



Міністерство освіти і науки України
Миколаївська обласна державна адміністрація
Національний університет біоресурсів і
природокористування України
Національний технічний університет України "КПІ"
Кіровоградський національний технічний університет
Миколаївський національний аграрний університет

ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ - 2015

МАТЕРІАЛИ

XI Міжнародної науково-практичної конференції

молодих учених, аспірантів і студентів

м. Миколаїв, 22-24 вересня 2015 року

PROSPECTIVE TECHNICS AND TECHNOLOGIES – 2015 MATERIALS

**XI-th International Scientific and Practikal Conference of
Young Scientists, Post–Graduate Students and Students
«Advanced Equipment and Technologies», 2015**

Mykolaiv, 22-24 september 2015

**2015, Mykolaiv national agrarian university. Faculty of Engineering
and Energy**

**Миколаїв
2015**

УДК 631.3:338.43
ББК 3+65.32-4
П27

Рекомендовано до друку рішенням вченої ради інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету. Протокол № 1 від 21.09.2015 р.

Редакційна колегія:

Головний редактор: Д.В. Бабенко, к.т.н., професор

Заступники головного

редактора: В.І. Гавриш, д.е.н., к.т.н., професор

К.В. Дубовенко, д.т.н., професор

Л.В. Вахоніна, к.ф.-м.н., доцент

К.М. Горбунова, к.пед.н., доцент

Г.О. Іванов, к.т.н., доцент

О.О. Плахтир, к.т.н., доцент

Відповідальний секретар: Д.Д. Марченко, к.т.н., асистент.

Перспективна техніка і технології – 2015 : матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції молодих учених, аспірантів і студентів, 22-24 вересня 2015 р., м. Миколаїв / Міністерство освіти і науки України; Миколаївський національний аграрний університет. – Миколаїв : МНАУ, 2015. – 255 с.

УДК 631.3:338.43
ББК 3+65.32-4
П27

Зареєстровано в УкрІНТЕІ,
посвідчення №673, від 25.11.2014р.

© Миколаївський національний
аграрний університет, 2015

ОРГКОМІТЕТ

Президія оргкомітету

Голова:

- **В.С. Шебанін** – ректор Миколаївського національного аграрного університету, д.т.н., професор.

Співголови:

- **О.Є. Новіков** – проректор з наукової роботи Миколаївського національного аграрного університету, д.е.н., професор.

- **М.І. Чорновол** – ректор Кіровоградського національного технічного університету, д.т.н., професор;

- **К.М. Горбунова** – в.о. декана інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету, к.пед.н., доцент;

- **О.В. Піскун** – в.о. директора, заступник директора департаменту агропромислового розвитку Миколаївської обласної державної адміністрації.

Склад організаційного комітету

Члени організаційного комітету:

- **А.І. Бойко** – д.т.н., професор завідувач кафедри надійності техніки Національного університету біоресурсів і природокористування України;

- **Євген Красовський** – д.т.н., професор кафедри мобільних машин і двигунів Люблінської сільськогосподарської академії (м. Люблін, Польща);

- **Р.Ю. Соловйов** – к.т.н., доцент замісник директора з наукової роботи Всеросійського науково-дослідного технологічного інституту ремонту і експлуатації машино-тракторного парку (м. Москва, Росія);

- **А.І. Свірідьонк** – д.т.н., професор, головний редактор журналу «Трение и износ» науково-дослідного центру проблем ресурсозбереження НАН Білорусії (м. Гродно, Білорусь);

- **Арвідас Вільде** – д.т.н., професор, завідувач кафедри інженерного факультету Латвійського сільськогосподарського університету (м. Елгава, Латвія);

- **Л.В. Вахоніна** – к.ф-м.н., доцент, заступник декана з навчальної роботи інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету.

Відповідальний секретар організаційного комітету:

- **Д.Д. Марченко** – к.т.н., асистент, заступник декана з наукової роботи інженерно-енергетичного факультету Миколаївського національного аграрного університету.

The Presidium of the Organization Committee

The Head of the Committee:

- **V.S. Shebanin** – President of the Mykolayiv National Agrarian University, Ph.D (Engineering), Professor.

Subheads of the Committee:

- **O.E. Novikov** – Vice-president of scientific work of the National Agrarian University professor Ph.D, Professor
- **M.I. Chornovol** – President of the Kirovograd National Technical University, professor.
- **K.M. Gorbunova** - Acting Dean of the Faculty of Engineering of the energy Mykolayiv State Agrarian University, candidate of pedagogical sciences, associate professor;
- **A.V. Piskun** - Acting Director, Deputy Director of the Agricultural Development of the Mykolaiv Regional State Administration.

The Staff of the Organization Committee:

The Members of the Organization Committee:

- **A.I. Boyko** - Professor Head of the Department of reliability engineering National University of Life and Environmental Sciences of Ukraine;
- **Eugene Krasovsky** - Ph.D., Professor, Department of mobile machines and engines Lublin Agricultural Academy (c. Lublin, Poland);
- **R.Y. Solovyov** - Ph.D., Associate Professor, Deputy Director for Science of the Russian Research Institute of Technology, repair and maintenance of machines and tractors (c. Moscow, Russia);
- **A.I. Sviridonok** - professor, chief editor of "friction and wear" Research Center of Resources Saving Problems of NAS of Belarus (c. Grodno, Belarus);
- **Arvydas Wilde** - Professor, Head of the Faculty of Engineering, University of Agriculture of Latvia (c. Jelgava, Latvia);
- **L.V. Vakhonin** - Ph.D., Associate Dean for Academic Affairs, Faculty of Engineering and Energy Mykolayiv State Agrarian University.

The Executive Secretary of the Organization Committee:

- **D.D. Marchenko** - Ph.D., Assistant Professor, Deputy Dean for Research, Engineering and Energy Department Mykolayiv State Agrarian University.

ПРИЧИНИ ЗНОШУВАННЯ ПАР ТЕРТЯ ТА МЕТОДИ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ ДОВГОВІЧНОСТІ ОБКАТУВАННЯМ РОЛИКАМИ

*Д. Д. Марченко, кандидат технічних наук, асистент
Миколаївський національний аграрний університет*

В статті приведені результати аналізу причин зношування канатних блоків. Встановлено, що блоки зношуються в результаті контактного навантаження поверхонь тертя, та в більшості випадків руйнування починається в поверхневому шарі, а опір йому визначається якістю поверхневого шару. Було запропоновано технологію зміцнення профілю канатних блоків за допомогою обкатування клиновим роликом, що дозволило підвищити їх довговічність у 3 – 4 рази.

Ключові слова: пара тертя, обкатування роликом, зміцнення, канатний блок, канат.

У канатних блоках під час експлуатації канат взаємодіє з поверхнею його струмка і за рахунок пружної деформації і кручення під дією розтягуючого навантаження проковзує і обертається відносно власної вісі, що призводить до різних видів ушкодження: знос струмка, появи тріщин, відколи реборд, загальні деформації і інші дефекти.

Фундаментальний внесок у теорію, розрахунок і конструювання пари тертя «канатний блок – канат» внесли дослідження М. Ф. Глушко [1], М. К. Гончаренко, П. П. Нестерова, В. Т. Козлова, М. М. Хальфіна, Н. К. Хорходіна, В. А. Рижикова, В. О. Веселовський, А. А. Короткий та ін.

Блоки виготовляють з чавуну, сталі литими, штампованими і зварними [2]. Використання чавуну для литих блоків підвищує зносостійкість блоку на 10 – 12% в порівнянні із сталевим. Зношені чавунні канатні блоки (СЧ 15 – 32) замінюють блоками із сталі – 25Л [3].

Для зменшення зносу каната шорсткість поверхні струмка має бути не вища $R_z = 20$ мкм. Діаметр канатних струмків блоків в результаті зношування не має бути менше значень, приведених нижче.

Діаметр каната d , мм	Від 14 до 28	Від 28 до 35	Понад 35
Діаметр канавки, мм	$d + 1,5$	$d + 2,5$	$d + 4$

При загальному зносі струмків канатного блоку або при появі неоднакового зносу струмків, що викликає прослизання канатів під час експлуатації блок має бути проточений або замінений новим.

Основним критерієм придатності канатного блоку і подальшої експлуатації є величина його тягової здатності. Тягова здатність канатних блоків залежить від цілого ряду чинників: форми струмка, шорсткості поверхні струмків, зносу канатів, наявності мастила, нерівномірності навантаження окремих канатів. Необхідність ремонту або заміни блоку можна встановити по глибині радіального зносу струмка, при якій фактична тягова здатність блоку стає менше потрібної тягової здатності. Іншим чинником діагностування, що визначає працездатність канатного блоку, слід рахувати допустиму різницю в радіусах охоплення канатного блоку декількома канатами, обумовлену нерівномірним зносом струмків блоку. Вказаний чинник є причиною пробуксовування окремих канатів на блоці, що істотно зменшує термін служби тягового вузла (канатний блок – канат).

При наддопустимому зносі струмка канатні блоки і напівблоки $\varnothing > 900$ мм підлягають заміні. Струмки блоків $\varnothing < 900$ мм допускається відновлювати наплавленням з подальшим відпалом. Профіль струмка перевіряють шаблоном і потім роблять поверхневе загартування. Місцевий злам стінки струмка завдовжки до 300 мм блоку $\varnothing = 1400$ мм допускається відновлювати тільки в одному місці приварюванням вставки і зачисткою урівень з початковим контуром струмка.

За наявності тріщин, що проходять через обід, блоки і напівблоки бракуються. Блоки не допускається до експлуатації за наявності тріщин на ребордах або спицях, а також відколу на ребордах або відбитку каната на

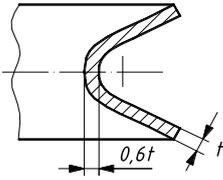
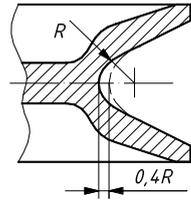
струмку. Радіальне биття канатного блоку по струмку при діаметрі від 450 до 800 мм не повинне перевищувати 0,2 мм, при діаметрі від 800 до 1000 мм – не більше 0,25 мм.

Вироблення струмка і реборд, зношування осей і втулок, посадочні поверхні канатних блоків викликає заїдання підшипників блоку або косе натягнення каната. При косому натягненні каната (при великій девіації) відбувається одностороннє вироблення бічної поверхні реборд канатного блоку.

Канатні блоки підлягають заміні досягнувши граничного зносу, згідно табл. 1.

Таблиця 1

Граничний знос канатних блоків

Граничний знос	Схема
Блоки канатні зварні: зменшення товщини обода блоку в місці максимального зносу на $0,4t$	
Блоки канатні литі: робоча поверхня спрацьована на глибину до $0,4R$	

Якщо канат не здатний змінювати свою форму належним чином, то сила тертя між канатним блоком і тросом зростає, що призводить до швидкого зносу як каната, так і струмка блоку [4].

Знос струмка і реборд канатних блоків, як правило, виникає, якщо заїдають підшипники блоку або криво натягнутий канат (великі кути девіації). Коли підшипники погано змащені і їх заїдає, канат ковзає по блоку, що в умовах абразивного середовища (пил, пісок) призводить до швидкого вироблення струмка або реборд блоку. Особливо швидко

виробляються блоки. Для зменшення зношування та підвищення довговічності канатних блоків і канатів практикується футерувати жолоб пластмасами, деревом, текстолітом, резиною, капроном, алюмінієм та іншими матеріалами. При цьому строк служби збільшується в 2 – 2,5 рази. Але, така обробка ускладнює технологію, підвищує вартість канатних блоків та у зв'язку зі значним ускладненням конструкції блоку це доцільно тільки тоді, коли канат внаслідок великої довжини або складної конструкції відносно дорожче блоків і економічно вигідніше збільшити його довговічність [5].

Відновлення блоків за допомогою автоматичного наплавлення, зварювання, електромеханічного способу, гальванічного нарощування та ін. є дуже економічно та матеріально затратними, тому доцільніше проводити заходи щодо зміцнення канатних блоків і підвищення їх довговічності.

Отже, багато способів і методів ефективні для одних умов роботи деталей (рівномірне навантаження, відсутність абразивного зношування та ін.), виявляються малоефективними в інших (ударний характер навантаження, великі питомі навантаження, абразивне зношування і т. п.). Але для великої кількості підприємств обладнання, наприклад для загартування і цементації, є економічно невиправданим і тому завжди постає питання техніко-економічної доцільності його придбання.

