

ISSN 2307-5732
DOI 10.31891/2307-5732

Науковий журнал



ВІСНИК

**Хмельницького національного
університету**

Технічні науки

ISSN 2307-5732

DOI 10.31891/2307-5732

НАУКОВИЙ ЖУРНАЛ

6.2021

ВІСНИК

Хмельницького

національного

університету

Технічні науки

Technical sciences

SCIENTIFIC JOURNAL

HERALD OF KHMELNYTSKYI NATIONAL UNIVERSITY

2021, Issue 6, Volume 303

Хмельницький

**ВІСНИК
ХМЕЛЬНИЦЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
серія: Технічні науки**

Затверджений як фахове видання категорії «Б»,
РІШЕННЯ АТЕСТАЦІЙНОЇ КОЛЕГІЇ № 1643 ВІД 28.12.2019 та №409 від 17.03.2020

Засновано в липні 1997 р.

Виходить 6 разів на рік

Хмельницький, 2021, № 6(303)

**Засновник і видавець: Хмельницький національний університет
(до 2005 р. – Технологічний університет Поділля, м. Хмельницький)**

Наукова бібліотека України ім. В.І. Вернадського http://nbuv.gov.ua/j-tit/Vchnu_tekh

Включено до науково-метричних баз:

Google Scholar	http://scholar.google.com.ua/citations?hl=uk&user=aUUP9OYAAAAJ
Index Copernicus	http://jml2012.indexcopernicus.com/passport.php?id=4538&id_lang=3
Polish Scholarly Bibliography	https://pbn.nauka.gov.pl/journals/46221
CrossRef	http://doi.org/10.31891/2307-5732

Головний редактор	Скиба М. Є. , д.т.н., професор, заслужений працівник народної освіти України, член-кореспондент Національної академії педагогічних наук України, професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
Заступник головного редактора	Синюк О. М. , д.т.н., професор кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету
Відповідальний секретар	Горященко С. Л. , к.т.н., доцент кафедри машин і апаратів, електромеханічних та енергетичних систем Хмельницького національного університету

Ч л е н и р е д к о л е г і ї

Технічні науки

Березненко С.М., д.т.н., Бойко Ю.М., д.т.н., Говорущенко Т.О., д.т.н., Гордєєв А.І., д.т.н., Грабко В.В., д.т.н., Диха О.В., д.т.н., Защепкіна Н.М., д.т.н., Захаркевич О.В., д.т.н., Злотенко Б.М., д.т.н., Зубков А.М., д.т.н., Каплун П.В., д.т.н., Карташов В.М., д.т.н., Кичак В.М., д.т.н., Любош Хес, д.т.н., (Чехія), Мазур М.П., д.т.н., Мандзюк І.А., д.т.н., Мартинюк В.В., д.т.н., Мельничук П.П., д.т.н., Місяць В.П., д.т.н., Мясіщев О.А., д.т.н., Нелін Є.А., д.т.н., Павлов С.В., д.т.н., Параска О.А., к.т.н., Рогатинський Р.М., д.т.н., Горошко А.В., д.т.н., Сарібекова Д.Г., д.т.н., Семенко А.І., д.т.н., Славінська А.Л., д.т.н., Харжевський В.О., д.т.н., Шинкарук О.М., д.т.н., Шклярський В.І., д.т.н., Щербань Ю.Ю., д.т.н., Ясній П.В., д.т.н., професор, Бубуліс Альгімантас, доктор наук (Литва), Елсаєд Ахмед Ельнашар, доктор наук (Єгипет), Кальчиньскі Томаш, доктор наук (Польща), Коробко Євгенія Вікторівна, д.т.н. (Білорусія), Лунтовський Андрій Олегович, д.т.н. (Німеччина), Любош Хес, доктор наук (Польща), Матушевський Мацей, доктор наук (Польща), Мушлевський Лукаш, доктор наук (Польща), Мушял Януш, доктор наук (Польща), Натріашвілі Тамаз Мамієвич, д.т.н., (Грузія), Попов Валентин, доктор природничих наук (Німеччина)

<i>Технічний редактор</i>	Горященко К. Л., к.т.н.
<i>Редактор-коректор</i>	Броженко В. О.

