

Лузан С.О.

Національний технічний
університет «Харківський
політехнічний інститут»

Калінін Є.І.,

Лузан А.С.

Харківський національний
технічний університет сільського
господарства
імені Петра Василенка

E-mail: kalininhtusg@gmail.com

**РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ТИПОВИХ
ДЕТАЛЕЙ НАПЛАВЛЕННЯМ КОМПОЗИЦІЙНИХ
МАТЕРІАЛІВ**

УДК 621.793.7

Лузан С.О., Калінін Є.І., Лузан А.С. «Розробка технології відновлення типових деталей наплавленням композиційних матеріалів»

В роботі представлені результати дослідження по розробці технології відновлення деталей засобів транспорту наплавленням композиційних матеріалів на основі сплаву ПГ-10Н-01, що забезпечує підвищення їх ресурсу по зносостійкості. Наведено також результати дослідження мікроструктури, рентгенофазового аналізу, мікротвердості і зносостійкості наплавлених покриттів.

Ключові слова: композиційний матеріал, відновлення, зносостійкість, наплавлення.

Лузан С.А., Калинин Е.И., Лузан А.С. «Разработка технологии восстановления типовых деталей наплавкой композиционных материалов»

В работе представлены результаты исследования по разработке технологии восстановления деталей средств транспорта наплавкой композиционных материалов на основе сплава ПГ-10Н-01, что обеспечивает повышение их ресурса по износостойкости. Приведены также результаты исследования микроструктуры, рентгенофазового анализа, микротвердости и износостойкости наплавленных покрытий.

Ключевые слова: композиционный материал, восстановление, износостойкость, наплавка.

S.A. Luzan, E.I. Kalinin, A.S. Luzan "Development of technology for the restoration of standard parts by surfacing of composite materials"

The paper presents the results of a study on the development of a technology for restoring vehicle parts by surfacing composite materials based on PG-10N-01 alloy, which ensures an increase in their service life in terms of wear resistance. The results of studying the microstructure, X-ray phase analysis, microhardness and wear resistance of deposited coatings are also presented.

Keywords: composite material, restoration, wear resistance, surfacing.

Актуальність проблеми

Одним з напрямків скорочення обсягу робіт при організації відновлювального виробництва є приведення його до типового або модульного виду як найбільш прогресивного у техніко-економічному відношенні [1].

Аналіз деталей засобів транспорту за формою, матеріалами, розмірами і службовому призначенню показав, що їх можна розбити на групи, які в свою чергу можуть бути віднесені до певних типів, наприклад, деталі типу вал, втулки і т.д. Для деталей одного типу можна розробити типові технологічні процеси відновлення, що складаються з модульних технологічних процесів відновлення окремих елементів деталей типових модульних сполучень [2].

Необхідно відмітити, що знос циліндричних поверхонь деталей машин є переважаючим і становить 52% [3]. Тому проблема розробки технології відновлення деталей типу вал наплавленням композиційних матеріалів – актуальна.

Аналіз останніх досліджень

Ідеї типізації технологічних процесів заклав О.П. Соколовський. Під типізацією розуміють створення процесів обробки груп конструктивно подібних деталей. Для їхнього виготовлення обирають оптимальні маршрути, засоби технологічного

оснащення й форми організації виробництва. Метод ґрунтується на класифікації процесів, в основі якого лежить класифікація деталей. Клас поєднує деталі, зв'язані спільністю технологічних завдань.

Однотипні деталі обробляють по типових технологічних процесах, які характеризуються однаковістю змісту й послідовності виконання більшості технологічних операцій і переходів для груп деталей із загальними конструктивними ознаками. Технологічна типізація у відновлювальному виробництві одержала широке поширення у вигляді типових технологічних процесів по нанесенню покриттів.

Метод групової обробки металів, був розроблений С.П. Митрофановим на основі класифікації деталей. Метод установлює однотипні способи обробки з використанням швидко переналаштовуваних засобів технологічного оснащення для груп однорідних по конструктивно-технологічних ознаках деталей.

І.І. Луневским розроблена збільшена класифікація деталей важких гусеничних тракторів. Стосовно до авторемонтного виробництва відома класифікація автомобільних деталей запропонована В.А. Шадричевим. До переваги цієї класифікації слід віднести поділ деталей не тільки по класах, але й групам з метою систематизації й наукового обґрунтування застосовуваних способів відновлення.