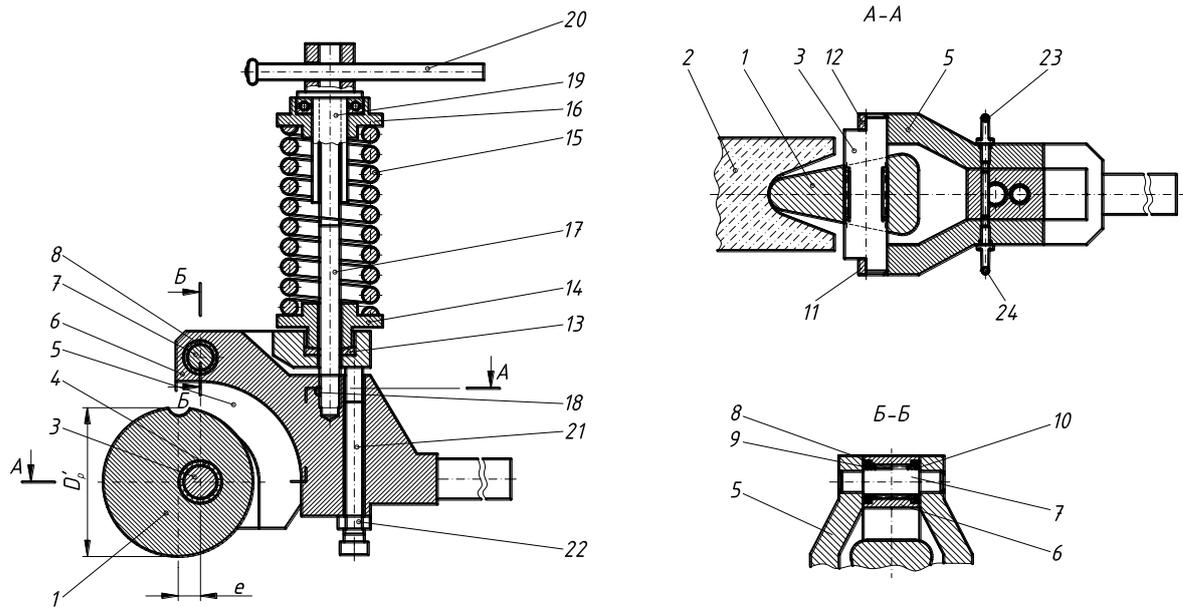


Рис. 1. Пристрій для обкатування канатних блоків клиновим роликом:

- 1 – ролик; 2 – обкатувана деталь; 3, 7 – вісь; 4, 8, 9, 10 – підшипники;
 5 – важіль; 6 – кронштейн; 11, 12 – планки; 13 – сферична шайба;
 14 – втулка; 15 – пружина; 16 – втулка; 17 – тяга; 18 – штифт;
 19, 22 – гайка; 20 – рукоятка; 21 – гвинт; 23, 24 – рим болти

При вирішенні питання про доцільність зміцнення і відновлення деталей слід виходити з технічної можливості даного підприємства забезпечити працездатність деталі після її зміцнення і відновлення протягом міжремонтного строку служби вузла, в який входить деталь, і економічної доцільності зміцнення і відновлення.

Тому, найбільш економічно ефективним і технологічно доцільним методом зміцнення канатних блоків є обкатування роликами. Нами розроблена технологія і пристрій для обкатування канатних блоків клиновим роликом (див. рис. 1).

Розроблено пристрій і технологію обкатування канатних блоків клиновим роликом, що забезпечує низьку шорсткість і високий ступінь наклепування поверхні [6]. Цей ефект досягається в результаті зберігання постійного середнього кута φ втискування ролика в оброблювану поверхню і встановлення роликового вузла на опорах кочення [7]. Це

сприяє рівномірній деформації поверхневого шару за відсутності хвилястості і призводить до підвищення зносостійкості і контактної міцності, а отже і довговічності канатних блоків.

Література

1. Глушко М. Ф. Стальные подъемные канаты / М. Ф. Глушко. — К. : Техника, 1966. — 327 с.
2. Справочник по кранам : в 2-х т. / [В. И. Брауде, М. М. Гохберг, И. Е. Звягин и др.] ; под ред. М. М. Гохберга. — М. : Машиностроение, 1988. — Т. 1: Характеристики материалов и нагрузок. Основы расчета кранов, их приводов и металлических конструкций. — 1988. — 536 с.
3. Волошин В. И. Влияние износа блоков на работу подъемных канатов / В. И. Волошин // Подъемно-транспортное оборудование. — К. : Техніка, 1986. — №17. — С. 65—66.
4. Іванченко Ф. К. Підйомно-транспортні машини / Ф. К. Іванченко. — К. : Вища шк., 1993. — 413 с.
5. Спицына Д. Н. Динамика кранов с жестким подвесом груза / Д. Н. Спицына, К. В. Поликарпов. — М. : МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2009. — 184 с.
6. Пат. 93252 Україна, МПК В 24 В 39/04. Спосіб чистової та зміцнюючої обробки поверхонь тіл обертання складного профілю і пристрій для його здійснення / Б. І. Бутаков, В. С. Шибанін, Г. С. Бутакова, Д. Д. Марченко ; заявник і патентовласник Миколаївський державний аграрний університет. — № а200815098 ; заявл. 29.12.2008 ; опубл. 12.07.2010, Бюл. № 13.
7. Бутаков Б. И. Разработка технологии обкатывания роликами стальных деталей с целью повышения их контактной прочности / Б. И. Бутаков, Д. Д. Марченко // Праці Таврійської державної агротехнічної академії. — Мелітополь, 2007. — Вип. 7, Т. 5. — С. 138—150.

Причины изнашивания пар трения и методы повышения их долговечности обкатыванием роликами. Д. Д. Марченко

В статье приведены результаты анализа причин износа канатных блоков. Установлено, что блоки изнашиваются в результате контактной нагрузки поверхностей трения, и в большинстве случаев разрушения начинается в поверхностном слое, а сопротивление ему определяется качеством поверхностного слоя. Было предложено технологию упрочнения профиля канатных блоков с помощью обкатывания клиновым роликом, что позволило повысить их долговечность в 3 - 4 раза.

Causes of wear of friction pairs and methods to improve their durability rolling by rollers.

D. D. Marchenko

The results of the analysis of the causes of deterioration of pulleys. It is found that blocks wear out as a result of the contact load of the friction surfaces, and in most cases destruction begins in the surface layer, and the resistance to it is defined as a surface layer. It was suggested that the technology of hardening Profile pulleys using rolling wedge roller, thus improving the durability of 3 - 4 times.

УДК 631.355

ОБГРУНТУВАННЯ КІНЕМАТИЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ПОДРІБНЮВАЛЬНОГО АПАРАТУ ПРОТЯГУВАЛЬНОГО ТИПУ

М.В. Завірюха, пошукач

М.Ю. Шатохін, пошукач

Миколаївський національний аграрний університет

В статті проведено обґрунтування законів руху робочих органів протягувального різального апарату. Обґрунтовано особливості зміни швидкості різання та знайдені мінімально- та максимально допустимі швидкості різання, які відповідають сталому протіканню технологічного процесу збирання кукурудзи.

Ключові слова: різання, протягування, швидкість, траєкторія

Постановка проблеми. Не зважаючи на використання людиною технологічного процесу різання лезом з давніх часів і широке розповсюдження його не лише в сільському господарстві, але й інших галузях промисловості, до теперішнього часу немає узагальнення всіх

багатосторонніх аспектів раціонального використання цього процесу з урахуванням його багатогалузевого розповсюдження. Праці В.П. Горячкіна [1, 2], В.А. Желіговського [3], І.І. Капустіна [4], Н.В. Саблікова [5], Г.І. Бремера [6], А.А. Івашко [7], Н.Е. Резніка [8] та інших авторів присвячені багатьом актуальним питанням теорії різання лезом. Однак розроблялись дані теорії з використанням теоретичних засад обробітку схожих матеріалів, які приймаються як узагальнені, але це у більшості випадків не відповідає дійсності.

У згаданих вище та багатьох інших працях з теорії різання лезом є ряд розбіжностей, суперечностей і похибок. Частина з них, безсумнівно, виникла внаслідок запозичення деяких положень з теорії різання металів і деревини без достатнього врахування особливостей процесу різання лезом. Тим часом зазначені праці створюють основу для сучасного узагальнення і розвитку теорії різання лезом як універсальної теорії, в якій різноманітність видів і властивостей оброблюваних матеріалів становить лише часткові умови і випадки, що враховуються узагальненими основами та положеннями цієї теорії.

При обґрунтуванні конструктивних та кінематичних параметрів робочих органів кукурудзозбиральних машин виникають питання з відсутністю теоретичного обґрунтування такого процесу як протягувальне різання. Саме ріжучі апарати протягувального типу за своїми ознаками не входять не в одну із розроблених класифікаційних схем, однак розгляд деяких питань їх теорії та розрахунку становить цікавість при розгляді питань протягування стебел кукурудзи при її збиранні з одночасним їх деформуванням (змінанням).

Робочий рух лез ножів апарату протягувального типу при роботі збиральних машин представляє собою криволінійну поверхню, у перетині має форму, частині петлі трохоїди. Це обумовлено тією обставиною, що в процесі різання ножі не тільки входять в матеріал, але й протягують його, описуючи при цьому коло навколо осі бітера, ребром якого вони є (рис. 1).

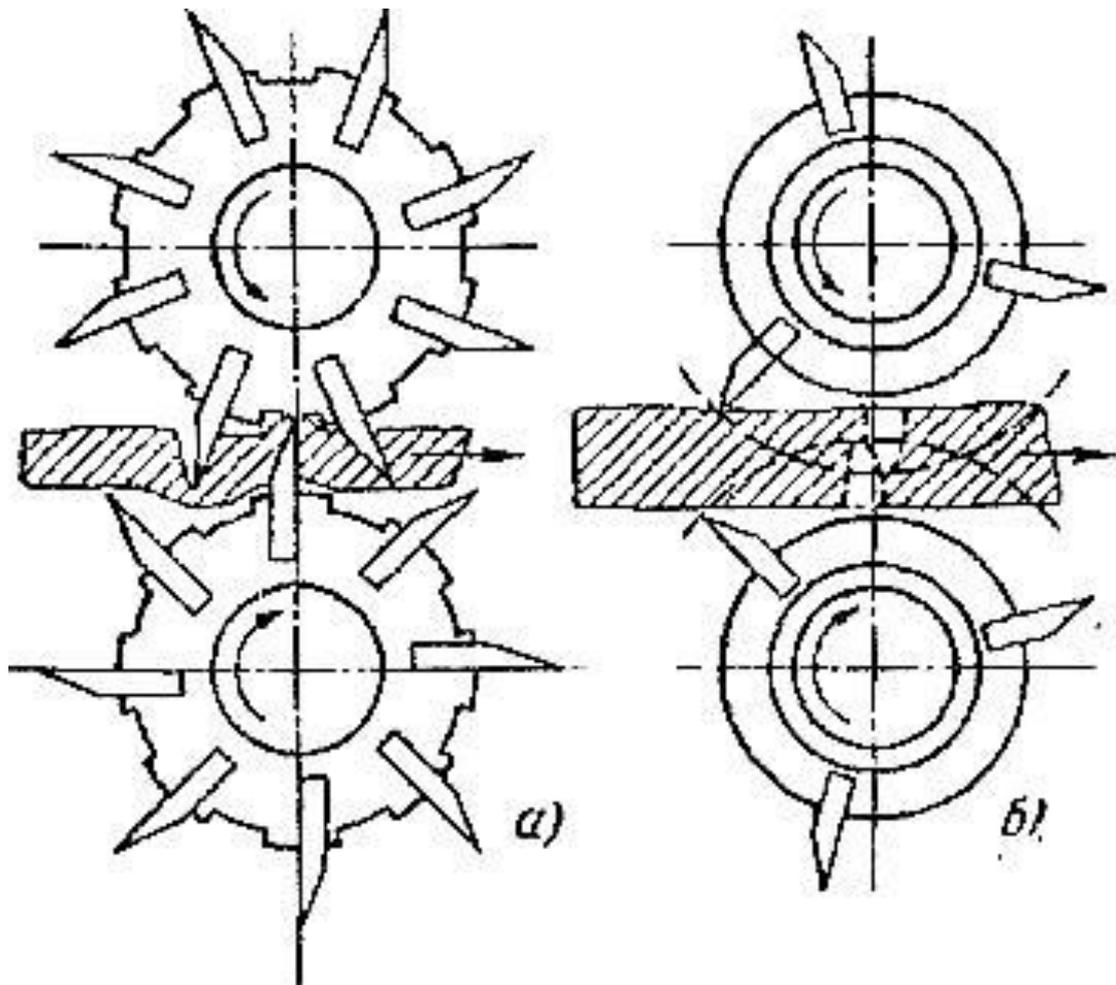


Рис. 1. Ріжучі апарати протягувального типу: а - для подрібнення листостеблової маси; б - для нарізування стебел на довгі відрізки

Можна розрізнити два основні типи апаратів протягувального типу:

- в першому (рис. 1, а) ножі одного бітера в процесі різання потрапляють в міжножевий простір іншого парного йому бітера;
- у другому (рис. 1, б) ножі обох бітерів зустрічаються з певним перекриттям лез в матеріалі.

В апараті першого виду різання завершується в момент співпадання ножа одного бітера з серединою міжножевого простору іншого бітера, в апараті другого виду різання завершується при перекритті лез ножів обох бітерів з мінімально можливим зазором.