**Рекомендовано до друку рішенням вченої ради Хмельницького національного університету,
протокол № 11 від 29.12.2021 р.**

Адреса редакції: редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету"
Хмельницький національний університет
вул. Інститутська, 11, м. Хмельницький, Україна, 29016

т	(038-2) 67-51-08	web:	http://journals.khnu.km.ua/vestnik
e-mail:	visnyk.khnu@khmnu.edu.ua		http://lib.khnu.km.ua/visnyk_tup.htm

Зареєстровано Міністерством України у справах преси та інформації.
Свідоцтво про державну реєстрацію друкованого засобу масової інформації
Серія КВ № 24922-14862ПР від 12 липня 2021 року

© Хмельницький національний університет, 2021
© Редакція журналу "Вісник Хмельницького національного університету", 2021

ЗМІСТ

ЕЛЕКТРОМЕХАНІКА, ЕЛЕКТРОТЕХНІКА ТА ЕНЕРГЕТИКА

ЯРОШ Я. Д., ГОНЧАРЕНКО Ю. П., ПОЛЕЩУК І. І., ОНИСЬКО В. В. ПРОПОЗИЦІЇ ЩОДО СТВОРЕННЯ ДИСТАНЦІЙНО ДІАГНОСТИЧНОГО ПРИСТРОЮ ДЛЯ КОНТРОЛЮ ТЕХНІЧНОГО СТАНУ РОЗГАЛУЖЕНИХ ПОВІТРЯНИХ ЛЕП 6-35 кВ НА ОСНОВІ АКТИВНОГО ЗОНДУВАННЯ	7
ЗАСПА Ю. П. КВАНТОВА КОГЕРЕНТНІСТЬ І КАВІТАЦІЯ, КВАЗІДВОВИМІРНА БУЛЬБАШКОВА ТУРБУЛЕНТНІСТЬ, РЕЗОНАНСНА СИНХРОНІЗАЦІЯ МОД, КАСКАДНА ЕНЕРГЕТИКА ТА САМООРГАНІЗАЦІЯ В ГЕТЕРОГЕННИХ СИСТЕМАХ МАСИВНОГО ХІТОННОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ	15
БОЙКО С. М., ВИШНЕВСЬКИЙ С. Я., МОСКАЛИК В. М., ПОДГОРНИХ Н. В. МЕТОД ОПТИМІЗАЦІЇ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ АВІАЦІЙНИХ ПІДПРИЄМСТВ	26

КОМП'ЮТЕРНІ НАУКИ, ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ,
СИСТЕМНИЙ АНАЛІЗ ТА КІБЕРБЕЗПЕКА

ГУЛА І. В., ПОЛІКАРОВСЬКИХ О. І. ДОСЛІДЖЕННЯ НЕЙРОМЕРЕЖ ДЛЯ КЕРУВАННЯ СИСТЕМОЮ SOFTWARE DEFINED RADIO	31
ФЕДУШКО С. С., БУЧІЙ Н. П. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ІНТЕРНЕТ-МАГАЗИНУ В СОЦІАЛЬНІЙ МЕРЕЖІ INSTAGRAM ...	37
СВЕРСТЮК А. С., ЗАГОРОДНА Н. В., МАРЦЕНЮК В. П., СТАДНИК М. А., СВЕРСТЮК С. А. МОДЕЛЮВАННЯ КІБЕРФІЗИЧНОЇ ІМУНОСЕНСОРНОЇ СИСТЕМИ НА ПРЯМОКУТНІЙ РЕШІТЦІ З ВИКОРИСТАННЯМ РІЗНИЦЕВИХ РІВНЯНЬ ІЗ ЗАПІЗНЕННЯМ	41
ЯРМІЛКО А. В., РОЗЛОМІЙ І. О., МИСЮРА Ю. О. ЗАСТОСУВАННЯ ХЕШ-МЕТОДІВ У КРИПТОГРАФІЧНОМУ АНАЛІЗІ ПОТОКІВ ІНФОРМАЦІЇ	49
ЯКОВЧУК М. В., МІХАЛЕВСЬКИЙ В. Ц., МЕДВЕДЧУК Н. К., СКРИПНИК Т. К., СЕМЕНЮК Б. В. ДЕЦЕНТРАЛІЗОВАНА СИСТЕМА НА БАЗІ ТЕХНОЛОГІЇ БЛОКЧЕЙН ДЛЯ ПРИЙНЯТТЯ РІШЕНЬ В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ	55
БОЙКО Н. І., ШАХОВСЬКА Н. Б., МИХАЙЛИШИН В. Ю. РОЗРОБЛЕННЯ МЕТОДУ КЛАСИФІКАЦІЇ КОРИСТУВАЧІВ ЗА РІВНЕМ СТРЕСОСТІЙКОСТІ З ВИКОРИСТАННЯМ МОДИФІКОВАНОЇ АВТОАСОЦІАТИВНОЇ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ	64
КРИВЕНЧУК Ю. П., ЛАВРИК Ю. О. СИСТЕМА РОЗПІЗНАВАННЯ ЕМОЦІЙНОЇ ХАРАКТЕРИСТИКИ ОБЛИЧЧЯ ЛЮДИНИ	69
ПОРТЯНИЙ І. С., ПОСПЄЛОВА К. І., ОЛІЙНИК Ю. О. КОДУВАННЯ РАСТРОВИХ ЗОБРАЖЕНЬ НА ОСНОВІ ПОДІБНОСТІ ФРАГМЕНТІВ	73
ЛАВРЕНЧУК С. В., ЗДОЛБЦЬКА Н. В., ХАМУЛА Н. М. ПРОГРАМНИЙ КОМПЛЕКС ДЛЯ ВІЗУАЛІЗАЦІЇ АЛГОРИТМІВ НА ГРАФАХ	81
ЛП'ЯНИНА-ГОНЧАРЕНКО Х. В., КОМАР М. П., ЛЕНДЮК Т. В., ГРАМЯК Р. М. МЕТОД ВИБОРУ КОНКУРЕНТНОГО ТОВАРУ НА ОСНОВІ ЕМОЦІЙНОГО ЗАБАРВЛЕННЯ ВІДГУКІВ	86

