



Всеукраїнський науково-технічний журнал

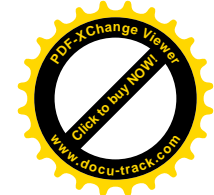
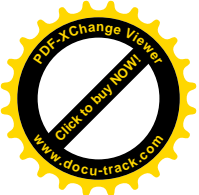
Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2020-3

Вібрації в техніці та технологіях





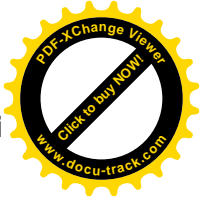
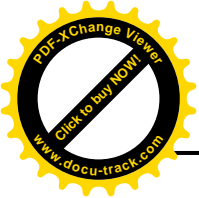
Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 3 (98)

Вінниця 2020

**ВІБРАЦІЇ В
ТЕХНІЦІ ТА
ТЕХНОЛОГІЯХ**

Журнал науково-виробничого та навчального
спрямування Видавець: Вінницький національний
аграрний університет

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та
технологіях”

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової
інформації
КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та
технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця,
2020. – 3 (98) – 119 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного
університету (протокол №4 від 30.10.2020 р.)*

*Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань
України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки
України від 02.07.2020 р. № 886)*

Головний редактор

Калетнік Г.М. – д.е.н., професор,
академік НААН, Вінницький національний
аграрний університет

**Заступник головного
редактора**

Адамчук В.В. – д.т.н., проф., акад. НААН,
Національний науковий центр “Інститут
механізації та електрифікації сільського
господарства”

Відповідальний секретар

Солона О.В. – к.т.н., доц., Вінницький
національний аграрний університет

Члени редакційної колегії

Булгаков В.М. – д.т.н., проф., акад. НААН,
Національний університет біоресурсів і
природокористування України

Веселовська Н.Р. – д.т.н., проф.,
Вінницький національний аграрний
університет

Дерезенько А.І. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Зіньковський А.П. – д.т.н., проф., Інститут
проблем міцності імені Г. С. Писаренка
НАН України

Іскович-Лотоцький Р.Д. – д.т.н., проф.,
Вінницький національний технічний
університет

Купчук І.М. – к.т.н., ст.викладач, Вінницький
національний аграрний університет

Надутьий В.П. – д.т.н., проф., Інститут
геотехнічної механіки імені М.С. Полякова
НАН України

Матвеев В.В. – д.ф.-м.н., проф., академік
НААН, Інститут проблем міцності імені Г.С.
Писаренка НАН України

Ольшанський В.П. – д.ф.-м.н., проф.,
Харківський національний технічний
університет сільського господарства імені
Петра Василенка

Полєвода Ю.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Спірін А.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Твердохліб І.В. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Токарчук О.А. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Цуркан О.В. – к.т.н. доц., Вінницький
національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

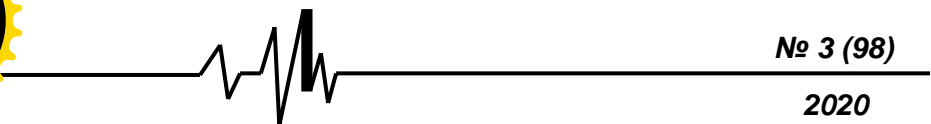
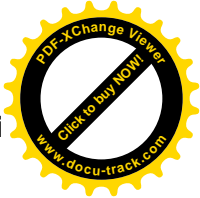
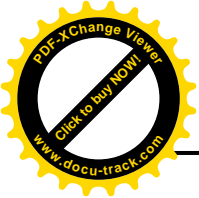
Джордан Тодоров Максимов – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Замрій М.А.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний
університет, тел. 46 – 00– 03

Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/>

Електронна адреса: vibration.vin@ukr.net



З М І С Т

1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН

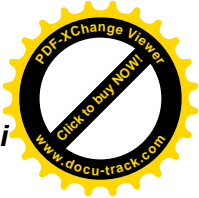
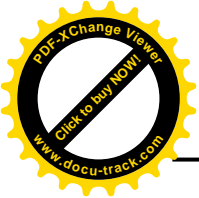
Булгаков В.М., Адамчук О.В., Кувачов В.П., Бабин І.А.
**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ ВНЕСЕННЯ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ
 НОВИМ ВІДЦЕНТРОВИМ РОБОЧИМ ОРГАНОМ5**
Матвійчук В. А., Гайдамак О. Л.
**ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ДЕТАЛЕЙ, ЩО ПРАЦЮЮТЬ ПРИ ПОВТОРНО-ЗМІННИХ
 НАВАНТАЖЕННЯХ.....15**
Видмиш А.А., Возняк О.М., Замрій М.А.
**РОЗРОБКА СПОСОБУ ВИЗНАЧЕННЯ МАКСИМАЛЬНО ДОСЯЖНОГО КОЕФІЦІЄНТА
 ПІДСИЛЕННЯ (ПЕРЕДАЧІ) K_{ms} 25**
Руткевич В. С.
**РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ ПРОЦЕСІВ ВИДАВЛЮВАННЯ РІЗИ З НАКЛАДАННЯМ
 УЛЬТРАЗВУКОВИХ КОЛИВАНЬ НА ІНСТРУМЕНТ32**
Калінін Є. І., Сайчук О. В., Колпаченко Н. М.
**РІВНЯННЯ РУХУ ТРАКТОРА JOHN DEERE 6095B ЯК ОБ'ЄКТА АВТОМАТИЧНОГО
 ВОДІННЯ.....44**
Швець Л.В.
**УДОСКОНАЛЕННЯ СТРУШУВАЧА
 ПЛОДОЗНАЙМАЛЬНОГО.....56**

2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА

Veselovska N., Malakov O., Manzhos E., Hnatyuk O.
**TEST PLANNING OF SERVICEABILITY OF FLEXIBLE PRODUCTION SYSTEMS EQUIPMENT
 CONSIDERING PLANNING AND MONITORING OF AGRICULTURAL EQUIPMENT65**
Токарчук О.А.
**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ КОНСТРУКЦІЇ І РОЗМІРІВ ЗАБІРНОЇ І КАЛІБРУЮЧОЇ ПОВЕРХНІ
 БЕЗСТРУЖЕЧНИХ МІТЧИКІВ НА ПРОЦЕС ВИДАВЛЮВАННЯ РІЗЬБИ76**
Грушецький С.М., Яропуд В.М.
**МОДЕЛЮВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ВІДРІЗАННЯ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ
 ЛЕЗОМ ЛЕМІША.....85**
Muzychuk V.
**STUDY OF THE DEFORMED STATE CONNECTION OF THE PISTON WITH THE ROD OF THE
 UNREGULATED PISTON PUMP95**
Труханська О.О.
ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН104

3. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА

Полевода Ю.А.
**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ СКОЛЮВАННЯ ШКАРЛУПИ ГОРІХА В РЕЗУЛЬТАТІ СИЛОВОЇ
 ДІЇ НАПІВСФЕРИЧНИХ ПОВЕРХОНЬ111**



Труханська О. О.
к.т.н., доцент

Вінницький національний
аграрний університет

Trukhanka O.

Vinnitsia National Agrarian
University

УДК 631.372/62.191

DOI: 10.37128/2306-8744-2020-3-11

ПЕРСПЕКТИВНІ НАПРЯМКИ ТЕХНОЛОГІЇ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

При довготривалому використанні машин зношування деталей супроводжується зниженням експлуатаційних показників, що викликає погіршення якості виробів.

Вал відбору потужності відчуває на собі значні статичні та динамічні навантаження. Висока швидкість зношення пояснюється постійним тертям з диском щеплення, шестернею, внутрішніми кільцями підшипників. Виготовлення нового валу відбору потужності потребує значних витрат, тому актуальним є розробка нових технологічних процесів ремонту та відновлення.

Це раціонально не тільки при відновленні попередніх розмірів, а й повернення деталі нормальних механічних властивостей. Відновлена деталь відпрацьовує такий самий термін, як і нова, а може і перевищувати строк служби нової деталі.

З підвищенням росту оснащеності сільськогосподарського виробництва більш удосконаленою технікою, веденням комплексної механізації і підвищенням ефективності використання техніки розвивається і змінюється ремонтне виробництво. Розвиток галузі відновлення зношених деталей базується на тісному співробітництві ремонтного виробництва з галузевою і фундаментальною наукою, та досягнення науково-технічного прогресу.

Перспективним напрямком технології відновлення в організаційному плані є поглиблення методу групової технології відновлення створення уніфіковано-групового оснащення для відновлення поверхонь. Встановлено, що більшість деталей відновлених машин вибракуються за рахунок незначного зносу робочих поверхонь, складаючи не більше 1% початкової маси деталей. Як показують дослідження і практика, з одного боку, ремонту сільськогосподарської техніки уникнути технічно неможливо, а з іншого – він є економічно доцільний. Адже більшість зношених деталей має високу залишкову вартість: при їх відновленні витрачається у 20-30 разів менше металу і матеріалів, ніж при виготовленні нових.