У процесі різання і прокатування кут входження лез апарату протягувального типу весь час змінюється відносно поверхні розрізу,

внаслідок чого фаски леза разом з необхідним стисненням виконують зминання матеріалу. Процес зминання необхідний для апаратів, які використовують роторні різальні пристрої, для зменшення жорсткості стебла і як наслідок – зменшення енергоємності процесу різання при подрібненні листостеблової маси.

Аналіз останніх досліджень. А. Д. Безпам'ятнов [9], розглядаючи взаємодію ножа протягувального апарату з подрібненим стеблом, виразив залежність зусилля $P_{зм}$ зминання його лезом від величини кута α повороту ножа наступною формулою:

$$P_{зм} = \eta [R_{\phi} (\cos 2\alpha - \cos 2\alpha_0) - L(\cos \alpha - \cos \alpha_0)],$$

де η - коефіцієнт опору стебла зминанню лезом;

R_{ϕ} - радіус бітера по краях леза;

α - кут поточного знаходження ножа;

α_0 - кут зустрічі леза ножа зі стеблом;

L - відстань між осями бітерів.

З формули видно, що істотне значення для зусилля зминання, що не включає в себе ще зусилля різання, мають кути α і α_0 , що характеризують постійну зміну зусилля зминання $P_{зм}$ не тільки за рахунок входження леза в матеріал, але й за рахунок зміни його частини, що йде на непродуктивне - супутнє зминання стебла від повороту леза в утвореному ним перерізі.

Для протягувальних апаратів більш характерними є нарізаючі робочі органи, що знайшли широке застосування в кукурудзозбиральних машинах. Цікавість представляють такі елементи кінематики різального апарату, як абсолютна траєкторія його ножів, їх відносна траєкторія в перерізаному матеріалі, залежність швидкості різання і довжини відрізків матеріалу від геометричних і кінематичних параметрів апарату і т.п. Нами [10] виявлені деякі теоретичні передумови, що керують процесом різання протягувального апарату.

Мета статті. Провести обґрунтування законів руху робочих органів протягувального різального апарату. Обґрунтувати особливості зміни швидкості різання та знайдені мінімально- та максимально допустимі швидкості різання, які відповідають сталому протіканню технологічного процесу збирання кукурудзи.

Виклад основного матеріалу. Ножі 1 (рис. 2) лівого та правого бітерів при обертанні зі швидкістю t_0 захоплюють шар 2 листостеблової маси, потім зминають і протягують її, одночасно проникаючи в неї і при зустрічі утворюючи ріжучу пару, розрізають шар листостеблової маси. Продовжуючи обертатися після розрізання шару, ножі 1 виконують також розкидаючу дію, викидаючи відрізані частини стебел з апарату на транспортуючі або подрібнювальні органи. Абсолютна траєкторія руху кромки леза в координатах x - y може бути представлена рівняннями окружності:

- для верхнього ножа:

$$x^2 + \left[y - \left(R - \frac{s}{2} \right) \right]^2 = R^2,$$

- для нижнього ножа:

$$x^2 + \left[y + \left(R - \frac{s}{2} \right) \right]^2 = R^2,$$

де R - радіус бітера по лезах;

s - перекриття лез.

Кромка леза ножа 1, обертаючись по колу радіуса R з кутовою швидкістю ω , має колову швидкість $v_{\text{кол}}$. Ця швидкість може бути розкладена на складові v_x і v_y :

$$v_y = v_{\text{кол}} \sin \varphi, \quad v_x = v_{\text{кол}} \cos \varphi,$$

де φ - кут поворотів верхнього і нижнього ножів від моментів зіткнення їх лез з матеріалом до моменту на осі y .

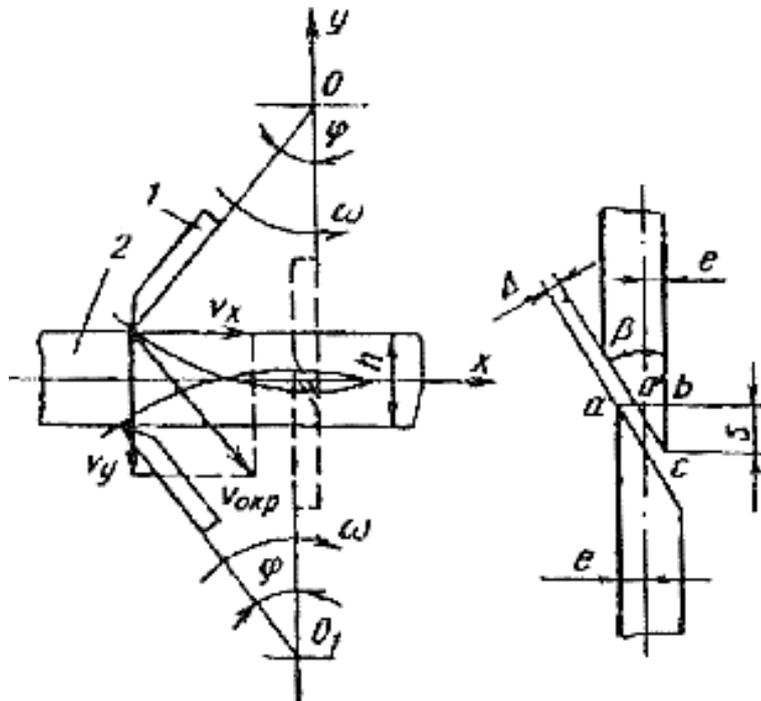


Рис. 2. Схеми для аналізу роботи різального апарату протягувального типу

Складова v_y являє собою швидкість вертикального переміщення кромки леза, складова v_x - швидкість протягування стебла ножами або швидкість переміщення стебла в напрямі осі x без урахування його ковзання по робочим органам.

Довжина відрізків при нарізуванні матеріалу апаратами протягувального типу значною мірою залежить від швидкості ω його подачі. Аналіз роботи розглянутого апарату показує, що мінімальна довжина відрізків буде за умови, якщо швидкість подачі матеріалу менше складової v_x , тобто $\omega < v_x$, максимальна довжина - при $\omega > v_x$. Однак за останньої умови технологічний процес буде протікати ненормально, так як матеріал буде вприратися в грані ножів і відхилитися від напрямку подачі і прокатування.

Для визначення траєкторії і швидкості руху кромки леза ножа в розрізати матеріалі приймемо, що ножі ріжучої пари мають однакову різальну здатність [11]. Тоді траєкторія лез ножів в шарі буде являти собою подовжену циклоїду (трохоїду) (рис. 3), рівняння якої для верхнього бітера в параметричній формі в нерухомих осях координат Ox і Oy буде:

$$\begin{cases} x = R \sin(\varphi_0 - \omega t) - r\omega t, \\ y = r - R \cos(\varphi_0 - \omega t), \end{cases} \quad (1)$$

де φ_0 - кут повороту бітера від моменту дотику леза з шаром до суміщення ножів з віссю y ;

t - час, за який бітер повернувся на кут ωt ;

$$r = R - \frac{h + s}{2};$$

h - товщина шару листостеблової маси, що розрізається;

s - перекриття лез, яке з практики та досліджень для кукурудзозбиральних машин має бути прийняте 9-12 мм.

Перекриття s є величиною, залежною від параметрів лез і взаємного розташування ножів ріжучої пари. Для визначення s звернемося до схеми на рис. 3.

$$s = bc = \frac{a'b}{\operatorname{tg}\beta} = \frac{ab - aa'}{\operatorname{tg}\beta},$$

де β - кут заточування ножів.

Так як $ab = 2e$ (де e - ексцентриситет ножів відносно осі бітерів) і

$$aa' = \frac{\Delta}{\cos\beta}$$

де Δ - зазор між ножами.

$$s = \frac{2e - \frac{\Delta}{\cos\beta}}{\operatorname{tg}\beta}.$$

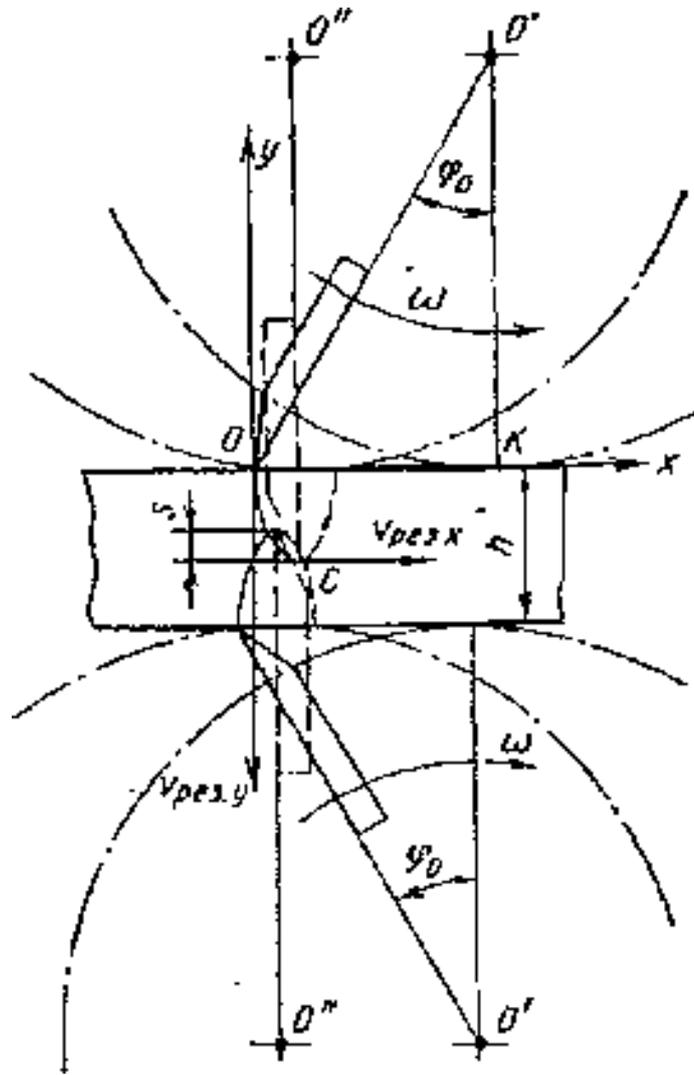


Рис. 3. Траєкторія ножів різального апарату

Рівняння руху лез нижнього ножа в матеріалі будуть аналогічні виразам (1). Швидкість переміщення кромки леза в матеріалі є швидкістю різання $v_{різ}$. Напрямок швидкості $v_{різ}$ співпадає з напрямком перерізу матеріалу і визначається дотичною до траєкторії руху кромки. За величиною швидкість $v_{різ}$ дорівнює похідній від шляху за часом, тобто

$$v_{різ} = \frac{ds}{dt} = \sqrt{v_{різ x}^2 + v_{різ y}^2},$$

де

$$v_{різ x} = R\omega \cos(\varphi_0 - \omega t) - r\omega, \quad v_{різ y} = -R\omega \sin(\varphi_0 - \omega t).$$

Відповідно

$$v_{piz} = \sqrt{(R\omega \cos(\varphi_0 - \omega t) - r\omega)^2 + (-R\omega \sin(\varphi_0 - \omega t))^2} = \omega \sqrt{R^2 - 2Rr \cos(\varphi_0 - \omega t) + r^2}, \quad (2)$$

$$\text{де} \quad \cos(\varphi_0 - \omega t) = \cos \varphi_0 \cos \omega t + \sin \varphi_0 \sin \omega t. \quad (3)$$

З трикутника ОО'К

$$\cos \varphi_0 = \frac{r}{R}, \quad \sin \varphi_0 = \sqrt{1 - \left(\frac{r}{R}\right)^2}. \quad (4)$$

З урахуванням формул (3) і (4) вираз (2) можна записати у вигляді:

$$v_{piz} = \omega \sqrt{R^2 - 2r(r \cos \omega t + \sqrt{R^2 - r^2} \sin \omega t) + r^2} = \omega \sqrt{R^2 - r^2 \left(2 \cos \omega t + \frac{2\sqrt{R^2 - r^2} \sin \omega t}{r}\right) + 1}. \quad (5)$$

Цей вираз показує, що зі збільшенням кутової швидкості ω , радіуса R кола по лезах ножів, товщини h листостеблової маси та перекриття s лез швидкість v_{piz} збільшується. Ця швидкість змінюється разом з кутом повороту ножа ωt . Кут ωt змінює своє значення від нуля в момент дотику кромки леза з матеріалом в точці О до φ_0 в момент кінця різання в точці С. Максимальне значення v_{piz} буде при $\omega t=0$:

$$v_{piz \max} = \omega \sqrt{R^2 - r^2} = \omega \sqrt{(h+s) \left(R - \frac{h+s}{2}\right)}. \quad (6)$$

Мінімальне значення швидкості різання буде при $\omega t=\varphi_0$. При цьому вираз (127) з урахуванням (129) набуде вигляду

$$v_{piz \min} = \omega(R-r) = \omega \frac{h+s}{2}. \quad (7)$$

Визначимо $v_{piz \max}$ і $v_{piz \min}$ для деяких реальних умов: $R=0,16$ м; $n=300$ об/хв; $h=0,05$ м; $s=0,015$ м.

$$v_{piz \max} = \frac{3,14 \cdot 300}{30} \sqrt{(0,05 + 0,015) \left(0,16 - \frac{0,05 + 0,015}{2}\right)} = 2,86 \text{ м/с.}$$

$$v_{piz \min} = \frac{3,14 \cdot 300}{30} \left(\frac{0,05 + 0,015}{2}\right) = 1,02 \text{ м/с.}$$

Розглянутий приклад показує, що максимальна швидкість різання в різальних апаратах протягувального типу значно менше, ніж в подрібнюючих апаратах інших типів, що мають швидкість різання близько 35-60 м/с.