ПИРИГ Ю. В., КЛИМАШ М. М., ПИРИГ Я. Р. ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ТА НАЛАШТУВАННЯ ПРОГРАМНОГО РЕЄСТРАТОРА РОЗРАХУНКОВИХ ОПЕРАЦІЙ В УКРАЇНІ	89
УТКІНА Т. Ю., РЯБЦЕВ В. Г. МОНІТОРИНГ РОЗВИТКУ КУРЯЧИХ ЯЄЦЬ НА БАЗІ НЕЙРОННОЇ МЕРЕЖІ РОЗПІЗНАВАННЯ СТАНУ ЕМБРІОНІВ	95
БАРМАК О. В., РАДЮК П. М., МОЛЧАНОВА М. О., СОБКО О. В. ПІДХОДИ ДО ПРАКТИЧНОГО АНАЛІЗУ ОБЧИСЛЮВАЛЬНИХ АЛГОРИТМІВ	102
КЛЬОЦ Ю. П., КОРЕЦЬКА Л. О. МЕТОД ЗАХИСТУ ПЕРЕДАЧІ ДАНИХ У КІБЕРФІЗИЧНИХ СИСТЕМАХ	106
PAVLO RADIUK, OLEXANDER MAZURETS, TETIANA SKRYPNYK, OLEKSANDR MOROZ INTELLIGENT DATA ANALYSIS USING ARTIFICIAL NEURAL NETWORKS FOR DECISION MAKING IN THE EDUCATION DOMAIN	111
ДЬОГТЄВА І. О., ШИЯН А. А. ІМІТАЦІЙНЕ МОДЕЛЮВАННЯ РОБОТИ ГРУПИ РЕАГУВАННЯ НА ІНЦИДЕНТИ ІНФОРМАЦІЙНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ КІБЕРАТАКАХ	115
МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАНІКА ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО	
БРАЦЛАВЕЦЬ Б. С. ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ	124
ЯНШЕВСЬКИЙ В. Ю. ОБҐРУНТУВАННЯ ТА АНАЛІЗ МЕТОДІВ ДІАГНОСТУВАННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ СИСТЕМ	128
ДРАЧ І. В. УЗАГАЛЬНЕНА МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ КОЛИВАНЬ РОТОРНОЇ СИСТЕМИ З ВЕРТИКАЛЬНОЮ ВІССЮ ОБЕРТАННЯ	132
КАРАЗЕЙ В. Д., СОКОЛАН К. С., КУШНІРЧУК А. С., КАЛІНІН О. В. МОДЕРНІЗАЦІЯ ПОВОРОТНОГО СТОЛА ДЛЯ ВЕРСТАТА З ЧПК	142
ЗАЛЮБОВСЬКИЙ М. Г., ПАНАСЮК І. В. ВИЗНАЧЕННЯ ДЕЯКИХ КОНСТРУКТИВНИХ ТА ГЕОМЕТРИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ГАЛТУВАЛЬНОЇ МАШИНИ ТИПУ «TURBULA»	147
АВТОМАТИЗАЦІЯ, ТЕЛЕКОМУНІКАЦІЇ ТА РАДІОТЕХНІКА	
VLADIMIR KRASILENKO, YURCHUK NATALIYA, ALEXANDER LAZAREV THE NEW BASIC REALIZATIONS OF OPERATIONS "EQUIVALENCE" OF NEURO-FUZZY AND BIOINSPIRED NEURO-LOGICS TO CREATE HARDWARE ACCELERATORS OF ADVANCED EQUIVALENTAL MODELS OF NEURAL STRUCTURES AND MACHINE VISION SYSTEMS	153
КУЧЕРЕНКО О. К. ВИЗНАЧЕННЯ ФУНКЦІЇ ПЕРЕДАЧІ МОДУЛЯЦІЇ ОПТИЧНОГО ПЕРЕДАВАЧА ПРИ НАЯВНОСТІ ПОХИБОК БАЗУВАННЯ ЛАЗЕРНОГО ВИПРОМІНЮВАЧА	167
ЯЛИНА О. О. АНАЛІЗ ТА ВДОСКОНАЛЕННЯ АВТОМАТИЗОВАНОЇ СИСТЕМИ УПРАВЛІННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИМИ ПРОЦЕСАМИ АГРОПРОМИСЛОВОГО КОМПЛЕКСУ	171
БЕЗВЕСІЛЬНА О. М., НЕЧАЙ С. О., ГОРЖИЙ І. В. МЕТОДИ СТАБІЛІЗАЦІЇ	174

