

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2023-4

Вібрації в техніці та технологіях



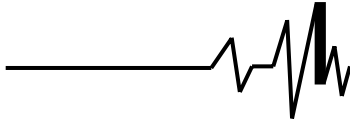
Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

Вібрації в техніці та технологіях

№ 4 (111)

Вінниця 2023

**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, 2023. – 4 (111) – 99 с.

Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 7 від 02.12.2023 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 України, Вінницький
національний аграрний університет

Заступник головного редактора

Адамчук В.В. – д.т.н., професор, академік
НААН України, Інститут механіки та
автоматики агропромислового виробництва
НААН України

Відповідальний секретар

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

Члени редакційної колегії

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

Дерезенько І. А. – к.т.н., доцент,
Національний університет «Львівська
політехніка»

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

Матвєєв В.В. – д.ф.-м.н., професор,
академік НАН, Інститут проблем міцності
імені Г.С. Писаренка НАН України

Полєвода Ю.А. – 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. – д.т.н. професор, Вінницький
національний аграрний університет

Яропуд В.М. – к.т.н., доцент, Вінницький
національний аграрний університет

Зарубіжні члени редакційної колегії

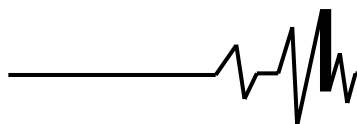
Максімов Джордан Тодоров – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

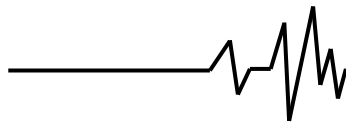
Технічний редактор **Зампій М.А.**

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***Федоскіна О.В., Єрісов М.М., Федоскін В.О., Корніленко К.І.***ДО РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПОЛОТНА ВІБРОТРАНСПОРТЕРА СУШИЛЬНОЇ
УСТАНОВКИ.....5***Борисюк Д.В., Твердохліб І.В., Купчук І.М., Ковальчук О.О.***МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВІБРОАКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ ОТРИМАНОВОГО ПРИ
ВІБРОАКУСТИЧНОМУ ДІАГНОСТУВАННІ МАШИН.....11***Обертюх Р.Р., Слабкий А.В., Бакалець Д.В.***ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ВІБРАТОР – ГІДРОЦИЛІНДР НА БАЗІ КІЛЬЦЕВИХ ПРУЖИН З
ВБУДОВАНИМ ПАРАМЕТРИЧНИМ ГЕНЕРАТОРОМ ІМПУЛЬСІВ ТИСКУ.....16***Борисюк Д.В., Твердохліб І.В., Гудок В.С., Коробко Д.О.***ПОХИБКИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ПРИ ВІБРОАКУСТИЧНОМУ
ДІАГНОСТУВАННІ.....24***Бурлака С.А., Анісімов В.Ф., Ковтун О.Л., Черній В.І.***ВСТАНОВЛЕННЯ ОСНОВНИХ МЕХАНІЧНИХ ХАРАКТЕРИСТИК КЛАСИЧНИХ
ГЕОМЕТРИЧНИХ ЄМНОСТЕЙ З ОДНОРІДНИМИ НАПОВНЮВАЧАМИ.....31****2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА***Кириченко Р.В., Бурлака С.А.***ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІВАЛОК ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА..37***Грабко В.В., Проценко Д.П., Бартецький А.А., Чмих К.В.***СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ КІЛ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТНО-
КЕРОВАНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ FRGA.....47***Ярошенко Л.В., Колісник М.А., Штуць А.А., Присяжнюк Ю.С.***ОЦІНКА ДЕФОРМАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ МАТЕРІАЛУ ЗАГОТОВОК ПІД ЧАС ПРЯМОГО
ВИТИСКУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ.....54***Паладійчук Ю.Б., Стецюк П.М.***ОПТИМІЗАЦІЯ ТРИВАЛОСТІ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗАКОЧУВАЛЬНОГО РОЛИКА.....68***Рябошапка В.Б., Жарський М.М., Жарський Р.М.***ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИЧІПНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ
МАШИНИНИХ АГРЕГАТІВ75***Рябошапка В.Б., Музичук В.І., Івацко В.П.***ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ПАЛИВНОГО НАСОСУ ВИСОКОГО
ТИСКУ ДИЗЕЛІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА81***Швець Л.В., Яківчук С.В.***ОЦІНКА МАКСИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ, ДОСЯГНУТОЇ ПІД ЧАС ТВЕРДІННЯ БЕТОНУ 88****3. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА***Aliiev E., Kobets O., Kalyna V.***JUSTIFICATION OF THE CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL DESIGN OF THE FEED
PELLETIZER.....94**

**Паладійчук Ю.Б.**

к.т.н., доцент

Стецюк П.М.