Розглядаються проблеми: вибір технологічного процесу відновлення, вибір технологічного обладнання, інструменту.

Ключові слова: відновлення, вал, плазма, напилення, порошковий матеріал, оснастка.

Вступ. Для відновлення працездатності зношених деталей потрібно в 5–8 разів менше технологічних операцій порівняно з виготовленням нових [1, 2].

Відновлення деталей дозволяє отримати немалий економічний ефект, так як на багато нижча витрата металу і допоміжних матеріалів, а собівартість відновленої деталі складає 60–80% вартості нових.

4. Плазмове напилення: суть методу полягає в тому, що порошок присаджувальний матеріал подається транспортувальним газом у зону дії плазми, яка, розплавляючи порошок, напилює його на деталь. Спосіб ефективний для отримання нових біметалевих виробів із спеціальними властивостями (жаростійкість, корозійна стійкість і т.п.). Можливість нанесення покриття з різною швидкістю в межах 20-64 (HRC) [1, 5].

Причиною, яка зменшує використання цього методу, є більші матеріальні витрати порівняно з іншими.

Наплавку під шаром флюсу недоцільно використовувати для відновлення вала-шестерні трактора МТЗ-80 тому, що під час наплавки виділяється велика кількість теплоти, що призведе до кручення та деформації тонкостінної деталі.

Найбільш доцільним способом відновлення є плазмове напилення, тому що під час напилення поверхня відновлюваної деталі нагрівається до 200⁰ С.

У якості джерела теплоти енергії при плазмовому напиленні використовується струмінь плазми. Плазма представляє собою частково або повністю іонізований газ, нагрітий до високої температури і має властивість електропровідності. Плазмовий струмінь одержують в спеціальних пристроях, які називають плазмотрони або плазмові пальники. Плазмотрон складається із двох основних частин: катодної і анодної. Для того, щоб одержати плазмовий струмінь між катодом і анодом, створюють електричну дугу, і в зоні її горіння вводять плазмоутворюючий газ, який, проходячи дуговий проміжок, нагрівається до високої температури, іонізується, розпадається на позитивно й негативно заряджені іони [5, 6].

В якості плазмоутворювального використовують аргон, азот, гелій, водень і їхні суміші. Плазмовий струмінь з аргону має найбільш

високу температуру (до 15...20 тис.⁰С) і надзвукову швидкість (1000...1200 м/с).

Напилювальний матеріал при плазмовому напиленні вводиться у вигляді порошку або проволочки. Порошкова наплавка відбувається двома методами: подачею порошку безпосередньо в плазмотрон транспортувальним газом, або в струмінь плазми дозатором.

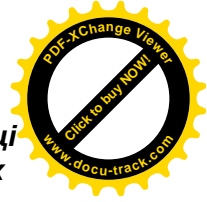
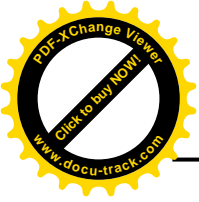
Якість покриття залежить від температури нагріву частинок і швидкості їх нанесення на поверхню деталі. Швидкість нанесення металевих частинок визначається в основному двома факторами: силою струму дуги і витратами плазмоутворювального газу. Залежно від значення цих факторів, вона може бути досягнута 150...200 м/с. Найбільшої швидкості розплавлення частинки металу досягають на відстані 50...80 мм від сопла плазмотрона. Велика швидкість нанесення частинок порошку і висока температура їхнього нагріву момент зустрічі з поверхнею деталі забезпечує більш високу, ніж при інших способах нанесення, механічні властивості покриття і більш міцне його з'єднання з поверхнею деталі.

Покриття, які отримуються способом плазмового напилення, мають більш високі фізико-механічні властивості, ніж покриття, напилені іншими способами, але вони за деякими факторами поступаються покриттям з цих же матеріалів, отриманих наплавкою. Всі властивості плазмових покриттів можуть бути значно покращені шляхом введення в технологічний процес відновлення деталей порівняно простої операції - оплавлення покриття.

При оплавленні покриття розплавляється лише найбільш легкоплавка складова сплаву. Метал деталі при цьому лише підігрівається, але залишається в твердому стані. Рідка фаза сприяє більш інтенсивному протіканню дифузійних процесів. Основні механіко-економічні показники розглянутих методів зведено до таблиці 1 [7].