Поверхні відновлювальних деталей подібної геометричної форми із загальними ознаками умов роботи називають типовими. У роботі Н.В. Молодика, О.С. Зенкіна [4] представлена класифікація типових поверхонь і їх кодові позначення для машинної обробки за допомогою ЕОМ. Усі відновлювані деталі підрозділяють на два класи: тіла обертання й не тіла обертання. Із двох класів деталей виділено сім підкласів, конструктивно-технологічні групи і їх кодові позначення для машинної обробки інформації за допомогою ЕОМ.

Форулювання мети дослідження

Розробка технології відновлення деталей засобів транспорту наплавленням композиційних матеріалів, що забезпечує підвищення їх ресурсу по зносостійкості.

Результати дослідження

Технологічний процес відновлення валів наплавленням композиційних матеріалів містить як основні операції з підготовки відновлюваної поверхні і наплавлення покриття, так і операції по виготовленню модифікуючого композиційного матеріалу (МКМ) і приготуванню композиційного матеріалу (КМ) для наплавлення, механічної обробки наплавленого шару, рис. 1.

Попередня механічна обробка зношеної поверхні деталі здійснюється на токарно-гвинторізному верстаті, наприклад 1М63, різцем 21010011 Т15К6 ГОСТ 18879-86 з кутом 60° . Глибина обробки визначається за методикою, що забезпечує ресурс відновлених деталей і сполучення на рівні або перевищує рівень нових.

Методика визначення товщини відновлювальних покриттів, що забезпечують необхідний ресурс, полягає в наступному:

1. За нормативно-технічною документацією на транспортний засіб встановлюємо величини граничного зазору (Z_n) в сполученні і максимальний зазор по кресленнях (Z_q).

2. Визначаємо граничну величину зносу сполучення взаємодіючих поверхонь деталей

$$\Delta Z = Z_n - Z_q. \quad (1)$$

3. Визначаємо товщину відновного покриття (T) з урахуванням співвідношення інтенсивностей зношування поверхонь деталей

$$T = \frac{\Delta H}{k \left(\frac{U_c}{U_e} + 1 \right)} = \frac{Z_n - Z_u}{k \left(\frac{U_c}{U_e} + 1 \right)}, \quad (2)$$

де U_c, U_e – інтенсивність зношування серійної і відновленої деталей;
 k – коефіцієнт, що дорівнює: 1 – при наплавці на одну сторону; 2 – при наплавці на протилежні сторони деталі і циліндричні поверхні.