Для чистоти зрізу шару рослинного матеріалу істотне значення мають величини складових швидкості v_{pi3} різання:

$$v_{pi3\ y} = -R\omega \sin(\varphi_0 - \omega t).$$

Якщо врахувати, що

$$\sin(\varphi_0 - \omega t) = \sin \varphi_0 \cos \omega t - \cos \varphi_0 \sin \omega t,$$

і вираз (4), то

$$v_{pi3\ y} = -\omega(\sqrt{R^2 - r^2} \cos \omega t - r \sin \omega t). \quad (8)$$

У точці O, де $\omega t = 0$,

$$v_{pi3\ y} = -\omega\sqrt{R^2 - r^2} = -\omega\sqrt{(h+s)\left(R - \frac{h+s}{2}\right)}, \quad (9)$$

$$v_{pi3\ x} = 0,$$

при цьому кут між напрямком швидкості різання v_{pi3} і її вертикальної складової $v_{pi3\ y}$ дорівнює нулю, так як

$$\cos(\overline{v_{pi3}}; j) = \frac{v_{pi3\ y}}{|v_{pi3}|} = 1$$

Отже, на початку різання вертикальна складова $v_{pi3\ y}$ за величиною і напрямком дорівнює швидкості різання, тобто

$$v_{pi3} = v_{pi3\ y} = v_{pi3\ max}$$

При $\omega t = \varphi_0$ $v_{pi3\ y} = 0$, а горизонтальна складова швидкості різання може бути виражена рівнянням:

$$v_{pi3\ x} = R\omega \cos(\varphi_0 - \omega t) - r\omega,$$

якщо врахувати вирази (3) і (4), то

$$v_{\text{риз } x} = \omega(R - r) = \omega \frac{h + s}{2}. \quad (10)$$

т. е, в точці С при $\omega t = \varphi_0$ швидкість різання є мінімальною, за величиною рівною горизонтальній складовій:

$$v_{\text{риз}} = v_{\text{риз } x} = v_{\text{риз } \min}$$

Аналіз рівнянь (8), (9) і (10) показує, що складова швидкості різання $v_{\text{риз } x}$ не залежить від діаметра бітера по лезах і спрямована уздовж шару стебел, що перерізається сприяючи їх розщепленню вздовж волокон. Подрібнення листостеблової маси кукурудзи (на силос) з розщепленням є неприпустимим за агротехнічними вимогами. У точці С горизонтальна складова швидкості різання досягає максимальної величини. Для зменшення $v_{\text{риз } x}$ необхідно створити такі умови, при яких різання закінчувалося б не у точці С, де $v_{\text{риз } y} = 0$, $v_{\text{риз}} = v_{\text{риз } x} = \omega \frac{h + s}{2}$ і $\omega t = \varphi_0$, а дещо раніше, при $\omega t < \varphi_0$, коли $v_{\text{риз } y} > 0$. Це можливо при наявності перекриття лез, тобто $s > 0$. Якщо врахувати прийняту умова, що ножі ріжучої пари мають однакову ріжучу здібність, то при наявності перекриття лез подрібнення листостеблової маси має закінчитися в точці перетину траєкторій руху їх кромки. Траєкторія руху кромки при цьому розглядається в єдиній системі координат.

Збільшення вертикальної складової швидкості різання $v_{\text{риз}}$ може бути досягнуто за рахунок збільшення: кутової швидкості ω , радіусу R бітерів, товщини h шару листостеблової маси і перекриття s лез.

Висновки. Таким чином, в подрібнювальних апаратах протягувального типу швидкість різання направлена по дотичній до траєкторії руху кромки леза ножа в листостебловій масі і змінюється по закону, вираженого рівнянням (5). Траєкторія руху лез в матеріалі являє собою трохойду. Швидкість різання приймається максимальною в момент

початку проникнення ножа в листостеблову масу і має напрямок, що збігається з вертикальною складовою цієї швидкості. Швидкість різання є мінімальною в момент кінця подрібнення шару матеріалу. Максимальне і мінімальне значення швидкості різання визначаються виразами (6) і (7).

Література

1. Горячкин В.П. Теория ручных ножниц. – В. кн.: Теория, конструкция и производство сельскохозяйственных машин. Под ред. В.П. Горячкина. Т.4. М.—Л.: Сельхозизд, 1965, с.294-300.
2. Горячкин В.П. Собрание сочинений. Под ред. Н.Д. Лучинского. Изд 2-е. Т.3. М.: Колос, 1968, с.26-133.
3. Желиговский В.А. Экспериментальная теория резания лезвием. Труды МИМЭСХ. Вып. 9. М., 1940, 27 с.
4. Капустин И.И. Резание и режущий инструмент в кожевно-обувном производстве. М.: Гизлегпром, 1950, 172 с.
5. Сабликов Н.В. Исследование процесса резания стеблей ножами соломосилосорезок. Труды Ташкентского института механизации сельского хозяйства. Вып. 6. Ташкент, 1957, с.106-149.
6. Бремер Г.И. Основы теории резания лезвием и расчет режущих машин животноводческих ферм. М.: ВСХИЗО, 1963, 75 с.
7. Ивашко А.А. Вопросы теории резания органических материалов лезвием. – Тракторы и сельхозмашины», 1958. №2, с.34-37.
8. Резник Н.Е. Теория резания лезвием и основы расчета режущих аппаратов. М.: Машиностроение, 1975, 311 с.
9. Беспмятников А.Д. Исследование рабочего процесса и обоснование параметров измельчающего аппарата универсальной кукурузоуборочной машины. Автореферат диссертации на соискание ученой степени канд. техн. наук. Краснодар, 1971, 25 с.

10. Резник Н.Е., Бухаркин В.Н., Попов Б.А. К определению кинематических параметров нарезающих аппаратов тросниковоуборочных машин. – Тракторы и сельхозмашины, 1974, №1, с.48-51.

11. Резник Н.Е. Некоторые вопросы теории резания лезвием. Труды ВИСХОМа. Вып. 55. М.,1967, с.151-220.

Обоснование кинематических параметров измельчающего аппарата протягивающего типа Н.В. Завирюха, М.Ю. Шатохин

В статье проведено обоснование законов движения рабочих органов протягивающего режущего аппарата. Обоснованы особенности изменения скорости резания и найдены минимально- и максимально допустимые скорости резания, которые соответствуют устойчивому протеканию технологического процесса уборки кукурузы.

Rationale kinematic parameters shredding apparatus of pulling type. M.V. Zaviryuha, M.Y. Shatohin

In the article the substantiation of the laws of motion of the working pulling cutting apparatus. Grounded features cutting speed change and found the minimal and maximum permissible cutting speeds that meet sustainable technological process corn.

УДК 621.787.4.

**ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ КАЧЕСТВА
ОБРАБОТКИ ПОВЕРХНОСНЫМ ПЛАСТИЧЕСКИМ
ДЕФОРМИРОВАНИЕМ**

Б. И. Бутаков, доктор технических наук, профессор

В. А. Артюх, инженер

С. С. Креминский, студент группы М4/1

Николаевский национальный аграрный университет

Сформулирована и экспериментально обоснована причина появления волнистости на поверхности при обкатывании торообразными роликами – колебание усилия обкатывания из-за наличия больших сил трения скольжения в механизме нагружения ролика.

Ключевые слова: ролик, подача ролика, шаг волны

Основной причиной появления волнистости некоторые исследователи считают наличие торцевого биения ролика, приводящее к переменной подаче обкатывания [1 – 3].

Несмотря на существенное влияние, которое продольная подача вносит в процесс деформации поверхностного слоя, влияние обкатывания на изменение исходной шероховатости при этом остается таким же, как при обкатывании без подачи.

Это проверено экспериментально и остается справедливым при равенстве количества проходов без подачи приведенному количеству проходов i ролика с подачей, определяющееся в зависимости от ширины контактной канавки $2a_0$, подачи s и количества продольных проходов ролика $i_{прод}$.

$$i = \frac{2a_0}{s} i_{прод}. \quad (1)$$

При обкатывании с продольной подачей ролика формируется новый микропрофиль поверхности, который накладывается на деформированную исходную шероховатость.

Обкатанная поверхность сохраняет винтовой след подачи ролика. Высота вновь созданных при этом неровностей на участке стабильного процесса может быть рассчитана геометрически:

$$R_z'' = r_p - \frac{\sqrt{4r_p^2 - s^2}}{2}, \quad (2)$$

где R_z'' – высота неровностей, мм;

r_p – радиус кривизны ролика, мм;

s – подача ролика, мм/об.

Шаг этих неровностей равняется подаче ролика (рис. 1). Опытная проверка связи шероховатости с подачей ролика показывает, что зависимость (2) хорошо соблюдается при относительно больших подачах.

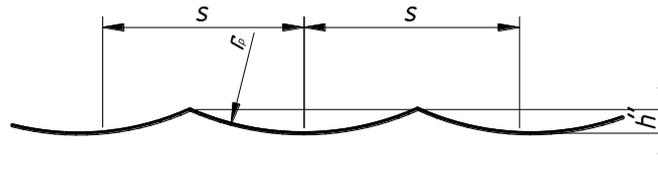


Рис 1. Профиль неровностей при обкатывании роликом

При подачах больше 0,78 мм/об высота неровностей совпадает с расчетной; при меньших подачах высота сохраняется в пределах 0,28 - 0,35 мкм и от подачи не зависит. В этом случае на обкатанной поверхности образуется волна с шагом, отличным от подачи.

В этом случае высота волн не выходит из пределов 7-го класса шероховатости. В других случаях волнистость при обкатывании может быть значительно глубокой. При малой шероховатости поверхности в пределах одного шага волны (0,18 мкм) сама волна с шагом 2,5 мм имеет высоту 0,16 мкм.

Высота волны при обкатывании уменьшается с увеличением профильного радиуса ролика или с уменьшением усилия, то есть с уменьшением угла вдавливания ролика, и не зависит от подачи и скорости обкатывания.

Рассмотрим этот процесс подробнее. Автор работы [1] считает что по мере вращения детали ролик вращается и подается (рис. 2, а), при этом углу поворота ролика ψ соответствует угол поворота детали $\psi D_p / D_d$ и подача ролика на величину, определяющаяся следующим выражением:

$$S_{\psi} = s \frac{\psi}{2\pi} \cdot \frac{D_p}{D_d}, \quad (3)$$

где s – подача ролика на один оборот детали, мм.

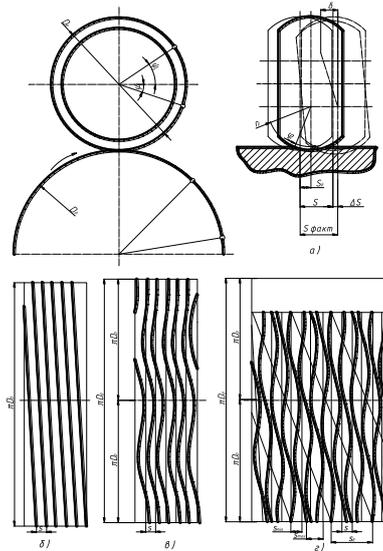


Рис. 2. Образование волнистости поверхности при обкатывании: *а* – изменение подачи при осевом биении ролика, *б* – развертка поверхности вала, обкатанного роликом, не имеющим осевого биения, *в* – развертка поверхности вала, обкатанного роликом с осевым биением при кратных диаметрах детали и ролика, *г*, – развертка поверхности вала, обкатанного роликом при некратных диаметрах детали и ролика

Развернем поверхность детали на плоскость. В случае идеальной схемы контактная канавка постоянного профиля шириной $2a$ расположится на обкатанной поверхности в виде параллельных прямых с постоянным шагом, ровным подаче (рис. 2, б). Для реальной детали и ролика схема может существенно измениться.

Рабочая поверхность ролика из-за погрешности изготовления и установки может иметь некоторое осевое и радиальное биение (рис. 2, а). След ролика на развертке обрабатываемой поверхности становится криволинейным.

В результате биения изменяется фактическая подача ролика

$$s_{\text{факт}} = s + \Delta s . \quad (4)$$

Искажение подачи при рассмотрении двух смежных следов ролика будет равняться

$$\Delta s = \frac{\delta}{2} \sin\left(\psi_0 + \psi + 2\pi \frac{D_\delta}{D_p}\right) - \frac{\delta}{2} \sin(\psi_0 + \psi) = \delta \cos\left(\psi_0 + \psi + \pi \frac{D_\delta}{D_p}\right) \cdot \sin \pi \frac{D_\delta}{D_p}. \quad (5)$$

В случае кратности диаметров детали и ролика $\sin \pi D_\delta / D_p$, а следовательно, и Δs равняются нулю, то есть подача остается постоянной, несмотря на биение ролика (рис. 2, в).