магістр

*Вінницький національний
аграрний університет***Paladiychuk Yu.**

Ph.D., associate professor

Stetsyuk P.

Master student

*Vinnitsia National Agrarian
University***УДК 621.926.5:678.7 (043.3)****DOI: 10.37128/2306-8744-2023-4-9**

ОПТИМІЗАЦІЯ ТРИВАЛОСТІ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗАКОЧУВАЛЬНОГО РОЛИКА

Для забезпечення високої якості процесу консервування, критично важливо мати надійне обладнання, зокрема, заочувальні машини, щоб уникнути можливих негативних наслідків. Проте існуючі конструкції робочих органів і матеріали, з яких вони виготовлені, обмежують підвищення продуктивності через обмежену тривалість їх служби. Знос робочих органів, таких як заочувальні ролики, опорні тарілки і заочувальні патрони, призводить до зниження якості виробленої продукції, спричиняє простой в роботі та збільшує витрати на обслуговування обладнання.

У ході дослідження експлуатації заочувальних машин на підприємствах переробної галузі ми провели аналіз та виділили головні фактори, які спричиняють найвиразніший знос робочих роликів та інших складових конструкції заочувального механізму. В результаті наших досліджень було встановлено, що найсуттєвіший вплив на тривалість служби робочих органів здійснює корозійно-активне середовище харчової промисловості. Щодо заочувальних роликів, для них характерно зношування у вигляді збільшення ширини та глибини робочих канавок, а також зростання шорсткості робочої поверхні.

За допомогою сучасних технічних засобів, ми визначили оптимальну методику для оцінювання ступеня зносу робочої поверхні заочувальних роликів. Заочувальні ролики зазвичай піддаються втомному виду зношування, який є результатом абразивного та окислювального впливу харчового середовища.

Проаналізували різні методи для підвищення стійкості до зношування і прийшли до висновку, що найбільш поширеними засобами підвищення тривалості служби є:

- 1. Відновлення профілю шляхом шліфування;*
- 2. Відновлення профілю шляхом наплавлення і подальшого шліфування;*
- 3. Зміцнення профілю шляхом напilenня;*
- 4. Використання більш міцних матеріалів.*

***Ключові слова:** заочувальні ролики, переробна промисловість, жерстяна банка, закатування, зношування, корозія.*

Вступ. Сільськогосподарське виробництво розглядається економістами як господарська сфера з підвищеним ризиком, і основним чинником цієї класифікації є велика кількість незалежних зовнішніх факторів, які не піддаються контролю під час виробництва. Сільськогосподарські виробники повинні бути відповідальними за управління виробничим

процесом сільськогосподарських культур на всіх етапах - від обробки землі для посіву до первинної або основної переробки зібраного врожаю. Досвід свідчить, що основна частина врожаю (30-50%) [1-3] втрачається саме на етапі первинного збору, особливо це стосується фруктів та овочевих культур.



Для зменшення цих втрат необхідно піддавати сільськогосподарську продукцію переробці. Серед варіантів переробки фруктів і ягід найпоширенішими є заморожування та виготовлення джемів та повидел. Рідше застосовується сушіння. Що стосується овочевих культур, то тут основним методом первинної обробки, який використовується протягом багатьох років, є консервування.

На сьогоднішній день близько 30% вирощеної овочевої продукції піддається консервуванню, а в окремих випадках ця цифра може сягати до 50% [1]. Сучасна промисловість пропонує різноманітні технології консервування з використанням паперової тари (Tetra Pak), різних видів пластикової та скляної тари. Однак найбільш екологічно безпечними вважаються консерви у скляних та жерстяних банках. Головним недоліком скляної тари є її надійність, а в разі жерстяної тари - складність технології її виготовлення [1-3].

Процес консервування спрямований на знищення мікрофлори та припинення біохімічних процесів, які відбуваються у харчових продуктах під дією ферментів. Суть консервування полягає в створенні оптимальних умов зберігання продуктів, при яких припиняється розвиток мікроорганізмів і активність ферментів, що спричиняють псування продуктів. Під час консервування стараються зберегти продукт високої харчової і біологічної цінності з хорошими смаковими якостями [1-3].