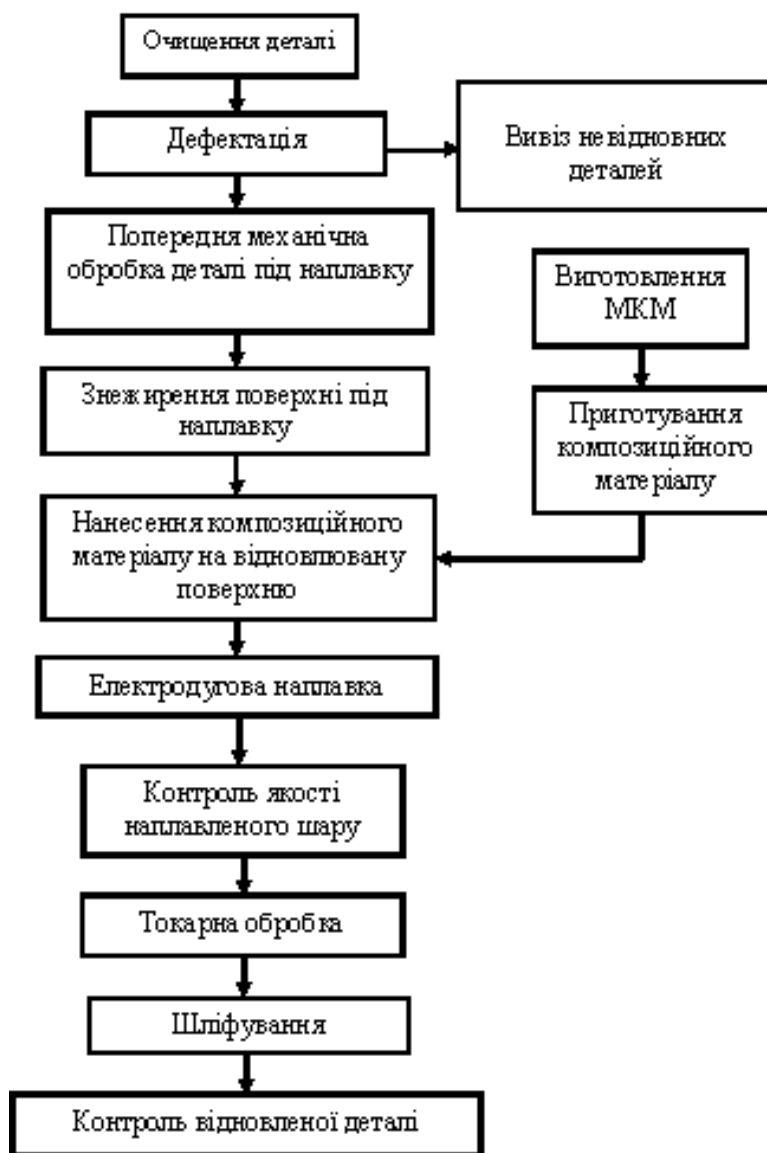


Рис. 1. Структурна схема технологічного процесу відновлення деталі типу вал електродуговим наплавленням КМ

З отриманого виразу для товщини відновлювального покриття (2) видно, що товщина відновного покриття залежить від величини граничного зносу сполучення і співвідношення інтенсивностей зношування поверхонь деталей. Тому, чим менша інтенсивність зношування відновного покриття, тим менше його товщина, яка забезпечує необхідний ресурс деталі.

Після визначення товщини відновлювального покриття розробляємо ремонтні креслення деталі або її елемента (рис. 3) на основі моделі відновлюваного контуру (рис. 2).

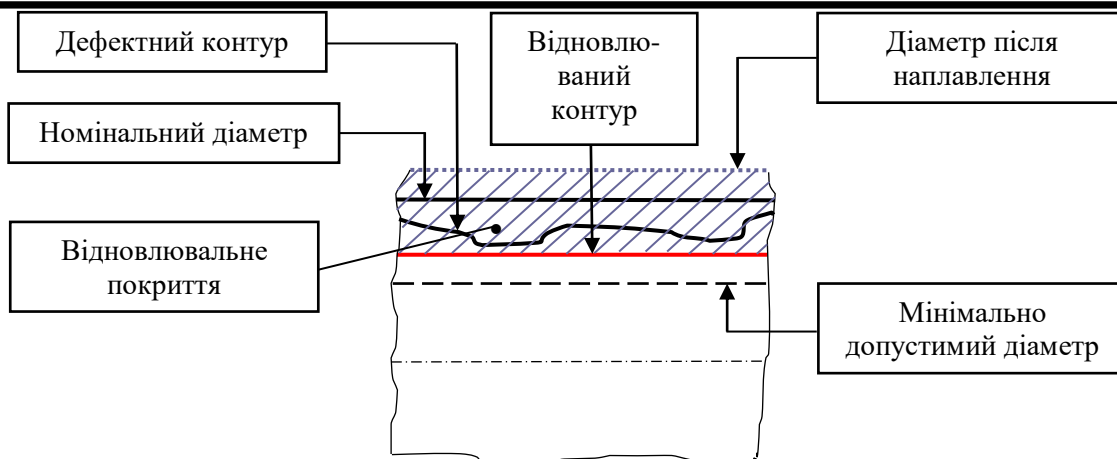


Рис. 2. Модель утворення відновлюваного контуру елемента деталі

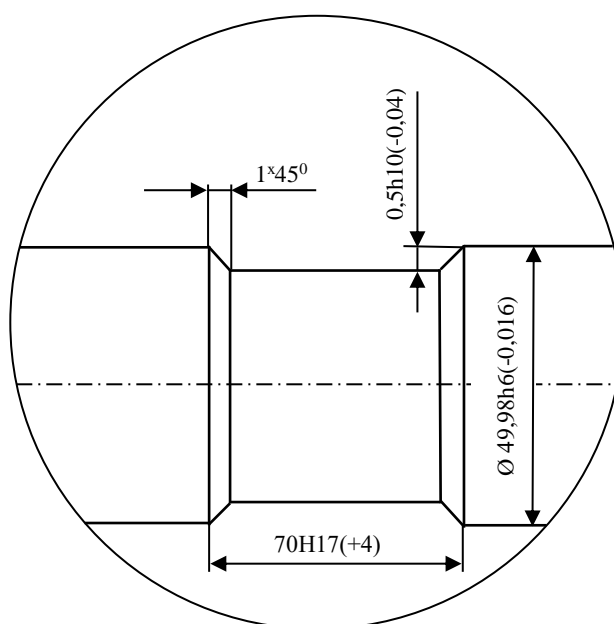


Рис. 3. Ремонтне креслення елемента деталі, відновлюваного напиленням покриття

Процедура підготовки зношеної поверхні до наплавлення відновлювального покриття полягає в механічній обробці, при якій видаляються сліди зносу. Товщина видаляемого шару деталі повинна дорівнювати величині, розрахованій за формулою 2, коли максимальний знос не перевищує розрахункове значення або дорівнює йому, якщо розрахункове значення менше. Для забезпечення необхідної шорсткості поверхонь з твердістю більше 40 HRC рекомендується застосовувати метод електроіскрового легування [5].