Таблиця 1 - Основні механіко-економічні показники

№	Показники	Одиниці вимірювання	Наплавка під шаром флюсу	Вібро-дугова наплавка	Наплавка в середовищі CO ₂	Плазмове напилення
1	Наплавлення під шаром флюсу	см ² / хв	16-24	8-22	18-36	40-100
2	Частина основного металу в наплавленому	%	27-60	8-20	12-45	Відсутня
3	Міцність зачеплення	МПа	650	500	550	45
4	Зниження опору втомленості	%	15	35	15	25
5	Деформація	---	Значна	Не значна	Значна	Відсутня
6	Коефіцієнт продуктивності	---	1.62-1.45	0.85-0.72	1.82-1.77	1.68-1.47
7	Коефіцієнт техніко-економічної ефективності	---	0.436	0.25	0.403	0.39



Під час подавання струму на катод та анод між ними виникає плазмова дуга і підтримується інертним газом (Ar). В цей час подається через отвір, що напилює порошок. Плазмотрон кріпиться за вушко, яке знаходиться на корпусі 8 в автомат для напилення А1756.

Вибір порошкового матеріалу для операції відновлення при плазмовому напиленні

В останні роки вітчизняна промисловість та закордонні фірми ["Метко" (Італія), "Кастолін" (Швейцарія) та інші] поширюють випуск біметалевих терморегулювальних порошкових сплавів, які мають екзотермічні властивості, які підвищують міцність зчеплення покриття з основою, і фізико-механічні властивості загалом. Їх використовують у ролі підшару для напилення основного шару. Вони складаються з часток сферичної або близької до неї форми. Кожна частка екзотермічних порошоків складається з нікелевого ядра, покритого тонким шаром дрібнодисперсного алюмінію. Ці порошки використовуються не тільки як зносостійкі покриття для відновлення деталей машин. Їх можна використовувати як жаро-, тепло-, корозійностійкі покриття для деталей, які працюють при підвищених температурах, в

Висновки. Вібраційна діагностика конструкційних пошкоджень на основі зміни співвідношення власних частот різних форм коливань набагато ефективніша, ніж традиційна вібраційна діагностика, заснована на зміні власних частот. Чутливість обох методів практично однакова. У той же час вібраційна характеристика пошкодження, запропонована в роботі, нечутлива до експлуатаційних факторів, вплив яких робить вібраційну діагностику проблематичною або навіть неможливою.

Надійність запропонованої вібраційної характеристики пошкодження прямо пропорційна кількості використовуваних форм коливань. Дослідження продемонструвало, що для надійного виявлення докритичних пошкоджень у такій конструкції, як міст Z24, достатньо даних про власні частоти перших чотирьох форм коливань.

Характерною особливістю пошкодження залізобетонних конструкцій є виникнення множинних тріщин. У цьому випадку кількість локально розташованих тріщин є третім фактором, поряд із розміром та місцем розташування пошкодження, що необхідно враховувати при вирішенні зворотної задачі вібродіагностики.

Безпосереднє порівняння експериментальних даних для мосту Z24, з результатами розрахунків зміни співвідношення власних частот перших чотирьох форм коливань продемонструвало здатність запропонованої

умовах окислювальних середовищ, що сприяє підвищенню довговічності деталі.

Порошки ПГ-12Н-01, Пг-10Н-01 складені на нікелевій основі системи Ni-Cr-B-Si-C-Fe. Твердість регулюється вмістом С, В, Сг. Напилювані з'єднання мають низький коефіцієнт тертя, високу допустиму робочу температуру (до 800 °С). Їх використовують для відновлення чавунних деталей типу "вал" [4, 8].

Порошок ПС-12-НВК-01 (HRC 57-64) складається з композицій: порошок ПГ-10Н-01 (65%) + порошок карбиду вольфраму WC(35%). Покриття цією композицією мають високу зносостійкість. Їх використовують для відновлення рухомих і нерухомих з'єднань. Покриття обробляють шліфуванням.

Порошок ПН55Т45 (температура плавлення 1240 °С) використовують як зносостійке покриття для деталей типу "вал". Він має високу стійкість в лужних і окислювальних середовищах. Міцність зчеплення покриття складає 45-50 МПа. Покриття обробляють шліфуванням.

Для відновлення валу відбору потужності із даної гами порошоків ми вибираємо порошок ПГ-12Н-01 він найбільш задовольняє як технологічні та економічні характеристики для відновлення вала відбору потужності.