Для забезпечення якісного процесу консервування необхідно мати надійне виробниче обладнання, і в першу чергу - заковувальні машини. Проте існуючі конструкції робочих органів та матеріали, з яких вони виготовлені, обмежують підвищення продуктивності через недостатню довговічність. Знос робочих органів, таких як заковувальні ролики, опорні тарілки і заковувальні патрони, призводить до зниження якості продукції, викликає прості та додаткові витрати на обслуговування.

Зазначені робочі органи є складними і дорогими деталями. Річна потреба навіть малого консервного заводу, який виробляє до 2 мільйонів штук продукції, у жерстяних банках становить від 1 до 10 комплектів [1]. Тому підвищення довговічності робочих органів заковувальних машин є актуальною науково-технічною задачею.

Мета дослідження. Забезпечити підвищення якості та продуктивності виробництва консервованої продукції в жерстяній тарі, за рахунок збільшення довговічності роликів заковувальних машин.

Аналіз останніх досліджень. Металева консервна тара використовується

для довготривалого зберігання продуктів і повинна відповідати ряду вимог, таких як герметичність, міцність, стійкість до корозії, гігієнічність, зручність використання та естетичний зовнішній вигляд. Один з поширених матеріалів для виготовлення металевої консервної тари - біла жерсть. Також, але менш поширено, використовують алюмінієві сплави у вигляді анодованої лакованої стрічки [2].

Металеві консервні банки для харчових продуктів [2-5] поділяються на два типи в залежності від способу виготовлення: збірні (складаються з трьох частин - корпусу, денця та кришки) і цілісні (складаються лише з двох частин - корпусу та кришки). Зазвичай, банки мають циліндричну форму, але існують також квадратні та прямокутні варіанти [2,3].

У літературних джерелах описано різні конструкції кришок та методи їх з'єднання з корпусом. За аналізом, для закатування найпоширеніших циліндричних банок використовують подвійний закатувальний шов. Цей шов складається з п'яти шарів жерсті, три з яких належать кришці, а два - корпусу банки. На кутовому шві, завдяки перепуску поздовжнього шва, поперечний шов складається навіть із семи шарів.

Основними параметрами подвійного шва є товщина (T), ширина (L), ширина гачка корпусу (B_1), ширина гачка кришки (B_2), ширина перекриття (E) та глибина посадки (C). Герметичність та міцність шва залежать від точності його виготовлення, а сам шов повинен бути щільним, але не розклепанним [2-5].

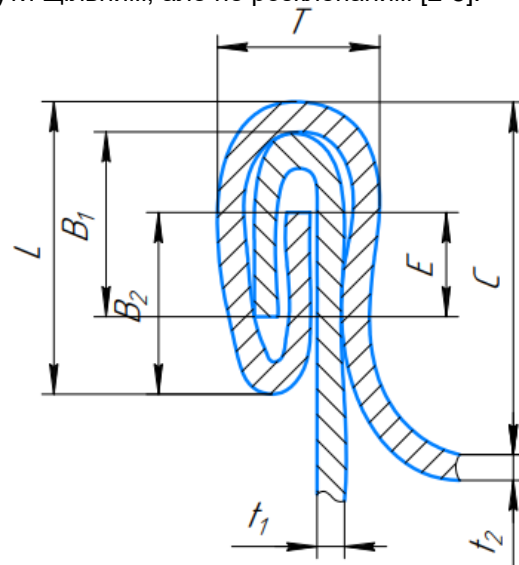


Рис. 1. Подвійний закатувальний шов [3].

Якість шва можна оцінити за його геометричними характеристиками, але основним індикатором якості є ширина



перекриття. Методи формування шва можна розділити на два основних класи [3]:

1. Формування шва штампуванням: у цьому методі шов утворюється одночасно на всій його довжині.

2. Формування шва закатуванням: в цьому методі шов утворюється послідовно за допомогою окремих ділянок, під час обертання банки відносно інструменту. Щоб зменшити опір інструменту при проходженні по матеріалу закатувального шва, рух банки і інструменту узгоджують так, щоб центри їх руху максимально наближались до зони обробки.

Подвійний закатувальний шов формується у дві операції. Процес закатування відбувається зі скріпленою або рухомою банкою, яка зажимається між патроном і опорною тарілкою. Ролики, обкатуючи шов, здійснюють планетарний рух, наближаючись під час обертання до центральної осі банки. Під час першої операції ролики попередньо витягують фланець кришки під фланець корпусу банки (рис. 2а). Друга операція включає в себе закінчення процесу закатування, остаточно формуючи шов (рис. 2б) [3].

