному напавленні;

$$t_1 = \frac{1000 \cdot K_M}{0,786 \cdot d^2 \cdot v_e \cdot \gamma}, \quad (17)$$

де d – діаметр електродного дроту у мм; v_e – швидкість подачі дроту у м/год; γ – густина електродного дроту у g/cm^3 .

За описаною методикою було визначено техніко-економічні показники абсолютної та відносної ефективності для великої групи сплавів. В якості аргументу в табл. 1 наведено данні щодо техніко-економічній ефективності застосування групи зносостійких сплавів для напавлення зубів ковшів траншейних экс-

Таблиця 1

Економічна ефективність використання різних зносостійких сплавів для наплавлення зубів ковшів траншейних екскаваторів

Марка зносостійкого сплаву, що використовується для наплавлення зубів	Вартість 1 кг матеріалу для наплавлення в грн.	Вартість одного комплекту зубів з наплавленням в грн.	Вартість комплектів зубів, необхідних для риття 100 км траншей в грн.	Екон. ефект E_a від відновлення зубів однієї машини при ритті 100 км траншей в грн.	Значення відносного тех-екон. ефекту E_o
Сталь 45 (осн. матеріал)	–	9224,85	236156,2	–	1,0
T-590	108,6	19411,16	149465,93	86690,27	1,58
ОЗН-400	58,8	19388,71	323791,46	-87635,26	0,73
12 АН/ЛИВТ	62,95	17837,51	210482,62	25673,58	1,12
13 КН/ЛИВТ	45,25	12822,04	144889,05	91267,15	1,63
ЭН-60М	77,22	23549,01	256684,21	-20528,01	0,92
T-620	111,48	19866,85	145028,01	91128,19	1,63
ЦИ-1М	880,44	41063,72	390105,34	-153949,14	0,61
ГН-1	277,78	29053,01	249855,89	-13699,69	0,95

Таблиця 2

Експлуатаційні властивості відновлених зубів ковшів траншейних екскаваторів у порівнянні з новими [1]

Марка зносостійкого сплаву, що використовується для наплавлення зубів	Твердість HRC	Коефіцієнт відносної зносостійкості K	Довговічність зубів, виражена у км виритих траншей (до заміни зубів)	Кількість комплектів зубів, необхідних для риття 100 км траншей
Сталь 45 (осн. матеріал)	23-29	1,0	3,9	25,6
T-590	56-58	3,33	13,0	7,7
ОЗН-400	35-40	1,53	6,0	16,7
12 АН/ЛИВТ	33-35	2,17	8,45	11,8
13 КН/ЛИВТ	50-52	2,27	8,85	11,3
ЭН-60М	51-52	2,37	9,20	10,9
T-620	50-52	3,35	13,80	7,3
ЦИ-1М	57-60	2,70	10,50	9,5
ГН-1	50-53	2,97	11,60	8,6

каваторів. Дані табл. 1 та табл. 2 свідчать, що найбільш раціональним варіантом у даному випадку є наплавлення зубів електродами 13 КН/ЛИВТ, T-620 і T-590. Застосування електродів ГН-1 замість 13 КН/ЛИВТ призвело б до підвищення зносостійкості на 44%, але в той же час зпродокувало збитки в сумі 104966,84 грн. при ритті кожною машиною траншей довжиною 100 км.

Для аргументованості розрахунків у таблицях 3 та 4 наведено дані техніко-економічної ефективності використання різних електродних матеріалів при автоматичному наплавленні опорних котків гусеничного ходу екскаваторів Э-505А та Э-651.

Обчислення наведені у таблицях 3 та 4 свідчать про те, що найбільш раціональним у даному випадку є використання електродів T-620 (сплав № 4) та порошкового дроту зі сталінітом, які забезпечують значну економію коштів.

Таким чином вибір матеріалу для відновлення та підвищення зносостійкості деталей машин потребує багатокритеріального підходу. Вибір зносостійких сплавів за найменшою ціною матеріалу для наплав-

лення, без врахування зносостійкості, може призвести до великих економічних збитків, хоч він і доволі широко застосовується суб'єктами господарювання в цілому, та ремонтними підприємствами зокрема.

Висновки. У підсумку варто зазначити, що в на підприємствах України зростає потреба в оновленні парку основних фондів. Наразі альтернативою може бути впровадження технологій регенерації деталей устаткування шляхом наплавлення та застосування зносостійких матеріалів. Відбір подібних технологій не завжди може бути раціональним, тому при їх запровадженні варто максимально враховувати вплив на цей процес стрижневих факторів які направляють підприємство на застосування сучасних технологій. У статті обґрунтовано, що для розвитку виробничо-технічного потенціалу варто поєднувати інтелектуальні та матеріальні ресурси суб'єкта господарювання. Зокрема при виборі компанією зносостійкого сплаву у більшості випадків управлінці відштовхуються від вартості матеріалів для наплавлення та показника твердості металу, що наплавляється. Такий підхід до вибору матеріалу з метою наплав-

**Економічна ефективність використання різних зносостійких сплавів
для зносостійкого автоматичного наплавлення під флюсом опорних котків
гусеничного ходу екскаваторів Э-505 і Э-651**

Матеріал електроду	Вартість 1 кг матеріалу для наплавлення у грн.	Вартість одного комплекту котків з наплавленням у грн.	Вартість комплектів котків, необхідних для роботи машини протягом 9600 год (до кап. рем.) у грн.	Значення абсолютного тех-економ. ефекту E_a для однієї машини	Значення економ. Еф. E_o
Сталь 45	-	5316,62	15949,87	-	1
Дріт Св-08А під флюсом АН-348А	36,59	5999,66	29536,79	-13586,92	0,54
Дріт 30ХГСА під флюсом АН-348А	55,79	6066,75	17920,23	-1970,36	0,89
Дріт 20Х13 під флюсом ФЦЛ-2	119	6276,57	14768,39	1181,48	1,08
Електроди Т-620 (ручне наплавл.)	111,48	7025,54	9114,21	6835,66	1,75
Порошковий дріт зі сталінітом Б	55,68	6013,44	11902,24	4047,63	1,34