КАРПОВА Л. В., БОЙКО А. О. ВПЛИВ РОЗМІЩЕННЯ ОДНІЄЇ ТА КІЛЬКОХ АНТЕН НА ПРОПУСКНУ ЗДАТНІСТЬ СИСТЕМ ЗВ'ЯЗКУ С2С	181
ОСАДЧУК О. В., ОСАДЧУК Я. О., СКОЩУК В. К. БАГАТОКАНАЛЬНИЙ ЧАСТОТОМІР НА ПРОГРАМОВАНІЙ ЛОГІЧНІЙ ІНТЕГРАЛЬНІЙ СХЕМІ ДЛЯ РАДІОВИМІРЮВАЛЬНОЇ СИСТЕМИ З ЧАСТОТНИМИ СЕНСОРАМИ ФІЗИЧНИХ ВЕЛИЧИН	186
ЧЕРЕПАНСЬКА І. Ю., БЕЗВЕСІЛЬНА О. М., НІЧИК В. С., КОТЛЯР С. С., НЕЧАЙ С. О. АВТОМАТИЗОВАНА ГРАВІМЕТРИЧНА СИСТЕМА З ЕЛЕМЕНТАМИ ШТУЧНОГО ІНТЕЛЕКТУ ДЛЯ ПОШУКУ КОРИСНИХ КОПАЛИН	195
ЛАКТИОНОВ І. С., ВОВНА О. В., БОРИЧЕВСЬКИЙ В. В. РЕЗУЛЬТАТИ РОЗРОБКИ І ТЕСТУВАННЯ КОМП'ЮТЕРНО-ІНТЕГРОВАНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ КЕРУВАННЯ ШТУЧНИМ ДООСВІТЛЕННЯМ ТЕПЛИЦЬ	201
ЛУЖАНСЬКИЙ В. І., КАРПОВА Л. В., КАНЮКА М. О. ВПЛИВ ШВИДКОСТІ ПЕРЕДАЧІ ЦИФРОВИХ ПОТОКІВ ІНФОРМАЦІЇ В МЕРЕЖАХ СУПУТНИКОВОГО ЗВ'ЯЗКУ НА БАЗІ VSAT ПРИ ВІДПОВІДНИХ СПІВВІДНОШЕННЯХ СИГНАЛ/ШУМ НА ЙМОВІРНІСТЬ БІТОВОЇ ПОМИЛКИ	207
ЛЮБЧИК В. Р., МАЗУР М. П., МАКАРИШКІН Д. А. МЕТОДИ ФУНКЦІОНАЛЬНОЇ ДІАГНОСТИКИ ТА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ПРОМИСЛОВИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ	216
МАКАРИШКІН Д. А., ЗОРЯ В. О., ГОРЯЩЕНКО К. Л. ОГЛЯД ОСНОВНИХ ВЕКТОРІВ РОЗВИТКУ РАДІОТЕХНОЛОГІЙ 5G ДЛЯ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ОДНОЧАСНОГО ДОСТУПУ	221
МАКАРИШКІН Д. А., ЛЮБАРСЬКИЙ М. В., МІШАН В. В. СУЧАСНІ РАДІОТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЗВ'ЯЗКУ M2M	225