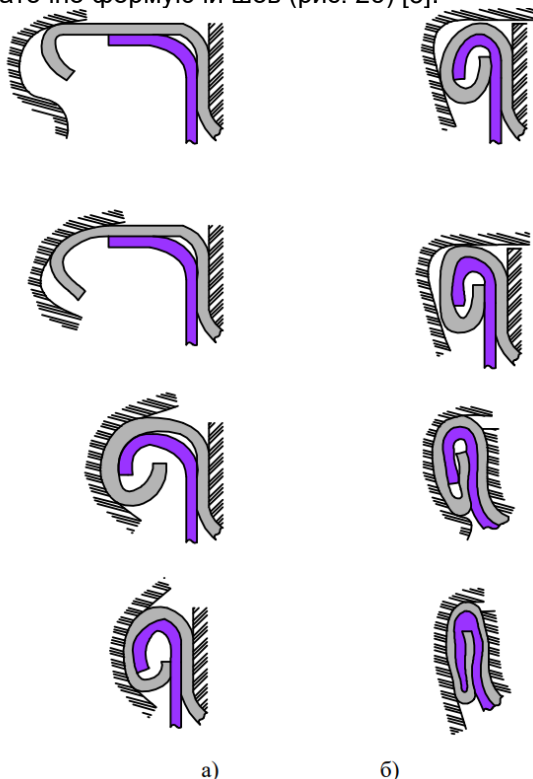


Рис. 2. Послідовність операцій утворення подвійного закатувального шва (а - роликом першої операції, б - роликом другий операції).

Під час обкатування роликами другої операції, шов зазнає сплюснення. Коли ролик наближається до центру банки, ширина шва зростає, оскільки нижня частина шва витягується. На заключному етапі другої

операції, зовнішній контур шва набуває форму профілю ролика, а внутрішній контур - форму профілю закатувального патрона. Нижня зона шва піддається більш сильній деформації, надаючи шву більшу жорсткість та міцність [3].

У збірних банках при високих обертових швидкостях шпинделя ($7-15 \text{ c}^{-1}$) збільшується товщина на кутовому шві, що створює ударні навантаження на ролики другої операції та може спричинити вібрації інших деталей механізму.

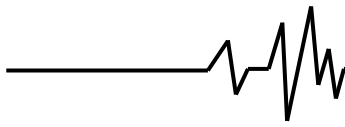
Наявність кутового шва перешкоджає підвищенню швидкості обертання і, відповідно, обмежує підвищення продуктивності закатувальних машин. Літературний аналіз не надає детального аналізу кінематики та динаміки процесу формування подвійного закатувального шва, що є необхідним для розробки методів підвищення довговічності робочих органів закатувальних машин.

Наш аналіз визначив фактори, які призводять до дефектів закатувального шва, і розкрив вплив зносу робочих органів на порушення геометричних параметрів та захисного покриття (див. таблицю 1) [4].

Таблиця 1. Дефекти швів і їх причини.

Вид дефекту	Знос робочих органів			
	Ролика першої операції	Ролика другої операції	Патрона	Тарілки
Накат на патрон			+	
Зубці	+			
Короткий гак кінця		+		
Зморщений шов після першої операції	+			
Зморщений шов після другої операції		+		
Велика ширина шву після другої операції		+		
Порушення захисного покриття поверхні шву	+	+		+

Важливо зауважити, що у вищезазначених дослідженнях відсутній кількісний аналіз впливу зносу на якість шва, а також не висвітлено можливості застосування неруйнівного контролю для оцінки стану шва.



Закатувальний шов формується за допомогою закатувального механізму (див. рис. 3), який включає такі робочі елементи механізму: закатувальний ролик 1, закатувальний патрон 2 і опорна тарілka 3 [4,5].

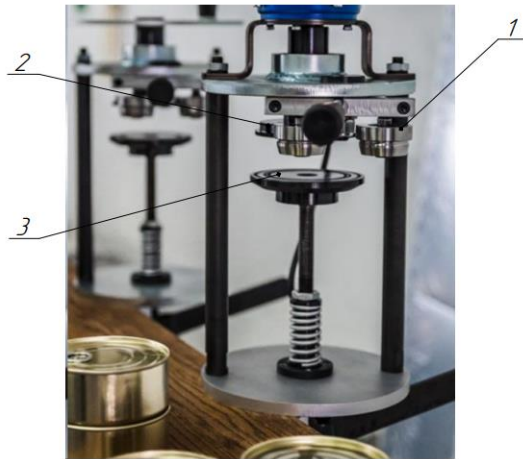


Рис. 3. Робочі органи закатувальних машин.