В общем случае Δs является переменной величиной, зависящей в каждой точке поверхности от угла поворота ролика ψ . Найдем значение угла ψ , что отвечает наибольшему и наименьшему приращениям подачи. Для этого приравняем к нулю производную функции $\Delta s = f(\psi)$:

$$\Delta s' = -\delta \sin \pi \frac{D_\delta}{D_p} \cdot \sin\left(\psi_0 + \psi + \pi \frac{D_\delta}{D_p}\right) = 0. \quad (6)$$

Последнее равенство удовлетворяется при

$$\psi_0 + \psi + \pi \frac{D_\delta}{D_p} = \pm \pi n,$$

где $n = 0; 1; 2; 3; \dots$

Отсюда

$$\psi = \pi \left(\pm n - \frac{D_\delta}{D_p} \right) - \psi_0. \quad (7)$$

Подставив найденное значение угла в равенство (5), найдем экспериментальные значения приращения подачи

$$\Delta s_{min}^{max} = \pm \delta \sin \pi \frac{D_\delta}{D_p}. \quad (8)$$

Из формулы (5) видно, что полный цикл изменения Δs завершается за каждый оборот ролика. При вращении детали участки, обкатанные с одинаковой фактической подачей, смещаются по ее поверхности, как в осевом, так и в круговом направлениях. При этом участки, обкатанные с уменьшенной против номинала подачей, деформируются сильнее и

образуют впадину, а обкатанные с увеличенной фактической подачей и менее деформированные – гребень волны. Сливаясь в процессе обкатывания одинаково деформированные участки создают многозаходную винтовую поверхность с определенным шагом – шагом волны (рис. 2, з)

При обкатывании деталей цилиндрическими роликами на их поверхности получают прямоугольный отпечаток, если оси ролика и детали параллельны. В этом случае длина отпечатка на цилиндрической детали определяется длиной ролика или длиной образующей цилиндрической поверхности, ширина отпечатка зависит от приведенной кривизны ролика и детали в плоскости качения ролика. Если оси ролика и детали в осевом их пересечении наклонены под небольшим углом, или вместо цилиндрического ролика применен конический, то на детали получают каплевидный отпечаток, ширина которого уменьшается до нуля в направлении обкатанной поверхности. При этом получают задний угол вдавливания ролика в деталь φ_a (рис. 3) равным $25' - 30'$ при обкатывании сталей, $40' - 1^\circ$ - при обкатывании закаленных сталей и $1^\circ 30'$ - при обкатывании чугунов [1, 2, 3 - 5].

При таких значениях угла φ_a обеспечивается интенсивная деформация микронеровностей и поверхностного слоя, волнистость на обкатанной поверхности отсутствует. Такой процесс применяют при обкатывании валов и розкатывании цилиндрических отверстий в крупносерийном и массовом производствах.

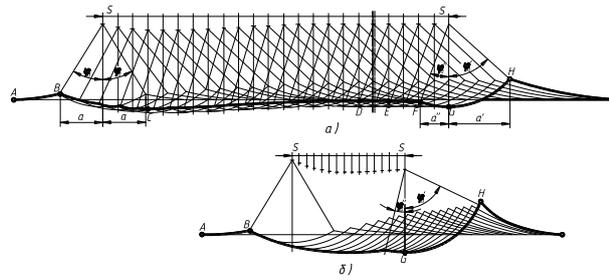


Рис. 3. Схема последовательного деформирования поверхности деталей при обкатывании торообразным роликом с продольной подачей S :
 a – при нормальном процессе; b – процесс деформации не стабилизировался

Каплевидный отпечаток может быть получен и при применении самоустанавливающегося цилиндрического ролика. С помощью силы подачи, возникающей в процессе обкатывания, ролик за счет поворота самоустанавливающейся головки на угол $20' - 30'$ обеспечивает получение каплевидного отпечатка [6 – 8].

В том случае, когда оси цилиндрического ролика и детали перекрещиваются, на ней возникает эллиптический отпечаток. Такой же отпечаток может быть получен при обкатывании деталей бочкообразными, сферическими или торообразными роликами.

Во время обкатывания роликом отпечаток превращается в пластично деформированную канавку, которая при обработке цилиндрических поверхностей с подачей представляет собой винтовую линию. Так как

ширина канавки в несколько раз превышает подачу, то при последующих оборотах детали ролик прокатывается по уже деформированной поверхности, несколько расширяя и углубляя канавку.

При нормальном процессе обкатывания торообразным роликом после некоторого числа оборотов детали углубление канавки прекращается (Рис. 3, a). Ролик соприкасается с каждой точкой поверхности $2a/s$ раз. Перед роликом возникает волна деформированного металла, а расширение контактной канавки приводит к возрастанию контакта, что обуславливает

постепенное снижение глубины канавки при последующих оборотах детали и на участке CD процесс обкатывания стабилизируется. Волна металла перед роликом GHI намного больше волны EFG за ним. На всем участке обкатывания до его стабилизации в точке D изменяется угол вдавливания ролика φ_a .

Процесс поверхностного деформирования зависит от силы обкатывания, размеров и профиля ролика, размеров обрабатываемой поверхности, механических свойств обкатываемого металла и числа $2a/s$. При некоторых сочетаниях указанных факторов стабилизация процесса может и не наступить.

Например, на рис. 3, в интенсивный рост волны металла перед роликом продолжается до тех пор, пока гребень волны не начнет разрушаться. Участок поверхности ниже остальной обкатанной поверхности. Имеется соотношение [1, 6 - 11] для расчета ширины впадины в начале обкатанной поверхности:

$$L_b = 1,27 \sqrt{\frac{P}{HB}}, \quad (9)$$

где P – усилие обкатывания, H .

При больших углах φ_a вдавливания ролика на обкатанной поверхности детали появляется волнистость с шагом, отличным от величины подачи ролика.

Для предотвращения появления волнистости при чистовом обкатывании рекомендуют принимать угол вдавливания значением $2 - 3^{\circ}$ (что, однако, ограничивает шероховатость обкатанной поверхности величиной $40 < R_z < 80$ мкм, а для уменьшения волнистости – использовать ролики с точным рабочим профилем и чаще их перешлифовывать. При упрочняющем обкатывании тонкий поверхностный слой для исключения волнистости поверхности сошлифовывают или стачивают, это существенно уменьшает эффективность упрочнения. Заметим, что силы трения в опорах, суммируясь с рабочим усилием пружинящего элемента

обкатного устройства, влияют на величину усилия P ; при наличии же радиального биения ролика эти силы трения в процессе обкатывания становятся переменными по величине и направлению.

С целью проверки данных представлений с помощью универсального динамометра УДМ конструкции ВНИИ нами были измерены составляющие усилия P при обкатывании торообразным роликом вала из наиболее распространенной конструкционной стали 40 (200 НВ) диаметром 100 мм на токарном станке с помощью разработанного и изготовленного на кафедре “Транспортных технологий и технического сервиса” Николаевского НАУ устройства рычажного типа со стабилизацией рабочего усилия обкатывания, показанного на рис. 4 [12].

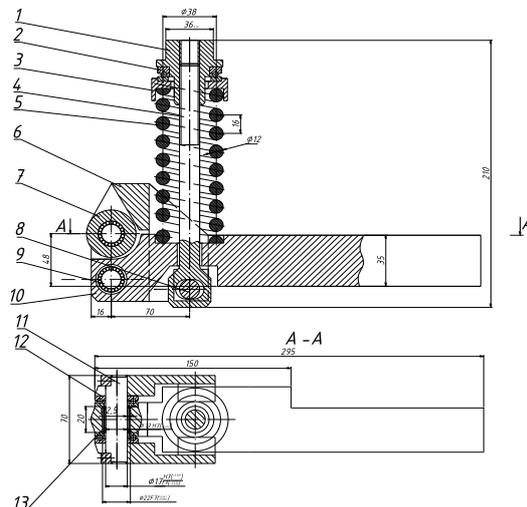


Рис. 4. Конструктивная схема устройства для обкатывания деталей торообразным роликом со стабилизацией рабочего усилия обкатывания

Принцип работы устройства заключается в следующем: ролик 7 установлен с помощью подшипников 12, 13 на оси 11. Усилие пружины 5 через тягу 4, ось 8 и рычаг 6 передается на ролик 7 и передается на обкатываемую деталь. Рычаг 6 установлен на оси 9 с помощью игольчатого и упорных подшипников, и легко перемещается вокруг корпуса 10

Общий вид устройства для обкатывания роликом со стабилизацией рабочего усилия обкатывания представлен на рис. 5.



Рис. 5. Общий вид устройства для обкатывания деталей торообразным роликом со стабилизацией рабочего усилия обкатывания

Жесткость рычажно-пружинного механизма составляет 0,745 кН/мм. Усилие пружины (P_{np}) определяется величиной ее сжатия (f_{np}) в миллиметрах и рассчитывается по зависимости:

$$P_{np} = j_{np} \times f_{np}, \quad (10)$$

где j_{np} – жесткость пружины, $j_{np} = 0,472$ кН/мм.

Усилие P обкатывания на ролике в кН определяют по зависимости:

$$\begin{aligned} P &= P_{np} \times 60/38 = f_{np} \times 0,472 \times 60 / 38 = \\ &= 0,745 f_{np}, \end{aligned} \quad (11)$$

где 60 и 38 величины плеч усилия пружины и усилия на ролике соответственно в миллиметрах.

На рис. 6 показана схема действия составляющих усилия обкатывания на деталь.

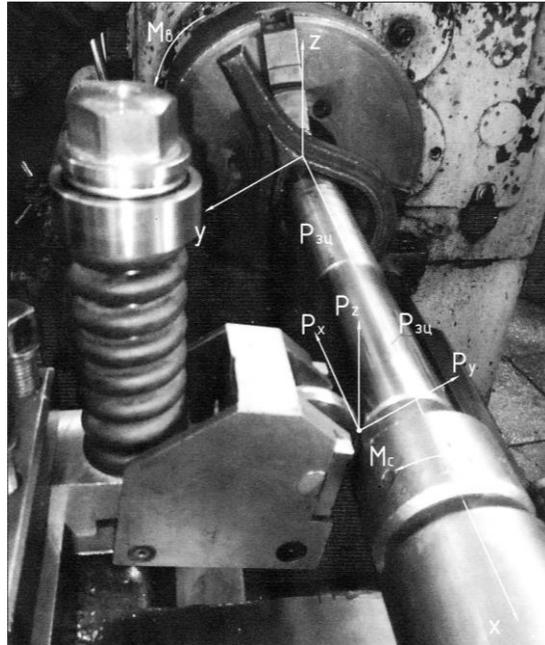


Рис. 6. Составляющие усилия обкатывания на деталь: P_x – касательное усилие качения ролика; P_y – номинальное усилие поджатия ролика к детали; P_z – усилие подачи; P_{zc} – нагрузка от задней бабки в осевом направлении

На рис. 7 показана осциллограмма составляющих усилия P , полученная при установке роликового узла на опорах скольжения, т.е. применительно к конструкции устройств, используемых на заводах для упрочняющего или чистового обкатывания стальных деталей.

Номинальное значение усилия поджима ролика к детали, $P_{yn} = 5 \text{ кН}$, а соотношение: $P_{xn} : P_{yn} : P_{zn} = 0,15 : 5 : 1,5$. Сила P_x в процессе обкатывания остается практически постоянной, а силы P_y и P_z с каждым оборотом ролика периодически изменяются; амплитуда колебания силы P_y составляет $\Delta P_y = 0,45$, а сила P_z (в направлении подачи) изменяется менее заметно. При установке роликового узла на подшипниках качения, как показали измерения, $\Delta P_y < 0,03 P_{yn}$, а колебания сил P_x и P_y практически не обнаружены.

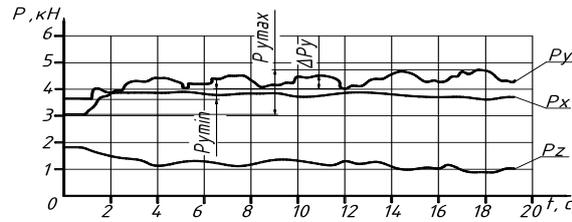
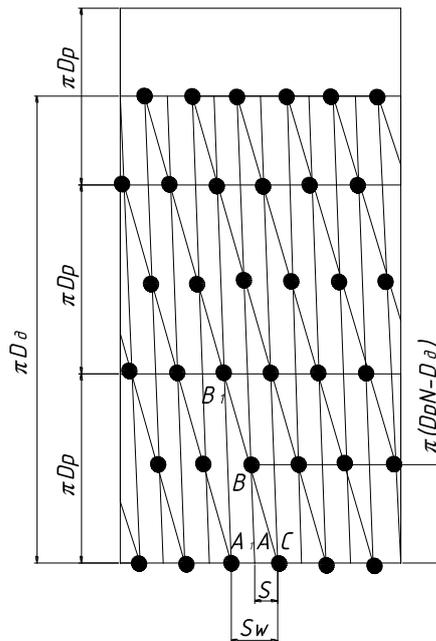


Рис.7. Оциллограмма составляющих усилия обкатывания P при установке роликового узла на опорах скольжения

Коэффициент трения в подшипниках скольжения составляет $f_c = 0,05 \div 0,1$, а в подшипниках качения $f_k = 0,003 \div 0,008$, поэтому стабилизация силы P при установке роликового узла на подшипниках качения достигается существенным уменьшением сил трения в опорах. Силы трения в опорах, складываясь с рабочим усилием пружинящего элемента обкатного устройства, влияют на величину усилия P обкатывания; при наличии же радиального биения ролика силы трения в процессе обкатывания становятся переменными по величине и направлению. Это позволило предположить, что основной причиной появления волнистости является наличие колебания усилия P обкатывания при каждом обороте ролика в результате его радиального биения.