Таким чином, відновлюваний контур являє собою змінену форму деталі після виконання операції попередньої механічної обробки зношених поверхонь під наплавку.

Після механічної обробки проводиться операція по знежиренню напилюваної поверхні. Мийка і знежирення деталей здійснюється в миючому розчині «Лабомид-102» або «Лабомид-203» ТУ 3870738-73 з розрахунку 20 г/л при температурі 353К протягом 10-15 хв. Після мийки деталі необхідно ополоснути в чистій гарячій воді при температурі 353К і просушити до повного видалення вологи.

Додатково наплавляємо поверхню можна знежирити органічним розчинником (бензином, уайтспиритом, ацетоном, тетрахлоретіленом, трихлоретіленом), тому що від чистоти поверхні деталі в значній мірі залежить якість наплавлення.

Перед наплавленням здійснюється підготовка композиційного матеріалу, яка полягає у виготовленні МКМ (рис. 4) і змішуванні його з порошком ПГ-10Н-01, механоактивації (рис. 5) та додаванні сполучного до пастоподібного стану і нанесення композиційного матеріалу на наплавляему поверхню (рис. 6).

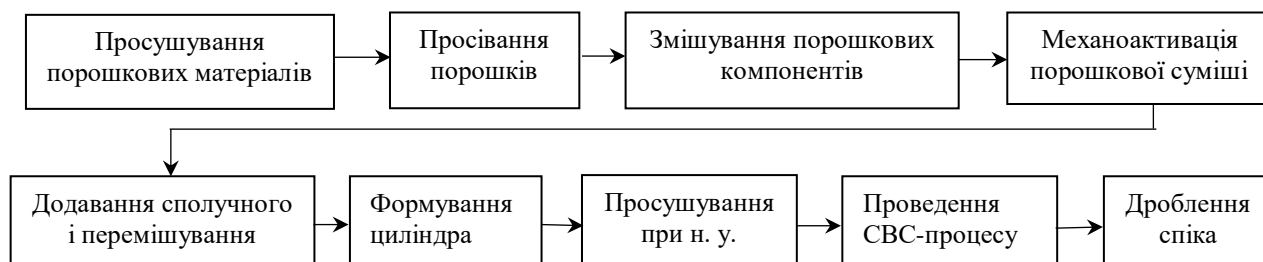


Рис. 4. Технологічні етапи виготовлення МКМ

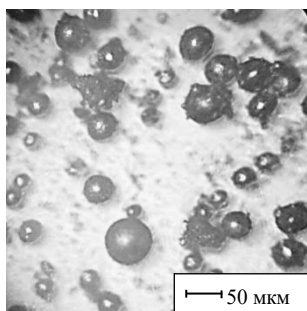


Рис. 5. КМ (10% МКМ і 90% ПГ-10Н-01) після механоактивації



Рис. 6. КМ, нанесений на сталеву основу

Після просушування при н.у. протягом 1-2 діб виконують дугове наплавлення з використанням інверторного джерела живлення Патон ВДІ-200Р DC TIG графітовим електродом діаметром 10 мм, струм наплавлення 80-120 А, полярність – пряма.

Необхідна товщина напавленого покриття визначається за формулою:

$$h = \frac{D - d}{2} + b, \quad (3)$$

де D – діаметр вала за кресленням, мм;

d – діаметр вала після проточування;

b – припуск на сторону для мехобробки після напавлення (0,1–0,5 мм).

Контроль якості напавленого шару на наявність тріщин, раковин, пор, відшарувань, шлакових включень здійснюється за допомогою лупи 10-ти кратного збільшення згідно ГОСТ 8309-75.