У внутрішній і міжнародній науковій літературі, насамперед, обговорюються питання, пов'язані з якістю матеріалів, що використовуються для створення закатувальних роликів. Проте, незважаючи на значні досягнення в цьому напрямі, існує багато технологічних аспектів, які досі залишаються недостатньо дослідженими. Стандартні конструкції закатувальних інструментів можна знайти на рисунку 4 [4].

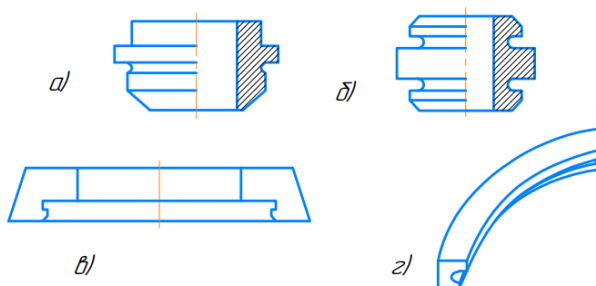


Рис. 4. Конструкція закатувальних інструментів: а) ролик з канавкою на зовнішній поверхні; б) з двома робочими канавками; в) ролик з робочою канавкою на внутрішній поверхні; г) закатувальна дуга.

Досвід підтвердив, що закаточні ролики з двома робочими канавками мають подвійний термін служби порівняно з роликами, що мають лише одну канавку. При цьому отвори і торці роликів зношуються мінімально у порівнянні з зношуванням робочої канавки. Проте варто відзначити, що такі ролики коштують приблизно на 30% більше, ніж ролики з однією канавкою.

Ролики з робочою канавкою на внутрішній поверхні мають довший термін служби, ніж

ролики першої конструкції, але їх виготовлення та експлуатація складніші. Вони потребують значних зусиль під час закатування і не є широко поширеними. Інструменти у формі дуг використовуються переважно для попереднього закатування, і під час транспортування з обертанням вони можуть деформувати фланець кришки, залишаючись нерухомими.

Крім того, існують ролики для закатування в три операції та складні ролики з рухомими елементами [5,6]. Перевагою останніх є легкість виготовлення і простий профіль робочої поверхні. Проте використання роликів з рухомими деталями призводить до збільшення ваги конструкції і, відповідно, споживання енергії. Крім робочих навантажень, потрібні додаткові зусилля для деформації пружних елементів.

У вітчизняній консервній промисловості наразі відсутні стандарти, що регламентують форму профілю поверхні закатувальних роликів першої операції, оскільки профіль не регламентується [6].

Закатувальний патрон представляє собою диск з діаметром, що відповідає діаметру кришки [6]. Робоча поверхня патрону має нахил під кутом 4° . Цей нахил допомагає кришці міцно прилягати до патрону, компенсуючи можливі нерівності внутрішнього розміру кришки, а також полегшує процес вилучення банки після завершення операції. Закатувальний патрон виступає як опора під час формування шва за допомогою закатувальних роликів.

Опорна тарілka відіграє важливу роль у фіксації положення банки під час закатування. При натисканні її на закатувальний патрон, тарілka повинна забезпечити такий момент тертя більший, ніж крутний момент, що виникає внаслідок зусиль закатування. У сучасних умовах найчастіше використовуються рифлені тарілки [6], які представляють собою плоский диск з рифленою поверхнею у формі трикутних перерізів.

Робочі елементи закатувального механізму, які є швидкозношуваними деталями, виготовляються з високоякісних матеріалів. Умови для матеріалу закатувальних роликів та технології їх виготовлення детально розглядаються в роботі [6,7]. Існують такі вимоги до цих матеріалів, як твердість, ударна в'язкість, ступінь чистоти обробленої поверхні та точність виготовлення. Високоякісні ролики зазвичай виготовляються зі сталей марок, таких як У8А, У7А, ХВГ, 12ХНМ, 40ХГСА та інші високоякісні сталі. Проте в умовах обмеженого виробництва можуть застосовувати менш якісні сталі з метою зменшення витрат, але це може призвести до скорочення терміну служби роликів. Профіль роликів створюється методом врізного шліфування і подальшої обробки канавки до термічної обробки.



Ролики, виготовлені за кордоном, мають значно більшу стійкість до зносу порівняно з вітчизняними роликами іноземного виробництва в 5-10 разів. Причини підвищеної стійкості до зносу робочих органів деяких іноземних компаній потребують подальших досліджень.