Рассчитаем шаг волны S_w при некратных отношениях D_d/D_p . Точками на развертке следа ролика при качении его по детали отмечены места максимального значения усилия P (рис. 8).

Точки, сдвигаясь по поверхности детали, образуют винтовые линии с шагом S_w , превосходящим величину S подачи ролика. Вдоль этих линий деформация металла поверхностного слоя детали получается большей, чем в промежутках между ними, чем и определяется появление волнистости.

Рис. 8. Схема расчета шага S_w волны при обкатывании роликами

Из подобия треугольников ABC и A_1B_1C получим

$$S_w = D_p S / (D_p N - D_d), \quad (12)$$

где: $N = D_d / D_p + 1$ (здесь D_d / D_p - целая часть отношения). Данное выражение справедливо для случая, исключая проскальзывание ролика по детали при их взаимном вращении, при наличии скольжения фактический шаг волны может значительно отличаться от расчетного. Разворотом оси ролика вокруг перпендикуляра к поверхности контакта в ту или другую сторону можно изменить степень проскальзывания ролика и тем самым повлиять на величину S_w .

Стабилизируя с помощью установки роликового узла на подшипниках качения усилие P можно исключить появление волнистости при больших углах вдавливания, которые свойственны даже упрочняющему обкатыванию. При этом удастся получить шероховатость поверхности $R_a = 0,08 - 0,32$ мкм при исходной $R_z = 80 - 160$ мкм, и кроме того, совместить чистовое и упрочняющее обкатывание.

Представленные на рис. 9 профилограммы поверхности вала из наиболее мягкой из всех конструкционных сталей, 20, HV 140 (при

обкатывании этой стали имеет место максимальная волнистость обработанной поверхности) до обкатывания и после при $P_{ун} = 5$ кН, $S = 0.2$ мм/об детали, $D_o = 117$ мм, $D_p = 60$ мм, свидетельствуют об эффективности установки роликового узла на подшипниках качения.

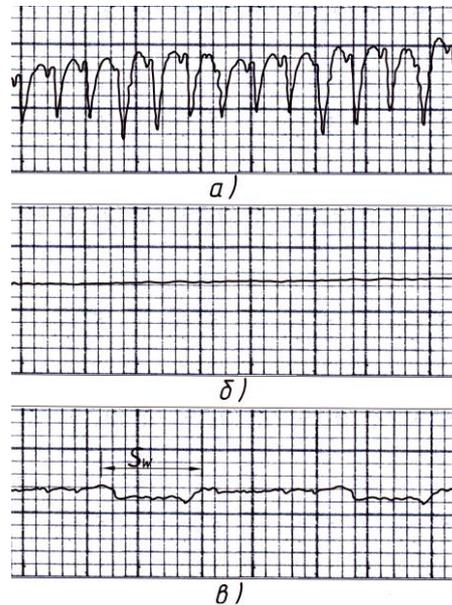


Рис 9. Профилограммы поверхности вала из стали 20: *a* – до обкатывания $R_z = 100$ мк; *б* – после обкатывания при установке роликового узла на подшипниках качения ($R_a = 0,08 - 0,16$ мкм); *в* – после обкатывания при установке роликового узла на опорах скольжения

На кривой (рис. 9. *в*.) видна волнистость на обкатанной поверхности с шагом $S_w = 3,9$ мм, что соответствует значению S_w , рассчитанному по формуле (12).

Эффективность обкатывания может быть повышена также за счет применения роликов малого диаметра (бочкообразных и цилиндрических), что полностью исключает появление волнистости и при трении скольжения роликового узла в устройстве в следствии малости угла φ_a .

Вывод

Разработан и исследован способ стабилизации усилия обкатывания при установлении роликового узла на опорах качения, что позволяет устранить появление волнистости обкатыванием торообразными роликами

при больших средних углах вдавливания роликов ($\varphi \leq 5^\circ$) и совместить упрочняющее и чистовое обкатывание.

Литература

1. Браславский В. М. 1975. Технология обкатки крупных деталей роликами / В. М. Браславский. 2-е изд. – М.: Машиностроение, – 160.
2. Азаревич Г. М. 1963. Чистовая обработка цилиндрических поверхностей пластическим деформированием / Г. М. Азаревич Г. Ш. Берштейн - М.: ОНТИ НИИ Тракторсельхозмаша, - 43.
3. Браславский В. М. 1975. Технология обкатки крупных деталей роликами / Браславский В. М. - М.: Машиностроение, - 160.
4. Одинцов Л. Г. 1987. Упрочнение и отделка деталей поверхностным пластическим деформированием / Л. Г. Одинцов – М.: Машиностроение, – 160.
5. Рыжов Э. В. 1971. Повышение износостойкости соединений технологическими методами обработки / Рыжов Э. В., Браславский В. М., Топычканов В. В. Науч. – тех. сб. Брян. ин – та транспорт. Машиностроения. – №2. — С. 47 — 51.
6. Рыжов Э. В. 1972. Влияние усилия обкатывания на геометрию неровностей / Рыжов Э. В., Браславский В. М., Топычканов В. В. Науч. – тех. сб. Брян. ин – та транспорт. Машиностроения. – №2. — С. 47 — 51
7. Рыжов Э. В. 1979. Технологическое обеспечение эксплуатационных свойств деталей машин / Рыжов Э. В., Суслов А. Г., Федоров В. П. – Л.: Машиностроение, – 176с.
8. Шнейдер Ю. Г. 1982. Эксплуатационные свойства деталей с регулярным микрорельефом / Шнейдер Ю. Г. – Л.: Машиностроение, – 248с.
9. Коновалов Е. Г. 1968. Чистовая и упрочняющая ротационная обработка поверхностей / Коновалов Е. Г., Сидоренко В. А. – Минск: Высшейш. шк., – 364с.

10. Кудрявцев И. В. 1984. Новые способы поверхностного пластического деформирования / И. В. Кудрявцев, Р. Е. Грудская. Машиностроитель, № 7, 28-29.

11. Фридман Я. Б. 1987. Механические свойства металлов / Я. Б. Фридман — М.: Машиностроение, — 556.

Технологічне забезпечення якості обробки поверхневим пластичним деформуванням
Б. И. Бутаков, В. А. Артюх, С. С. Креминский

Сформульована та експериментально обґрунтована причина появи хвилястості на поверхні при обкатуванні тороподібними роликками – коливання зусилля обкатування із-за наявності великих сил тертя ковзання в механізмі навантаження ролика.

Technological providing of quality of treatment of poverkhtnosnym by flowage
B.I. Butakov V. A. artyukh C. S. Kreminskiy

The summary. Formulated and reason appearance of waviness is experimentally grounded at a rolling toroobraznymi rollers is oscillation of effort of rolling from the presence of large forces of sliding friction in the mechanism of loading of roller.

УДК 621.787.4.

**ЛАБОРАТОРНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ИЗНОСОСТОЙКОСТИ
ПАРЫ ТРЕНИЯ СТАЛЬНОЙ ВАЛ И БРОНЗОВЫЙ ВКЛАДЫШ ПРИ
РАЗЛИЧНЫХ РЕЖИМАХ ОБКАТЫВАНИЯ РОЛИКАМИ**

Б. И. Бутаков, доктор технических наук, профессор

В. А. Артюх, инженер

Николаевский национальный аграрный университет

Исследования распределения микротвёрдости по глубине показали, что после обкатывания вала роликом с помощью устройства со стабилизацией усилия обкатывания, создаётся достаточно однородный по структуре и свойствам поверхностный слой, который обеспечивает заданное качество материала в течение всего ресурса работы детали. После проведения испытаний на износ у вкладышей, работающих в паре с обкатанными образцами наблюдается большая износостойкость по сравнению со шлифованными.

Ключевые слова: ролик, волнистость, обкатывание.

Для упрочнення поверхностного слоя металлических деталей ответственного назначения находит применение поверхностное пластическое деформирование (ППД) обкатыванием роликами или чеканкой бойками. Для улучшения внешнего товарного вида и повышения износостойкости поверхностного слоя применяется чистовое ППД, а с целью повышения износостойкости деталей – упрочняющая обработка.

Современная техника для упрочнения поверхностных слоев, которые в большинстве случаев определяют служебные характеристики деталей машин, включает целый ряд методов: химико-термическую обработку, закалку ТВЧ, лазерную обработку и т. д. Для массового производства широкое применение для упрочнения поверхностных слоев деталей машин нашло обкатывание роликом.

При осуществлении технологического процесса обкатывания наиболее широко применяются сферические или торообразные ролики и при больших углах вдавливания ролика в направлении его подачи на обкатанной поверхности детали появляется волнистость с шагом, отличным от величины подачи.

Основной причиной появления волнистости многие исследователи считают наличие торцевого биения ролика, приводящего к переменной подаче обкатывания [1]. Для предотвращения появления волнистости при чистовом обкатывании рекомендуют принимать угол вдавливания, значением $2 - 3^{\circ}$ что, ограничивает шероховатость обкатанной поверхности величиной $40 < R_z < 80$ мкм, а для уменьшения волнистости – использовать ролики с точным рабочим профилем и чаще их перешлифовывать. При упрочняющем обкатывании тонкий поверхностный слой для исключения волнистости поверхности сошлифовывают или стачивают, это существенно уменьшает эффективность упрочнения [2].

С помощью универсального динамометра УДМ конструкции ВНИИ были измерены составляющие усилия P обкатывания торообразным роликом валов диаметром 100-200 мм из стали 40 (200 НВ) на токарном

оборотом ролика периодически изменяются; амплитуда колебания силы P_y составляет $\Delta P_y = 0,45$, а сила P_z (в направлении подачи) изменяется менее заметно. При установке роликового узла на подшипниках качения, как показали измерения, $\Delta P_y < 0,03 P_{ун}$, а колебания сил P_x и P_y практически не обнаружены.

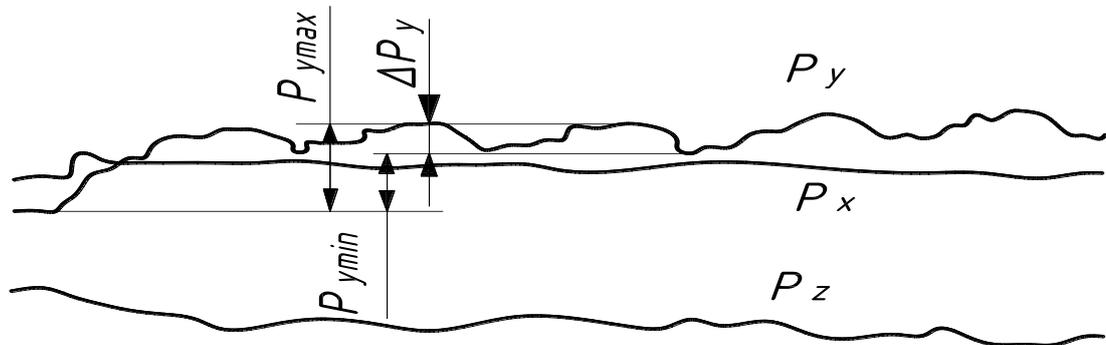


Рис.2. Оциллограмма составляющих усилия P обкатывания: P_x – касательное усилие качения ролика; P_y – нормальное усилие поджима ролика к детали; P_z – усилие подачи

Коэффициент трения в подшипниках скольжения составляет $f_c = 0,05 \div 0,1$, а в подшипниках качения $f_k = 0,003 \div 0,008$, поэтому стабилизация силы P при установке роликового узла на подшипниках качения достигается существенным уменьшением сил трения в опорах. Силы трения в опорах, складываясь с рабочим усилием пружинящего элемента обкатного устройства, влияют на величину усилия P обкатывания; при наличии же радиального биения ролика силы трения в процессе обкатывания становятся переменными по величине и направлению. Это позволило предположить, что основной причиной появления волнистости является наличие колебания усилия P обкатывания при каждом обороте ролика в результате его радиального биения [2, 3].

Рассчитаем шаг волны S_w при некратных отношениях D_d/D_p , где D_d , D_p соответственно диаметры детали и ролика. Точками на развертке следа ролика при качении его по детали отмечены места максимального значения усилия P (рис. 3).