Механічна обробка проводиться на токарно-гвинторізному верстаті 1М63. З огляду на високу зносостійкість покриття доцільно обробку проводити різцем з металокерамічною ріжучою вставкою, яка дозволяє проводити обробку покриттів з твердістю до 72 HRC одиниць з досить високою продуктивністю і чистотою поверхні. Для шліфування напиленого покриття необхідно застосовувати круги з карбиду зеленого марки К316 СМ1К5 або круги з алмазами АСКМ, АСК, АСВ зернистістю 200/160, 250/200 на металевих зв'язках МО16, МО13, МВ1 з охолодженням водою з 5% емульсолу Е-2. Шліфування проводиться на шліфувальних верстатах при наступних режимах: швидкість круга $V_{кр} = 10-35$ м/с, швидкість обертання деталі 10-30 м/хв, глибина шліфування попередня 0,01-0,25 мм, залишкова 0,005-0,015 мм, поздовжня подача (0,3-0,7) В, де В – довжина відновлюваної поверхні.

Після остаточної обробки виконується візуальний контроль. Оброблена поверхня покриття повинна бути без мікротріщин, відшарувань, вм'ятин і інших.

При виявленні дефекту його видаляють і повторюють процес наплавлення покриття. Вимірковальний контроль здійснюється за допомогою штангенциркуля за ГОСТ 166-80 і мікрометрів за ГОСТ 4381-78.

Крім цього, за необхідністю, при контролі покриттів визначають їх структуру, хімічний склад, щільність, пористість, міцність зчеплення і інші характеристики, використовуючи зразки-свідки, а також наявність дефектів термоелектричним методом неруйнівного контролю.

Зона сплаву, покриття і приповерхневих шарів у зразків, що наплавлені матричним сплавом ПГ-10Н-01 без МКМ мають характерну дендритну структуру, викликану малими швидкостями охолодження (рис. 7, а). Мікроструктура наплавлених покриттів з МКМ є матричний матеріал – сплав ПГ-10Н-01, в якому рівномірно розподілені тверді включення (рис. 7, б і в).

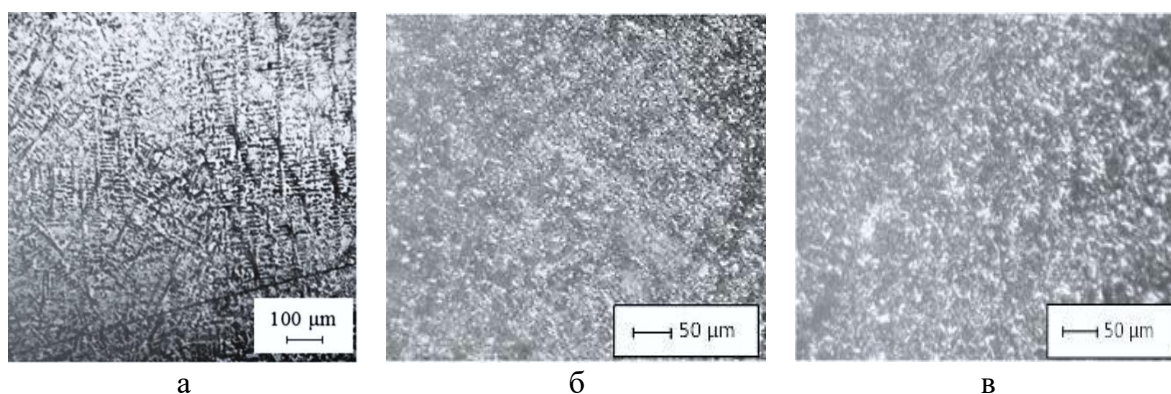


Рис. 7. Мікроструктура наплавлених покриттів
а – ПГ-10Н-01; б – 10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01; в – 20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01

Відсутність дендритів в наплавленому шарі є фактором, що чинить позитивний вплив на міцність наплавленого металу покриттів в зоні сплаву.

Грунтуючись на результатах рентгенофазового аналізу, встановлено, що твердими складовими в наплавленому шарі МКМ (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01) є частинки дибориду титану (TiB_2), бориду нікелю (Ni_3B), оксиди титану (TiO) та заліза (Fe_3O_4) [6]. У МКМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) це також частки дибориду титану (TiB_2), бориду нікелю (Ni_3B), оксиду титану (TiO) і виявлений борид хрому (CrB), в той же час відсутній оксид заліза (Fe_3O_4) [7].