Закатувальні ролики є найбільш схильними до зносу елементами в механізмі закатувальних машин. Літературні джерела містять значну кількість досліджень щодо цього аспекту, але більшість з них зосереджена на вивченні видів зносу, приділяючи менше уваги впливу розмірного зносу на якість закатувального шва [7].

Деякі дослідники вказують на те, що знос закатувальних роликів має абразивний та корозійно-втомний характер. Наше дослідження зосереджено на аналізі зносу робочих елементів, які використовуються в умовах невеликих форм виробництва в галузі овочівництва.

Різниця в терміні служби роликів пояснюється якістю матеріалу, з якого вони виготовлені, і впливом корозійно-активного середовища, в якому вони експлуатуються. Зазвичай розчини, використовувані для консервування сільськогосподарської продукції, містять органічні кислоти та кухонну сіль, які сприяють корозії матеріалу роликів [7,8].

Виходячи з аналізу виробничого досвіду, заміна роликів відбувається з двох основних причин: знос контактної поверхні внаслідок лінійного зносу та збільшення шорсткості внаслідок зносу і корозії. Гранічно допустимий рівень зносу визначається методами контролю параметрів (див. рис. 5).

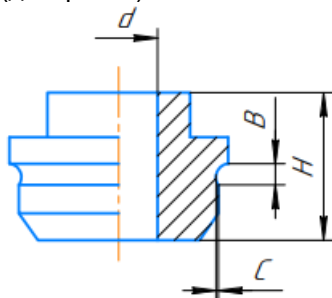


Рис. 5. Точки контролю зносу поверхонь ролика.

В результаті аналізу виявлено, що ролики зазвичай замінюються, коли знос вже перевищив допустимий рівень. Передчасна заміна пов'язана з тим, що наразі відсутня об'єктивна методика для оцінки технічного стану роликів. Розробка такої методики та виробництво відповідних контрольних засобів стали однією з основних завдань цього дослідження [7,8].

Результати дослідження. Під час подальших досліджень зношування роликів було виявлено, що деякі параметри роликів зазнали змін. У таблиці 2 наведені результати вимірювань

ступеня зношеності роликів у закатувальному напівавтоматі, який мав продуктивність від 350 до 450 банок на годину. Цей апарат працював в умовах обмеженого виробництва консервованих овочів та використовувався для закатування скляних банок об'ємом 3 літри і металевих банок розміром № 6.

Таблиця 2. Знос роликів після закатування 1 млн. банок (ролик серійний).

Назва деталі	Параметр по рис. 1.6	Знос, мм	Умови роботи
Закатувальний ролик 1-ї операції	d	0,010	Кочення, з проковзуванням, циклічне пульсуюче навантаження
	H	0,005	
	B	0,045	
	C	0,015	
Закатувальний ролик 2-ї операції	d	0,015	Кочення, з проковзуванням, циклічне пульсуюче ударне навантаження
	H	0,005	
	B	0,015	
	C	0,020	

У порівнянні зносу отворів і торців зі зносом поверхні робочої канавки, можна виокремити, що найбільшу несправність ролики закатувального механізму зазнають через ушкодження області, яка контактує з банкою [8].

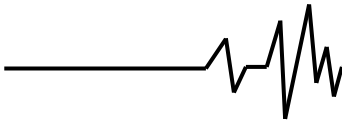
Тертя та зношування – це явища, що залежать від багатьох зовнішніх та внутрішніх чинників, і призводять до погіршення фрикційних взаємозв'язків. Процес зношування, обумовлений тертям, детально досліджується у науковій літературі, і наявна значна кількість інформації щодо цього питання. За допомогою формули 1 визначався ступень зношування [8]:

$$J = K_1 \alpha \sqrt{\frac{h}{r}} \cdot \frac{P_n}{P_r} \cdot \frac{1}{n} \quad (1)$$

де K_1 - коефіцієнт мікрогеометрії; α - коефіцієнт перекриття $\alpha = \frac{A_n}{A_r}$; A_n, A_r - відповідно номінальна і фактична площа контакту; $\frac{h}{r}$ - відносна глибина нерівностей; $\frac{P_n}{P_r}$ - відношення номінального контактного навантаження до фактичного; n - число циклів навантаження до руйнування.

Це рівняння є приблизним і не враховує різноманітність факторів, що виникають під час взаємодії поверхонь у реальних вузлах. Однак воно служить основою для наших формул для розрахунку зносу в залежності від виду фрикційних зв'язків [9]. Щоб використовувати цю формули для підвищення стійкості робочих органів закатувальних машин, нам необхідно уточнити механізм руйнування поверхневого шару.