Точки, сдвигаясь по поверхности детали, образуют винтовые линии с шагом S_w , превосходящим величину S подачи ролика. Вдоль этих линий деформация металла поверхностного слоя детали получается большей, чем в промежутках между ними, чем и определяется появление волнистости. Из подобия треугольников ABC и A_1B_1C получим

$$S_w = D_p S / (D_p N - D_d), \quad (1)$$

где: $N = D_d / D_p + 1$ (здесь D_d / D_p - целая часть отношения). Данное выражение справедливо для случая, исключающего проскальзывание ролика по детали при их взаимном вращении, при наличии скольжения фактический шаг волны может значительно отличаться от расчетного. Разворотом оси ролика вокруг перпендикуляра к поверхности контакта в ту или другую сторону можно изменить степень проскальзывания ролика и тем самым повлиять на величину S_w .

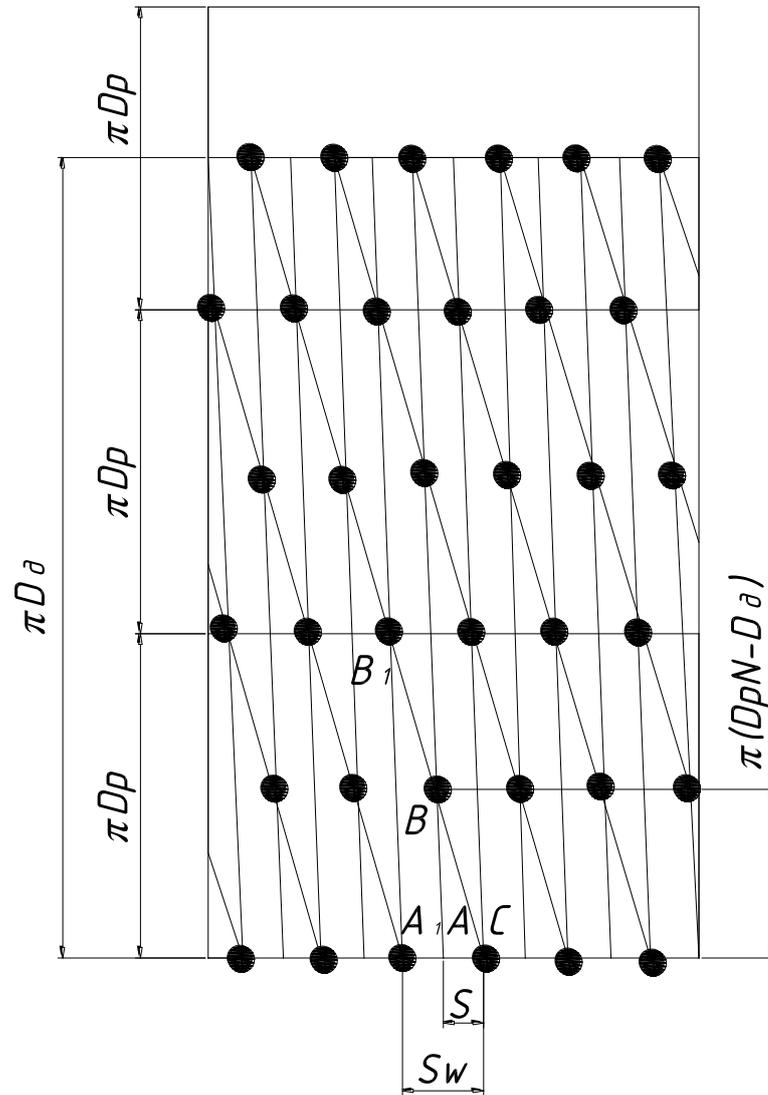


Рис. 3. Схема расчета шага S_w волны при обкатывании роликами

Стабилизируя с помощью установки роликового узла на подшипниках качения усилие P , можно исключить появление волнистости при больших углах вдавливания, которые свойственны даже упрочняющему обкатыванию. При этом удастся получить шероховатость поверхности $R_a = 0,08 - 0,32$ мкм при исходной $R_z = 80 - 160$ мкм, и кроме того, совместить чистовое и упрочняющее обкатывание.

С помощью изготовленного устройства произведено обкатывание вала из стали 40 диаметром 50 мм (рис 4).

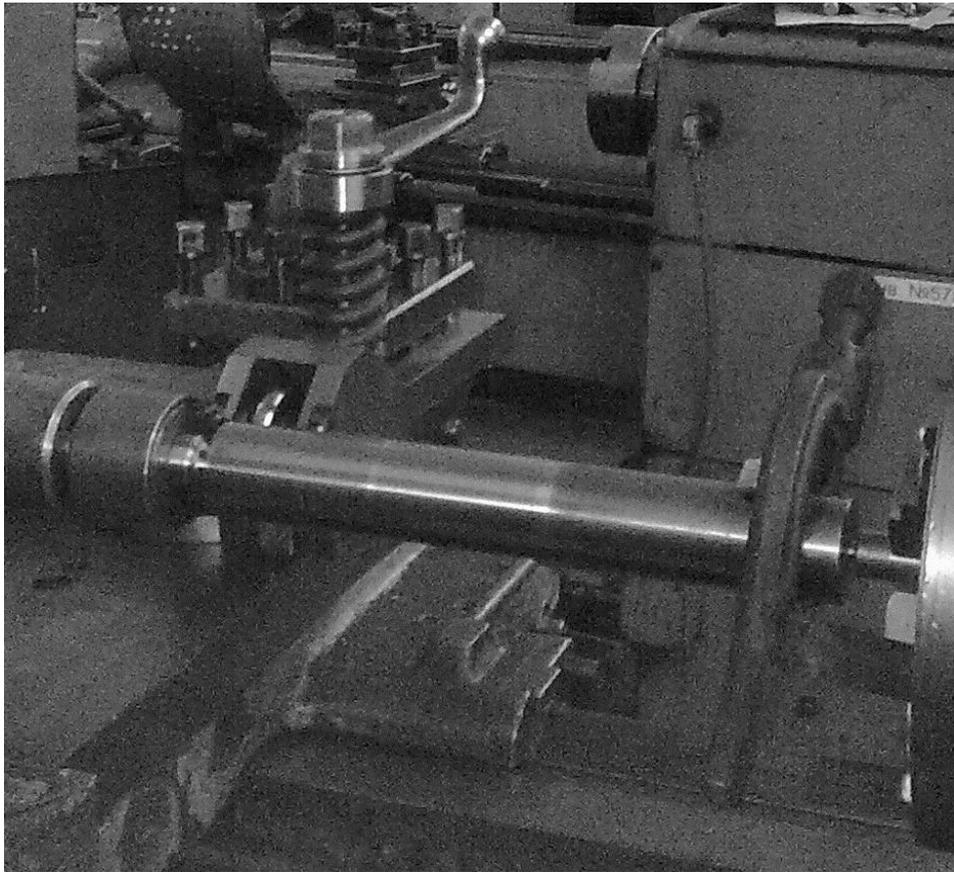


Рис. 4. Обкатывание вала роликом на токарно-винторезном станке 1К62

Вал был установлен в центрах и поводковый патрон, а устройство было зажато в резцедержатель станка.

Обкатывание производилось по двум режимам, чистовой - с усилием обкатывания $0,75 \text{ кН}$ и упрочняющий - с усилием 3 кН . Усилие было подобрано по номограмме [3] и осуществлялось с помощью сжатия пружины устройства. Обкатывание выполнялось с частотой вращения детали 315 об/мин и подачей $0,07 \text{ мм/об}$. Перед обкатыванием вал смазывался индустриальным маслом И-20. После обкатывания вал был порезан на образцы шириной 11 мм . По периметру образец, перед тем как его полировать, заливался самотвердеющей пластмассой “ПРОТАКРИЛ-М”, для того чтобы не завалить торцы при полировке (рис 5).

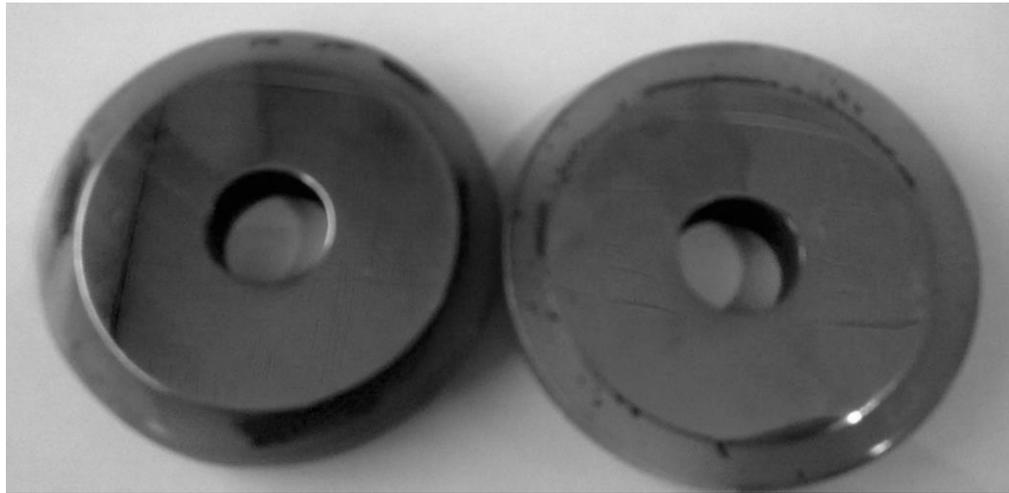


Рис. 5. Образцы подготовленные для исследования микротвердости

Микроструктура обкатанного образца приведена на рис. 6. Перед измерением микротвердости сталь травили 3% раствором азотной кислоты для выявления микроструктуры.

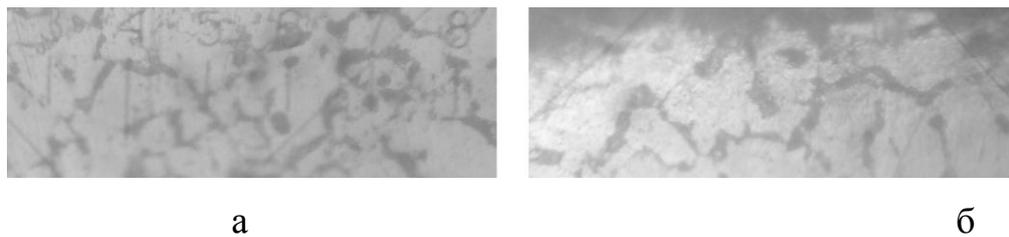


Рис. 6. Микроструктура поверхностного слоя вала из стали 40 ($\times 500$):

а – до обкатывания; б – после обкатывания с усилием 3 кН

После обкатывания вала из стали 40, как видно из рис. 6, наблюдается вытягивание ферритных и перлитных зерен в направлении подачи ролика.

Измерения микротвердости выполнялось на приборе ПМТ –3 по глубине через 0,2 мм. Изображение отпечатков микротвердости приведено на рис. 7. На экране монитора можно изображение увеличивать, изменять яркость и резкость. Это очень важно для материалов, имеющих очень неоднородную микроструктуру.

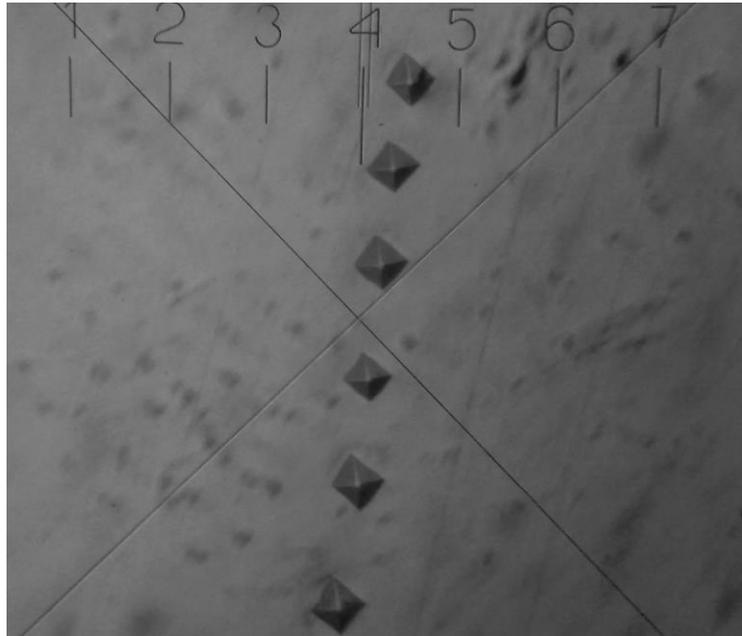


Рис. 7. Измерение отпечатков микротвердости на приборе ПМТ-3 ($\times 500$).

По результатам измерения микротвердости были построены графики изменения микротвердости по глубине рис.8.

Глубина упрочненного слоя, обкатанного при усиллии 3 кН, составляет 2...2,6 мм, а вала, обкатанного при усиллии 0,75 кН, составляет 1...1,6 мм.