Результати дослідження мікротвердості наплавлених покриттів з МКМ складу (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01) і (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01), підтверджують, що в наплавленому шарі присутні тверді включення. Так мікротвердість наплавлених покриттів, що містять МКМ, перевищує мікротвердість наплавленого покриття ПГ-10Н-01, що дорівнює 520 HV, і становить 740 HV у покриття, що містить 10% МКМ, і 978 HV при утриманні 20% МКМ, відповідно твердість по Роквеллу дорівнює 34, 40, 50 HRC.

Раніше було встановлено [6, 7], що МКМ має більш високу зносостійкість в порівнянні зі сплавом ПГ-10Н-01 в умовах впливу закріплених частинок абразиву, так для МКМ складу (10% МКМ + 90% ПГ-10Н-01) вона збільшилася в 1,5 рази, для МКМ (20% МКМ + 80% ПГ-10Н-01) – в 1,7 раз.

Висновки

Використання розробленої технології відновлення деталей засобів транспорту наплавленням композиційних матеріалів на основі порошку ПГ-10Н-01 дозволить підвищити їх ресурс по зносостійкості в 1,5...1,7 раз.

Список використаних джерел

1. Восстановление деталей машин: [справочник] / Ф. И. Пантелеенко, В. П. Лялякин, В. П. Иванов, В. М. Константинов. – М.: Машиностроение, 2003. – 672 с.
2. Надежность техники. Программа обеспечения надежности: ДСТУ 2863-94. – Киев: Госстандарт Украины, 1994. – 37 с.
3. Лузан С.О. Комплексна оцінка номенклатури деталей, які визначають ресурс мобільної техніки та її безпеку / С.О. Лузан // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків: 2014. – Вип. 148. – С. 478-485.
4. Молодык Н.В. Восстановление деталей машин: справочник / Н.В. Молодык, А.С. Зенкин. – М. : Машиностроение, 1989. – 480 с.
5. Туренко А.Н. Интегрирование технологии газотермического напыления покрытий и метода электроискрового легирования / А.Н. Туренко, А.С. Полянский, С.А. Лузан // Автомобильный транспорт: сб. научн. трудов. – 2011. – Вып. 28. – С. 109-113.
6. Luzan, S.O., Luzan, A.S. Microstructure and Abrasive Wear Resistance of Deposited Materials of the Ni–Cr–B–Si System with Inclusions of Dispersed Phases (2020) Materials Science, 56 (3), pp. 381-388. DOI: 10.1007/s11003-020-00441-x.
7. Luzan, S.A., Sidashenko, A.I., Luzan, A.S. Composite material for hardening of tillage machines working bodies containing titanium and chromium borides synthesized using shs-process (2020) Metallofizika i Noveishie Tekhnologii, 42 (4), pp. 541-552. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.04.0541>.

References

1. Vosstanovlenie detalej mashin: [spravochnik] / F. I. Panteleenko, V. P. Lyalyakin, V. P. Ivanov, V. M. Konstantinov. – M.: Mashinostroenie, 2003. – 672 s.
2. Nadezhnost' tekhniki. Programma obespecheniya nadezhnosti: DSTU 2863-94. – Kiev: Gosstandart Ukrainy, 1994. – 37 s.
3. Luzan S.O. Kompleksna ocinka nomenklatury detalej, yaki viznachayut' resurs mobil'noï tekhniki ta ii bezpeku / S.O. Luzan // Visnik HNTUSG im. P. Vasilenka. – Harkiv: 2014. – Vip. 148. – S. 478-485.
4. Molodyk N.V. Vosstanovlenie detalej mashin: spravochnik / N.V. Molodyk, A.S. Zenkin. – M. : Mashinostroenie, 1989. – 480 s.
5. Turenko A.N. Integrirovaniye tekhnologii gazotermicheskogo napyleniya pokritij i metoda elektroiskrovogo legirovaniya / A.N. Turenko, A.S. Polyanskij, S.A. Luzan // Avtomobil'nyj transport: sb. nauchn. trudov. – 2011. – Vyp. 28. – S. 109-113.
6. Luzan, S.O., Luzan, A.S. Microstructure and Abrasive Wear Resistance of Deposited Materials of the Ni–Cr–B–Si System with Inclusions of Dispersed Phases (2020) Materials Science, 56 (3), pp. 381-388. DOI: 10.1007/s11003-020-00441-x.
7. Luzan, S.A., Sidashenko, A.I., Luzan, A.S. Composite material for hardening of tillage machines working bodies containing titanium and chromium borides synthesized using shs-process (2020) Metallofizika i Noveishie Tekhnologii, 42 (4), pp. 541-552. DOI: <https://doi.org/10.15407/mfint.42.04.0541>.