Взаємодія ролика зі швом супроводжується наступними процесами:



- рух ролика відносно матеріалу шва відбувається з ковзанням;

- температура ролика в зоні контакту повинна бути нижчою за температуру руйнування олов'яного покриття та лакової плівки;

- контактні навантаження під час закатування повинні залишатися нижчими за межі текучості матеріалу робочих органів, тому захисне лакове або олов'яне покриття не повинно руйнуватися;

- у відсутності агресивних харчових середовищ, інтенсивність зношування при сухому терті набагато нижча.

На підставі цих умов ми можемо зробити наступні рекомендації для підвищення довговічності роликів:

1. Вибирати вищоякісні матеріали або використовувати методи зміцнення поверхонь;

2. Застосовувати органічні мастила, які допущені для змащування деталей тертя механізмів в умовах харчового виробництва;

3. Поліпшити ступінь очищення поверхні.

Дослідження впливу зусиль закатування і швидкості переміщення ролика по шву на знос ролика закатувальної машини практично не проводилося. Однак ми знайшли дані розрахунку радіальних зусиль закатування жерстяних банок діаметром 83,4 мм роликком другої операції діаметром 50 мм, які були виконані різними авторами. За цими даними, зусилля знаходяться в межах від 940 до 1050 Н.

Загалом можна зробити висновок, що:

- надійність закатувальних машин визначається довговічністю робочих органів;

- якість шва пов'язана з зносом робочих органів.

Висновок. Після аналізу операційного досвіду застосування закатувальних машин на підприємствах харчової промисловості, які виробляють продукцію рослинництва, було встановлено, що корозійно-активні середовища впливають значно на тривалість роботи робочих органів. Зокрема, ролики першої і другої операцій піддаються зносу, який характеризується збільшенням розмірів робочої канавки та зрубу поверхні.

Було визначено максимально припустимі значення зносу робочих органів. Запропоновані аналітичні залежності, які враховують вплив параметрів процесу закатування і міцності матеріалу на інтенсивність зношування робочих органів.

Серед різних методів для збільшення тривалості робочих органів найбільш доступним і економічно вигідним є метод відновлення профілю, що включає в себе операції шліфування та наплавлення з подальшим шліфуванням для відновлення форми робочої канавки.

Список використаних джерел

1. Закочувальні машини: веб-сайт. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0 (дата звернення 02.09.2022).

2. Алюміній і сплави алюмінієві деформівні. Марки: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54205 (дата звернення 02.09.2023).

3. Банки металеві для консервів. Технічні умови: веб-сайт. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=65939 (дата звернення 10.09.2023).

4. Ya.Nemyrovskiy, I.Shepelenko, E.Posviatenko, Yu.Tsekhanov, S.Polotnyak, S.Sardak, Y. Paladiichuk. Designing the structures of solid-alloy elements for broaching the holes of significant diameter based on the assessment of their strength Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2020. № 3. (7-105), P. 57-65.

5. Кухтов В.Г., Іванова Ю.В., Лебедева І., Створення інформаційної бази для контролю якості запасних частин сільськогосподарської техніки. *Техніка і технології АПК*. 2012 №4(31). С.37-39.

6. Сідашенко О. І. Ремонт машин та обладнання: підручник. Харків. Міськдрук. 2010. 744 с.

7. Супрун Д.Г., Швець Л.В., Паладійчук Ю.Б. Ремонт машин та обладнання: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ. 2012. 85 с.

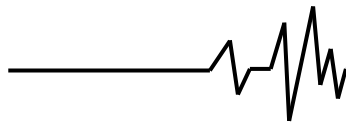
8. Лисогор В.М., Єленіч М.П., Паладійчук Ю.Б. Методологія та організація наукових досліджень в агропромисловому комплексі: монографія: за ред. Г.М. Калетніка. Вінниця: Меркьюрі – Поділля. 2013. 280 с.

9. Паладійчук Ю.Б., Гуцаленко О.В., Чорна Т.В. Методи та засоби при експлуатаційній обкатці машин та механізмів. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Серія: Технічні науки*. 2012. Вип.10. Т. 2 (59). С. 110-113.

References

1. Zakochuvalni mashyny: veb-sait. URL: https://uk.wikipedia.org/wiki/%D0%97%D0%B0%D0%BA%D0%B0%D1%82%D0%BD%D0%B0_%D0%BC%D0%B0%D1%88%D0%B8%D0%BD%D0%B0 (data zvernennya 02.09.2022). [in Ukrainian].