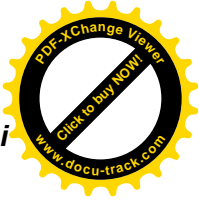
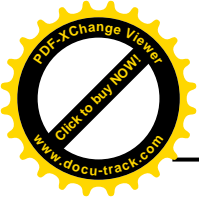
вібраційної характеристики пошкодження виявляти відносно невеликі локальні пошкодження в доволі складних і великогабаритних конструкціях.

Плазмове напилення, як метод відновлення, не викликає деформації деталі та не потребує значних витрат на механічну обробку.

Варіант модернізації технологічного процесу дозволяє суттєво покращити якість поверхні і робочі характеристики деталей, які відновлюються, а також скоротити час відновлення. Прогресуюче моральне старіння і скорочення машинно-тракторного парку господарств впливає на рівень використання виробничих потужностей ремонтно-обслуговуючих підприємств АПК України. Останнім часом спостерігають тенденцію до підвищення економічності роботи. Близько 25% сервісних підприємств нарощують обсяги виконання сервісних робіт, у тому числі і відновлення спрацьованих та пошкоджених деталей.

Метод плазмового напилення порошковим матеріалом відрізняється тим, що за дуже короткий проміжок часу дає змогу відновити значну кількість деталей і надати їм фізико-механічних властивостей, які не можуть бути отримані іншими методами.

Підвищена якість відновлених деталей сумісно з дещо низькою їх ціною буде сприяти



machines, improve the quality of maintenance and repair to positively affect the reliability of the use of machines.

To restore the efficiency of worn parts requires 5-8 times less technological operations compared to the manufacture of new ones [1, 2].

Restoration of parts allows you to get a considerable economic effect, as much lower consumption of metal and auxiliary materials, and the cost of the restored part is 60-80% of the cost of new ones.

Therefore, to make this recovery process effective, it is necessary to introduce new processing and recovery methods, as well as to improve existing equipment. The production of a new power take-off shaft requires significant costs, and the detection of new technological processes of repair and restoration is relevant.

Keywords: recovery, shaft, plasma, spraying, powder material, tooling.

ПЕРСПЕКТИВНЫЕ НАПРАВЛЕНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ВОСТАНОВЛЕНИЯ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

При длительном использовании машин износа деталей сопровождается снижением эксплуатационных показателей, вызывает ухудшение качества изделий.

Вал отбора мощности испытывает на себе значительные статические и динамические нагрузки. Высокая скорость износа объясняется постоянным трением с диском прививки, шестерней, внутренними кольцами подшипников. Изготовление нового вала отбора мощности требует значительных затрат, поэтому актуальным является разработка новых технологических процессов ремонта и восстановления.

Это рационально не только при восстановлении прежних размеров, но и возвращение детали нормальных механических свойств. Восстановленная деталь

отрабатывает такой же срок, как и новая, а может и превышать срок службы новой детали.

С повышением роста оснащённости сельскохозяйственного производства более усовершенствованной техникой, ведением комплексной механизации и повышением эффективности использования техники развивается и меняется ремонтное производство. Развитие области восстановления изношенных деталей базируется на тесном сотрудничестве ремонтного производства с отраслевой и фундаментальной наукой, и достижения научно-технического прогресса.

Перспективным направлением технологии восстановления в организационном плане углубления метода групповой технологии восстановления создания унифицированы-группового оснащения для восстановления поверхностей. Установлено, что большинство деталей восстановленных машин выбраковываются за счет незначительного износа рабочих поверхностей, составляя не более 1% начальной массы деталей. Как показывают опыты и практика, с одной стороны, ремонта сельскохозяйственной техники избежать технически невозможно, а с другой - он экономически целесообразен. Ведь большинство изношенных деталей имеет высокую остаточную стоимость: при их восстановлении расходуется в 20-30 раз меньше металла и материалов, чем при изготовлении новых.

Рассматриваются проблемы: выбор технологического процесса восстановления, выбор технологического оборудования, инструмента.

Ключевые слова: восстановление, вал, плазма, напыление, порошковый материал, оснастка.

Відомості про авторів

Труханська Олена Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ, вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, Україна, 21008, e-mail: seaswallow@ukr.net).

Труханська Олена Олександрівна – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і технічного сервісу Вінницького національного аграрного університету (ВНАУ, ул. Солнечная, 3, г. Вінниця, Украина, 21008, e-mail: seaswallow@ukr.net).

Trukhanska Elena – PhD, Associate Professor, Department of Agricultural Engineering and Technical Service Vinnytsia National Agrarian University (Sunny str., 3, Vinnytsia, Ukraine, 21008, e-mail: seaswallow@ukr.net).