Таблиця 4

**Експлуатаційні властивості відновлених котків гусеничного ходу екскаваторів
у порівнянні з новими [1]**

Матер. електроду	Тверд. НRC	Коефіцієнт зносостійкості сплавів K	Довговічність котків, виражена у год роботи (до заміни)
Сталь 45	27-30	1,00	3200
Дріт Св-08А під флюсом АН-348А	150*	0,61	1950
Дріт 30ХГСА під флюсом АН-348А	23	1,01	3250
Дріт 20Х13 під флюсом ФЦЛ-2	40	1,30	4080
Електроди Т-620 (ручне наплавл.)	56	2,44	7400
Порошковий дріт зі сталінітом Б	50-51	1,51	4850

*Твердість за шкалою НВ

лення не можна визнати раціональним, адже він не враховує строк експлуатації відновлених деталей, собівартість наплавлення та загальну економічну ефективність їх використання. Практика показує, що більшість наплавлених деталей втрачає свою працездатність через недостатню зносостійкість сплавів, та лише невелика частина – через зниження витривалості при знакозмінних навантаженнях. В роботі аргументовано, що рівень зносостійкості сплавів, котрі використовують для наплавлення можна оцінювати за допомогою коефіцієнта відносної зносостійкості. В свою чергу, вибір зносостійких сплавів тільки за їх зносостійкістю також може призвести до чималих економічних збитків в межах підприємства.

Бібліографічний список:

1. Колесов В.Г., Малыгин А.А. Методика определения технико-экономической эффективности наплавки для повышения срока службы деталей. *Сварочное производство*. 1964. № 9. С. 13–15.

- Гуменюк С.І. Відтворення основних засобів як чинник розвитку виробничо-технічного потенціалу промислового підприємства. *Європейські перспективи*. 2014. № 5. С. 77–81.
- Дананжавын Ч., Сизов И.Г., Доржиев В.Б. Технико-экономическая оценка эффективности использования метода плазменного напыления для восстановления и упрочнения зубьев ковшей экскаватора «Caterpillar». *Ползуновский альманах*. 2008. № 3. С. 41–44.
- Податковий кодекс України.
- Марчук В.Є. Науково-методологічні основи підвищення зносостійкості робочих поверхонь з текстурованою лунковою структурою в екстремальних умовах експлуатації: дис. докт. техн. наук: 05.02.04 / Марчук Володимир Єфремович. Київ, 2016. 460 с.
- Пожуєва Т.О., Швець Ю.В. Дослідження ефективності використання основних фондів промислового підприємства. *Економічний вісник Запорізької державної інженерної академії*. 2013. № 5. С. 37–43.
- Потенціал національної промисловості: цілі та механізми ефективного розвитку / за ред. канд. екон. наук Ю.В. Кіндзерського Київ : Інститут економіки та прогнозування НАН України, 2009. 928 с.

References:

1. Kolesov V.G., Malygin A.A. (1964) Metodika opredeleniya tekhniko-ekonomicheskoy effektivnosti naplavki dlya povysheniya sroka sluzhby detalej [Methods for determining the technical and economic efficiency of surfacing to increase the service life of parts]. *Welding production*, № 9, pp. 13-15.
2. Humeniuk S.I. (2014) Vidtvorennia osnovnykh zasobiv yak chynnyk rozvytku vyrobnycho-tekhnichnoho potentsialu promyslovoho pidpriemstva [Reproduction of fixed assets as a factor in the development of production and technical potential of an industrial enterprise]. *European perspectives*, № 5, pp. 77-81.
3. Dananzhavyn Ch., Sizov I.G., Dorzhiev V.B. (2008) Tekhniko-ekonomicheskaya ocenka effektivnosti ispolzovaniya metoda plazmennogo napyleniya dlya vosstanovleniya i uprochneniya zubev kovshej ekskavatora «Caterpillar» [Feasibility study of the effectiveness of using the plasma spraying method to restore and harden the teeth of the buckets of the Caterpillar excavator]. *Polzunovsky Almanac*, № 3, pp. 41-44.
4. Verkhovnay Rada Ukrainy (2010) *Podatkovy kodeks Ukrainy* [Tax Code of Ukraine]. Kyiv.
5. Marchuk V.Ye. (2016) *Naukovo-metodolohichni osnovy pidvyshchennia znosostiikosti robochykh poverkhon z teksturovanoiu lunkovoiu strukturoiu v ekstremalnykh umovakh ekspluatatsii* [Scientific and methodological bases for increasing the wear resistance of work surfaces with a textured hole structure in extreme operating conditions] (PhD Thesis), Kyiv: National Aviation University.
6. Pozhuieva T.O. (2013) Doslidzhennia efektyvnosti vykorystannia osnovnykh fondiv promyslovoho pidpriemstva [Research of efficiency of use of fixed assets of the industrial enterprise]. *Economic Bulletin of the Zaporizhia State Engineering Academy*, № 5, pp. 37-43.
7. Kindzerskyi Yu.V. (2009) Potentsial natsionalnoi promyslovosti: tsili ta mekhanizmy efektyvnoho rozvytku [The potential of national industry: goals and mechanisms for effective development]. Kyiv: Institute of Economics and Forecasting of the National Academy of Sciences of Ukraine. (in Ukrainian)