2. Alyuminij i splavy alyuminijevi deformivni. Marky: veb-sait. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54205 (data zvernennya 02.09.2023). [in Ukrainian].



3. Banky metal'evi dlya konserviv. Tekhnichni umovy: veb-sait. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=65939 (data zvernennya 10.09.2023). [in Ukrainian].

4. Nemyrovskiy Ya., Shepelenko I., Posviatenko E., Tsekhanov Yu., Polotnyak S., Sardak S., Paladiichuk Y. (2020). Desining the structures of solid-alloy elements for broaching the holes of significant diameter based on the assessment of their strength. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. vol. 3. no. 7-105, 57-65. [in English].

5. Kukhtov V.H, Ivanova Yu.V., Lebedieva I. (2012). Stvorennia informatsiinoi bazy dlia kontroly yakosti zapasnikh chastyn sil'skogospodars'koi tekhniki. Tekhnika i tehnolohii APK. vol.4(31). pp. 37-39. [in Ukrainian].

6. Sidashenko O. I. (2010). Remont mashyn ta obladnannia: pidruchnyk. Kharkiv. Miskdruk. 744 p. [in Ukrainian].

7. Suprun D.H., Shvets L.V., Paladiichuk Yu.B. (2012). Remont mashyn ta obladnannia: navch. posib. Vinnytsia: VNAU. 85 p. [in Ukrainian].

8. Lysogor V.M., Yelenich M.P., Paladiichuk Yu.B. (2013). Metodolohiia ta orhanizatsiia naukovykh doslidzhen v ahrapromyslovomu kompleksi: monohrafiia: za red. H.M. Kaletnika. Vinnytsia: Mercuri – Podillia. 280 p. [in Ukrainian].

9. Paladiichuk Yu.B., Hutsalenko O.V., Chorna T.V. (2012). Metody ta zasoby pry ekspuatatsiinii obkatsi mashyn ta mekhanizmiv. Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnogo aharnoho universytetu. Seriia: Tekhnichni nauky. vol.10. T. 2 (59). P. 110-113. [in Ukrainian].

EVALUATION AND IMPROVEMENT OF THE DURABILITY OF CANNING MACHINERY FOR LONG-TERM PRESERVATION OF PRODUCTS

To ensure the high quality of the canning process, having reliable equipment, including

canning machines, is critically important to avoid potential negative consequences. However, existing designs of working elements and the materials they are made of limit productivity improvement due to their limited service life. Wear of working elements such as sealing rollers, supporting plates, and canning chucks leads to a decrease in the quality of the manufactured products, downtime, and increased equipment maintenance costs.

During the research of canning machinery operation at food processing enterprises, we conducted an analysis and identified the main factors contributing to the most pronounced wear of working rollers and other components of the canning mechanism. As a result of our studies, it was determined that the most significant impact on the service life of working elements is exerted by the corrosive-aggressive environment of the food industry. As for canning rollers, wear in the form of increased width and depth of working grooves, as well as an increase in surface roughness, is characteristic.

With the use of modern technical means, we have identified an optimal methodology for evaluating the degree of wear of the working surface of canning rollers. Canning rollers typically undergo fatigue wear, which is the result of abrasive and oxidative effects of the food environment.

We analyzed various methods to enhance wear resistance and concluded that the most common methods to increase service life include:

- 1. Restoring the profile through grinding.*
- 2. Restoring the profile through welding and subsequent grinding.*
- 3. Strengthening the profile through spraying.*
- 4. Using stronger materials.*

Keywords: *canning rollers, food processing industry, tin can, canning, wear, corrosion.*

Відомості про авторів

Паладійчук Юрій Богданович – кандидат технічних наук, доцент кафедри «Агроінженерії та технічного сервісу» Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: rewet@vsau.vin.ua).

Стецюк Павло Миколайович – магістр зі спеціальності «208 Агроінженерії», Інженерно-технологічного факультету Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: stetsiyk.pavel@gmail.com).

Paladiychuk Yuriy – Candidate of Science (Engineering), Associate Professor of the Department of Agroengineering and Technical Service of Vinnitsa National Agrarian University (3 Soniachna St., Vinnitsa, 21008, Ukraine, e-mail: rewet@vsau.vin.ua).

Stetsyuk Pavlo – Master of Science specializing in "208 Agricultural Engineering" from the Engineering and Technology Faculty of Vinnytsia National Agrarian University (3 Sonaichna Street, Vinnytsia, 21008, Ukraine, email: stetsiyk.pavel@gmail.com).