ТЕХНОЛОГІЇ ХІМІЧНОЇ, ХАРЧОВОЇ ТА ЛЕГКОЇ ПРОМИСЛОВОСТІ

БАБИЧ А. І., КЕРНЕС В. П., БІЛОУС П. В. ІННОВАЦІЇ В ДИЗАЙНІ ВИРОБІВ ІНДУСТРІЇ МОДИ, НЕ ТИПОВІ МАТЕРІАЛИ ТА ТЕХНОЛОГІЇ ДЛЯ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ	229
ГАВЕНКО С. Ф., НАЗАР О. Р., КОЧУБЕЙ В. В., ПЕЛИК Л. В. ДОСЛІДЖЕННЯ ЯКОСТІ ЗОБРАЖЕНЬ ТЕРМОТРАНСФЕРНОГО ДРУКУ НА БАВОВНЯНОМУ ТЕКСТИЛЬНОМУ МАТЕРІАЛІ	235
КУЧЕРЕНКО Ю. С., МАТВІЙЧУК В. А. ОСНОВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СПОСОБИ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ ГАЗОТЕРМІЧНИМ НАПИЛЕННЯМ	240
ЩЕРБАНЬ В. Ю., КОЛИСКО О. З., КОЛИСКО М. І., КИРИЧЕНКО А. М., ЩЕРБАНЬ Ю. Ю. ПРОГРАМНІ КОМПОНЕНТИ ПРИ КОМП'ЮТЕРНОМУ ВИЗНАЧЕННІ НАТЯГУ НИТКИ НА СНУВАЛЬНИХ МАШИНАХ З ВИКОРИСТАННЯМ АЛГОРИТМУ РЕКУРСІЇ	243
OLEKSIY MYRONYUK, DENYS BAKLAN, JIA ZILONG THE USE OF HYDROPHOBIZED PERLITE AS THE BASE LAYER OF SUPERHYDROPHOBIC COATINGS	247
ПАХОЛЮК О. В., ПУШКАР Г. О., ГАЛИК І. С., СЕМАК Б. Д. ПРІОРИТЕТНІ НАПРЯМИ РОЗВИТКУ ТЕКСТИЛЬНОЇ НАНООСВИТИ В УКРАЇНІ	251
ТИМОЩУК О. Г. РОЗРОБКА І АНАЛІЗ ТОЧНОСТІ ІНЖЕНЕРНИХ МЕТОДІВ ВИЗНАЧЕННЯ МІЖКОНТАКТНОГО ОБ'ЄМУ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ГЕРМЕТИЧНОСТІ БЕЗЗМАЦУВАЛЬНИХ ПОРШНЕВИХ УЩІЛЬНЕНЬ	256

БАБИЧ А. І., ПОПОВКІН І. А.
РОЗРОБКА КОЛЕКЦІЇ СУЧАСНОГО ВЗУТТЯ ЖІНОЧОГО АСОРТИМЕНТУ
З ВИКОРИСТАННЯМ ЕКОМАТЕРІАЛІВ 260

**ХОРОЛЬСЬКИЙ В. П., ОМЕЛЬЧЕНКО О. В., КОРЕНЕЦЬ Ю. М.,
ГОНЧАРЕНКО В. А., ПЕТРУШИНА Ю. М.**
ХОЛОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ХОЛОДИЛЬНИХ КАМЕР СМАРТ-ПРОМИСЛОВИХ ХОЛОДИЛЬНИКІВ
ІЗ СИСТЕМАМИ НЕЙРО-НЕЧІТКОГО КЕРУВАННЯ ПРОЦЕСАМИ ЗАМОРОЖУВАННЯ
ПРОДУКТІВ ХАРЧУВАННЯ 264

ПОПОВА С. Ю., ГОПКАЛО Л. М., ВІТІВ І. В.
ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ ВТОРИННОЇ МОЛОЧНОЇ СИРОВИНИ
У ТЕХНОЛОГІЯХ ПРОДУКЦІЇ РЕСТОРАННОГО ГОСПОДАРСТВА 272

ІНЖЕНЕРІЯ ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

СТИСЛО Т. Р., ВАЩИШАК С. П., БОЙЧУК А. М., РИБАЧОК І. І.
АЛГОРИТМИ АГРЕГАЦІЇ ПОВІДОМЛЕНЬ ЗВОРОТНЬОГО ЗВ'ЯЗКУ ОТОВЛЕННЯ 277

МАШИНОБУДУВАННЯ, МЕХАНІКА ТА МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО

DOI 10.31891/2307-5732-2021-303-6-124-127
УДК 621.432.001.2

БРАЦЛАВЕЦЬ Б. С.

Вінницький національний аграрний університет
ORCID: 0000-0002-3315-4837
e-mail: bratslavets368@gmail.com

ОБҐРУНТУВАННЯ РАЦІОНАЛЬНОГО СПОСОБУ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ

У статті пропонується спосіб оптимізації технологічного процесу відновлення деталей за енергетичним критерієм. Це викликано тим, що на сьогоднішній день як основний параметр виступає собівартість відновлення деталей або витрат, на які на практиці багато в чому впливають ціни, і не завжди враховуються справжні витрати виробництва, новизна технологічного процесу, всі витрати енергії у тому числі, а також, живої праці на виробництво продукції (енергетичний критерій).

Ключові слова: технологія, енергетичний критерій, відновлення деталей, електродугове навантаження, напруження, витрати виробництва, собівартість, раціональний спосіб, оптимізація технологічного процесу, навколишнє середовище, відновлення, наплавлення.

B. BRATSLAVETS

Vinnytsia National Agrarian University

JUSTIFICATION OF A RATIONAL METHOD FOR RESTORING AGRICULTURAL EQUIPMENT PARTS

The article proposes a way to optimize the technological process of updating parts according to the energy criterion. The rational development of technological processes for the restoration of specific parts of agricultural machinery is mainly determined by the choice of a method that ensures the greatest durability of the part at the lowest cost of their restoration. Currently, repair companies have a significant number of ways to restore parts used to eliminate various defects - (wear, mechanical damage, cracks, etc.). Rationale for choosing the best way to restore a part or group of parts in a set of technical, economic and organizational issues. For different types of recovery methods, such as surfacing and iron, when capital investment is significantly different, the technical and economic criteria should be determined through the above costs. However, even in this case, in practice, as a rule, many factors are not taken into account. To restore the same part, several methods are suitable, often unequal in their technical and economic indicators. Thus, to assess the renewal of a specific part in a specific production environment, they are refined. The energy criterion is especially important to use when decisions are made about the development of a new production, the construction of a plant or a large workshop for the restoration of parts. This is due to the fact that today the main parameter is the cost of restoring parts or costs, which in practice are largely influenced by prices, and real production costs, the novelty of the technological process, all energy costs, including, living labor for the production of products (energy criterion).

Keywords: technology, energy criteria, parts restoration, electric arc load, operating time, production costs, prime cost, rational method, process optimization, environment, surfacing, restoration.

Вступ

Раціональна розробка технологічних процесів відновлення конкретних деталей сільськогосподарської техніки визначається головним чином вибором способу, що забезпечує найбільшу довговічність деталі за найменших витрат на їх відновлення. В даний час ремонтні підприємства мають значну кількість способів відновлення деталей, які застосовують для усунення різноманітних дефектів – (зноси, механічні ушкодження, тріщини тощо). Для відновлення однієї і тієї ж деталі придатні кілька способів, часто нерівноцінних за своїми техніко-економічними показниками.

Мета дослідження

Обґрунтування вибору оптимального способу відновлення деталі або групи деталей у комплексі технічних, економічних та організаційних питань.

Виклад основного матеріалу

На практиці частіше використовують перші два відношення, хоча вони застосовуються лише тоді, коли на підприємстві вже організовано відновлення деталей порівняльними способами та додаткових капітальних вкладень не потребують або коли вони приблизно однакові, наприклад, при порівнянні способів механізованого електродугового наплавлення [1–3].

При різнотипних способах відновлення, наприклад, наплавкою і залізненням, коли капітальні вкладення значно відрізняються, техніко-економічний критерій слід визначати через наведені витрати. Однак, і в цьому випадку на практиці, як правило, не враховуються багато факторів.

По-перше, у зв'язку з високими вимогами до охорони навколишнього середовища при ремонті сільськогосподарських машин витрачаються значні кошти на будівництво очисних споруд, очищення стоків з розбірно-мийних, гальванічних та інших ділянок тощо [5]. Тому ці витрати обов'язково треба враховувати під час вибору оптимальної технології відновлення деталей:

$$\varphi_i = \frac{C_{ei} + C_{yi}^0 + E_n (K_{di} + K_{di}^0)}{T_{ei}} \rightarrow \min, \quad (1)$$

де φ_i – техніко-економічний критерій; C_{ei} – собівартість відновлення деталі i -тим способом, грн; C_{yi}^0 – питомі поточні витрати на охорону навколишнього середовища при відновленні деталей i -м способом, грн; E_n – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень; K_{oi} – коефіцієнт довговічності відновленої i -м способом деталі; T_{ei} – напрацювання або ресурс відновлення i -м способом деталі, мото-год.

По-друге, не завжди правильно враховується якість відновлення деталі (технічний критерій). Зазвичай при визначенні техніко-економічного критерію беруть будь-яке значення T_e чи K_o , які забезпечують той чи інший спосіб відновлення. Але тут є деякі особливості, які не можна не враховувати.

Ресурс відновленої деталі треба порівнювати не з ресурсом нового виробу, а з нормативним міжремонтним ресурсом агрегату, в який він входить. Відношення нормативного міжремонтного ресурсу агрегату визначається:

$$K_o = \frac{T_e}{T_{mp}}, \quad (2)$$

де T_{mp} – міжремонтний ресурс агрегату.

Нерідко коефіцієнт довговічності встановлюють шляхом лабораторних або стендових випробувань деталей на зносостійкість, міцність та зчеплюваність покриття як знаходження відповідних коефіцієнтів:

$$K_o = K_n K_e K_c, \quad (3)$$

де K_n – коефіцієнт зносостійкості; K_e – коефіцієнт витривалості; K_c – коефіцієнт зчеплюваності.

Це не завжди правильно, тому що найчастіше один або два коефіцієнти лімітують ресурс, а не всі відразу. Наприклад, при відновленні робочих органів ґрунтообробних машин їх ресурс визначає лише зносостійкість. Ресурс же відновлених наплавленням колінчастих валів обумовлений зносостійкістю та витривалістю [2–5].

Тому для забезпечення високої якості ремонту агрегату необхідно, щоб ресурс відновленої деталі був не меншим за його нормативний міжремонтний, тобто $T_e \geq T_{mp}$, і вона не знижувала зносостійкість пов'язаних з нею деталей. При цьому, якщо робити, наприклад, леміш, який лімітує ресурс плуга в цілому, заміна якого можлива без його розбирання, то при виборі раціонального способу відновлення необхідно враховувати будь-яке, зокрема дробове значення коефіцієнта довговічності. Але коли деталь не лімітує цей показник або для заміни потрібне розбирання та тривала зупинка машини, то підвищення її довговічності слід враховувати лише в тому випадку, коли ресурс відновленої деталі кратний нормативному міжремонтному ресурсу агрегату, тобто підставляти у формулу (2) ціле значення коефіцієнта довговічності ($K_o = 1, 2, 3$ тощо). Це пояснюється тим, що збільшений ресурс деталі, наприклад, на 50 % не буде використаний і при черговому ремонті агрегату вона також відновлюватиметься, оскільки її залишковий ресурс становитиме лише 50% міжремонтного. Проте, за використання як основного критерію собівартості відновлення деталей чи наведених витрат, на які багато в чому впливають ціни, що завжди враховують справжні витрати виробництва та новизну технологічного процесу, не об'єктивно відбиваються народногосподарські інтереси. Виходячи з цього, будь-яку технологію раціонально оцінювати таким показником, який відображає всі витрати на виробництво продукції [4-7]. На думку багатьох фахівців, таким показником можуть бути витрати енергії.

У зв'язку з цим вибір способу та оптимізації технологічного процесу відновлення деталей доцільно проводити за енергетичним критерієм. При цьому необхідно враховувати всі витрати енергії, у тому числі живої праці, починаючи від виробництва необхідних матеріалів для покриття і до остаточної обробки деталей. Витрати енергії живої праці можна достовірно визначити через трудомісткість. Якщо їх не враховувати, то може виявитися, що прогресивніший спосіб це той, що має значно меншу трудомісткість, але дещо підвищену витрату енергії і він буде визнаний нераціональним.

Енергетичний критерій можна виразити рівнянням:

$$\varphi_{ei} = \frac{K_{1i} K_{2i}}{K_{oi}} \rightarrow \min, \quad (4)$$

де $K_{1i} K_{2i}$, – відповідно коефіцієнти енергоємності та трудомісткості технологічного процесу відновлення деталі i -м способом.

$$K_{1i} = \frac{Q_{ei}}{Q_n}; \quad K_{2i} = \frac{t_{ei}}{t_n}, \quad (5)$$

де Q_{ei} – питомі витрати енергії на відновлення деталі i -тим способом по всьому циклу виробництва, кВт*год; Q_n – питомі витрати на виготовлення нової деталі, кВт*год; t_{ei} – трудомісткість відновлення деталі i -тим способом; t_n – трудомісткість виготовлення нової деталі.

Спосіб, який забезпечує мінімальне значення енергетичного критерію – раціональний. Відновлення деталей у такий спосіб є доцільним і тоді, коли значення його менше одиниці.

Слід мати на увазі, що обраний за енергетичним критерієм спосіб через взаємодію цін може не відповідати економічним інтересам конкретного підприємства.

Таблиця 1

Енергетичний та комбінований критерії

Спосіб відновлення	Критерії		
	техніко-економічний	енергетичний	комбінований
Наплавка під флюсом	61,7	1,0	1,0
Вібродугова наплавка	83,9	1,11	1,19
Наплавка в середовищі CO ₂	72,2	1,05	0,98
Металізація	43,6	0,52	0,53
Електроконтактне приварювання стрічки	36,2	0,29	0,24
Хромування	80,1	1,76	3,20
Залізнення	52,1	0,36	0,22

З огляду на це вибирати його слід за комбінованим критерієм, що відображає наведені витрати, енергоємність, коефіцієнт довговічності:

$$\varphi_{ki} = \frac{K_{1i} K_{2i} K_{3i}}{K_{oi}} \rightarrow \min; \quad (6)$$

$$K_{zi} = \frac{P_{ei}}{C_n}, \quad (7)$$

де K_{zi} – коефіцієнт економічності, який визначається як відношення наведених витрат P_{ei} на відновлення деталі i -м способом до ціни нової деталі C_n .

Так само, як і у разі застосування енергетичного критерію, відновлення деталей обраним способом доцільно тоді, коли значення комбінованого критерію також менше одиниці. При використанні енергетичного та комбінованого критеріїв враховуються вище викладені вимоги до коефіцієнтів довговічності та ресурсу відновленої деталі. При визначенні коефіцієнтів K_1 , K_2 і K_3 , замість показників нової деталі для порівняння можна прийняти показники деталі, відновленої будь-яким найбільш поширеним способом, наприклад наплавленням під флюсом. У цьому випадку коефіцієнт довговічності визначають:

$$K_{oi} = \frac{T_i}{T_o}; \quad K'_{oi} = \frac{K_{oi}}{K_{ob}}, \quad (8)$$

де T_i і T_o – ресурси деталей, відновлених відповідно i -м та базовим способами. Використовуючи характеристики способів відновлення деталей, які можна знайти у відомих літературних джерелах, розраховані їх техніко-економічний, енергетичний і комбінований критерії (див. таблицю). При визначенні енергетичного та комбінованого критеріїв за базу прийнято наплавлення під флюсом.

Висновок

Для оцінки відновлення конкретної деталі у конкретних виробничих умовах їх уточнюють. Енергетичний критерій особливо важливо використовувати тоді, коли приймаються рішення про розвиток нового виробництва, будівництво заводу або великого цеху по відновленню деталей тощо.

Література

1. Восстановление и упрочнение деталей наплавкой [Електронний ресурс] // StudRef.com. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: https://studref.com/308357/tehnika/vosstanovlenie_uprochnenie_detaley_naplavkoj.
2. Способи відновлення деталей [Електронний ресурс] // StudFiles. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://studfile.net/preview/5607972/page:18/>.
3. Ельцов В. В. Восстановление и упрочнение деталей машин : элек- тронное учеб. пособие [Електронний ресурс] / В. В. Ельцов // ТГУ. – 2015. – Режим доступу до ресурсу: <https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/49/1/Eltsov%201-81-13%20-%20eui%20-%20Z.pdf>.
4. Иванов В.П., Мерзлов А.А. Сбережение остаточной долговечности деталей при ремонте машин // Вестник Полоцкого государственного университета. Прикладные науки. 2005. № 6. С. 173–176.
5. Чеботарев М. И. Выбор оптимального способа восстановления изношенной поверхности детали [Електронний ресурс] / М. И. Чеботарев, М. Р. Кадыров // КубГАУ. – 2016. – Режим доступу до ресурсу: <https://kubsau.ru/upload/iblock/302/3022a16c56239d8f9a695b313ba0351a.pdf>.

6. Кастрюк А. П. Выбор технологических баз при обработке резанием восстанавливаемых деталей [Электронный ресурс] / А. П. Кастрюк // Вестник БГТУ. – 2012. – Режим доступа до ресурсу: https://www.bstu.by/uploads/vestnik/4/2012_4_kastyruk_a.p._vybor_tehnologicheskix_baz_pri_obrabotke_rezaniem_vosstanavlivaemyx_detalej.pdf.

7. Иванов В.П., Кастрюк А.П. Подготовка ремонтного производства. Новополоцк: ПГУ, 2011. 272

References

1. Vosstanovlenye y uprochnenye detaley naplavykoy [Elektronnyy resurs] // StudRef.com. – 2015. – Rezhym dostupu do resursu: https://studref.com/308357/tehnika/vosstanovlenie_uprochnenie_detaley_naplavykoy.

2. Sposoby vidnovlennya detaley [Elektronnyy resurs] // StudFiles. – 2016. – Rezhym dostupu do resursu: <https://studfile.net/preview/5607972/page:18/>.

3. El'tsov V. V. Vosstanovlenye y uprochnenye detaley mashyn : élek- tronnoe ucheb. posobyе [Elektronnyy resurs] / V. V. El'tsov // THU. – 2015. – Rezhym dostupu do resursu: <https://dspace.tltsu.ru/bitstream/123456789/49/1/Eltsov%201-81-13%20-%20eui%20-%20Z.pdf>.

4. Yvanov V.P., Merzlov A.A. Sbezhenye ostatochnoy dolhovechnosty detaley pry remonte mashyn // Vestnyk Polotskoho hosudarstvennoho unyversyteta. Prykladnye nauky. 2005. № 6. S. 173–176.

5. Chebotarev M. Y. Vybor optimal'noho sposoba vosstanovlenyya yznoshennoy poverkhnosty detaly [Elektronnyy resurs] / M. Y. Chebotarev, M. R. Kadyrov // KubHAU. – 2016. – Rezhym dostupu do resursu: <https://kubsau.ru/upload/iblock/302/3022a/16c56239d8f9a695b313ba0351a.pdf>.

6. Kastyruk A. P. Vybor tekhnolohycheskykh baz pry obrabotke rezanyem vosstanavlyvaemykh detaley [Elektronnyy resurs] / A. P. Kastyruk // Vestnyk BHTU. – 2012. – Rezhym dostupu do resursu: https://www.bstu.by/uploads/vestnik/4/2012_4_kastyruk_a.p._vybor_tehnologicheskix_baz_pri_obrabotke_rezaniem_vosstanavlivaemyx_detalej.pdf.

7. Yvanov V.P., Kastyruk A.P. Podhotovka remontnoho proyzvodstva. Novopolotsk: PHU, 2011. 272

Рецензія/Peer review : 02.12.2021

Надрукована/Printed :30.12.2021