Глубина наклепа определяется по формуле Хейфеца

$$t = \sqrt{\frac{P}{2\sigma_m}},$$

где: P – усиллие обкатівання,

σ_m – предел текучести стали.

Твердость на глубине достаточно резко начинает снижаться, что является свидетельством малой ширины переходной зоны.

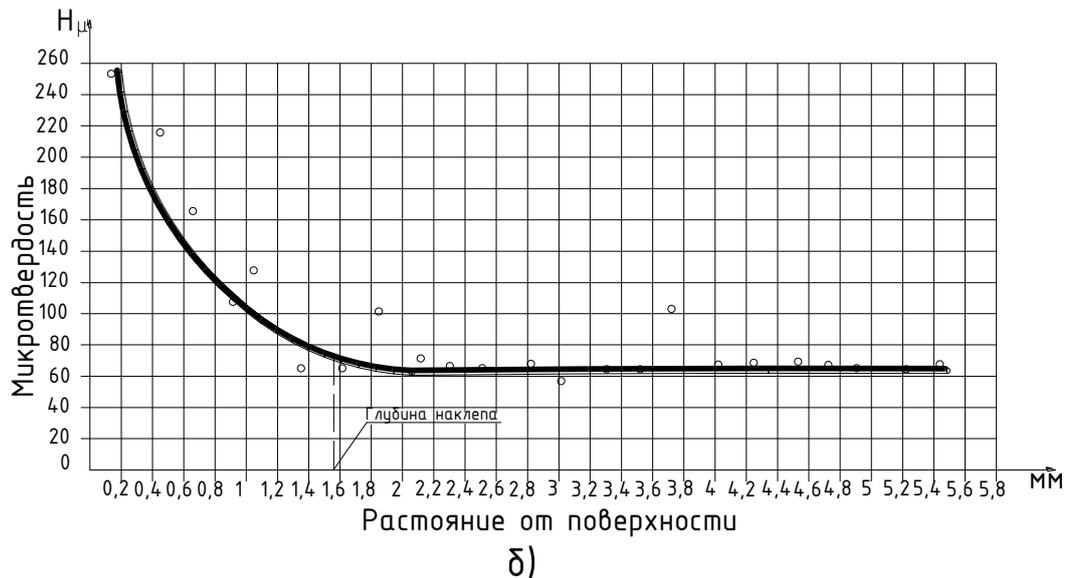
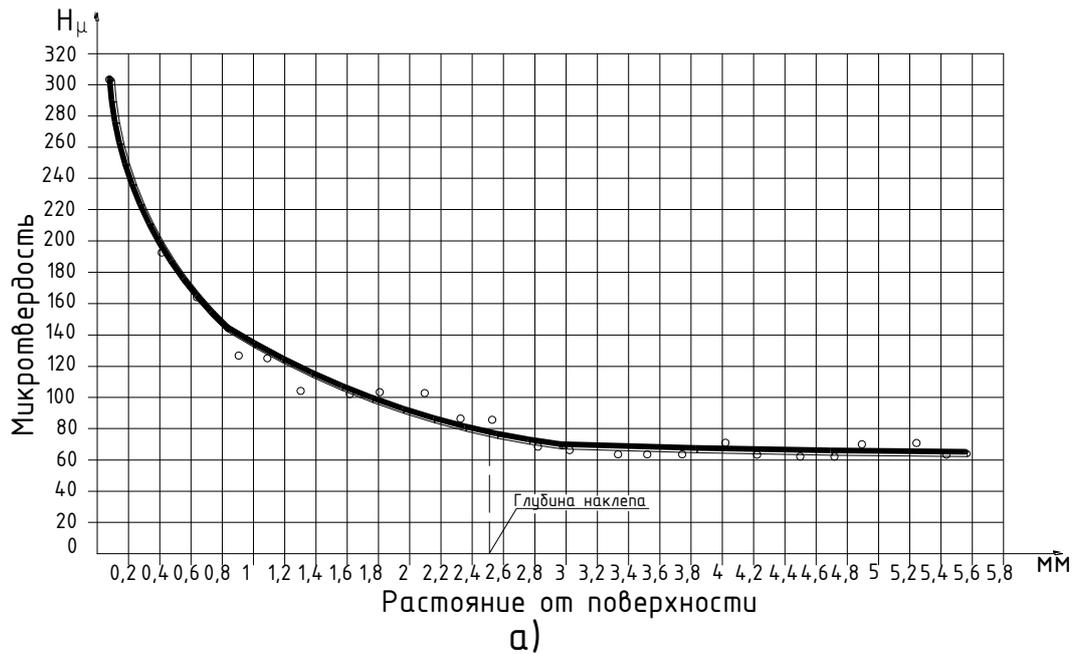


Рис. 8. Изменение микротвердости по глубине: а – образец, обкатанный с упрочняющим режимом при усилнии 3 кН; б – образец, обкатанный с чистовым режимом при усилнии 0,75 кН

После проведения исследований шероховатости поверхности были представлены профилограммы поверхности образцов, которые сняты после пути трения 20000 и 40000 м (рис. 9, 10, 11, 12).

Измерение шероховатости и снятие профилограмм поверхности производилось на профилографе-профилометре завода «Калибр».

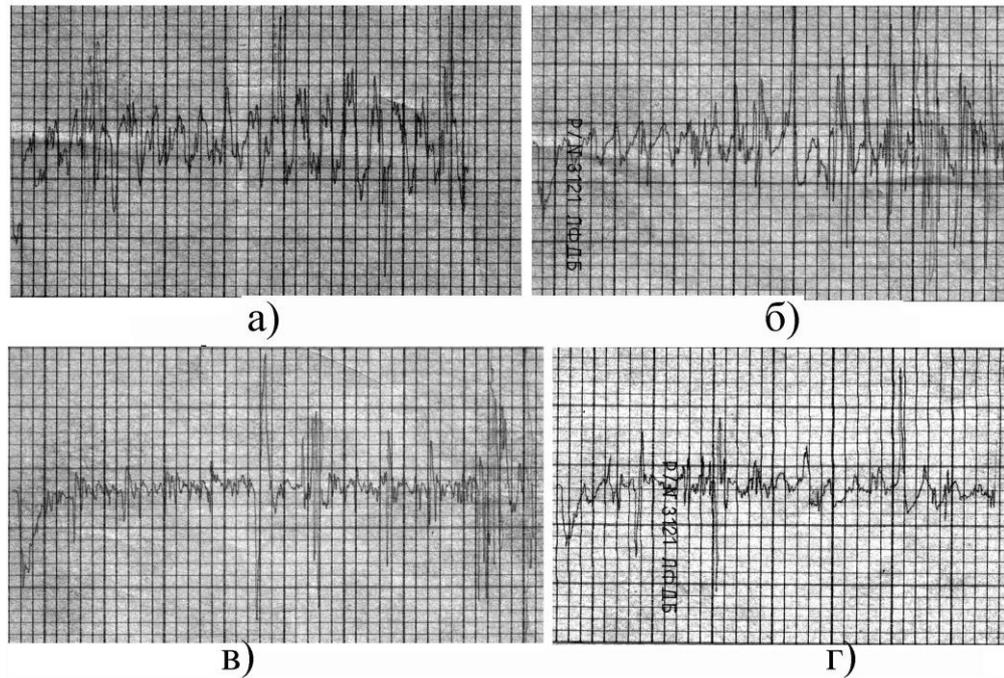


Рис. 9. Профиліограми поверхні сталевих образців, сняті після пути трення 20000 м (по вертикалі $\times 1000$, по горизонталі $\times 10$): а – образец, обкатаний с усилием 3 кН после шлифовки; б – шлифованный образец; в – образец, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения; г – образец, обкатанный с усилием 3 кН после точения.

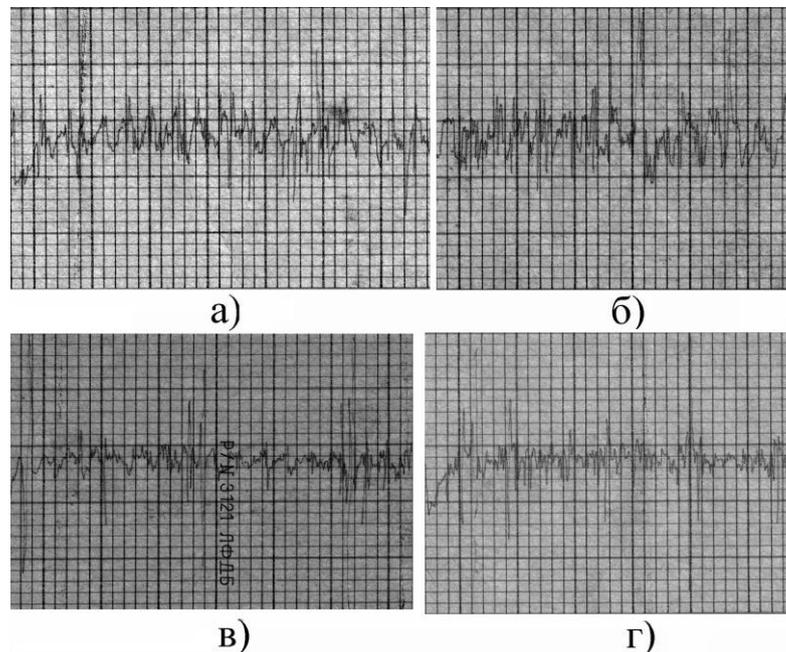


Рис. 10. Профиліограми поверхні сталевих образців, сняті після пути трення 40000 м (по вертикалі $\times 1000$, по горизонталі $\times 10$): а – образец, обкатанный с усилием 3 кН после шлифовки; б – шлифованный образец; в – образец, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения; г – образец, обкатанный с усилием 3 кН после точения.

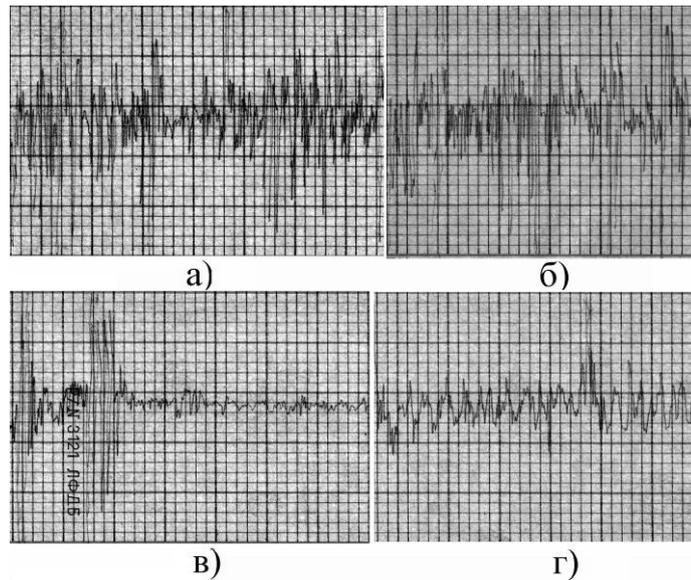


Рис. 11. Профилограммы поверхности бронзовых образцов, снятые после пути трения 20000 м (по вертикали $\times 1000$, по горизонтали $\times 10$): а – образец, работающий в паре с валом, обкатанным с усилием 3 кН после шлифовки; б – образец, работающий в паре со шлифованным валом; в – образец, работающий в паре с валом, обкатанным с усилием 0,75 кН после точения; г – образец, работающий в паре с валом, обкатанным с усилием 3 кН после точения.

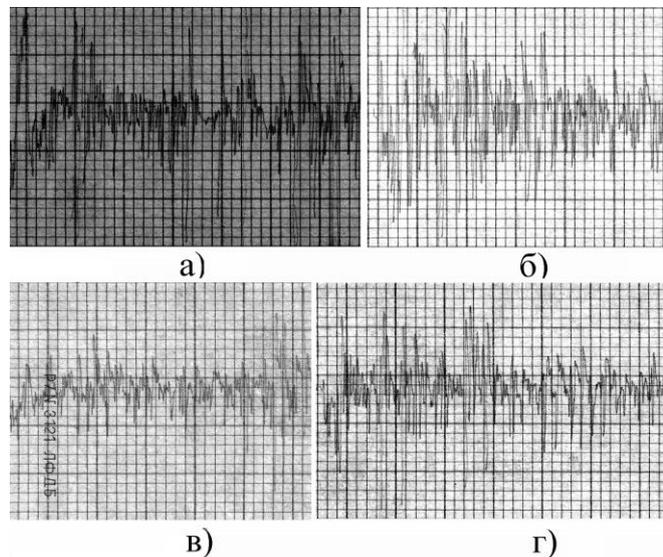


Рис. 12. Профилограммы поверхности бронзовых образцов, снятые после пути трения 40000 м (по вертикали $\times 1000$, по горизонтали $\times 10$): а – образец, работающий в паре с валом, обкатанным с усилием 3 кН после шлифовки; б – образец, работающий в паре со шлифованным валом; в – образец, работающий в паре с валом, обкатанным с усилием 0,75 кН после точения; г – образец, работающий в паре с валом, обкатанным с усилием 3 кН после точения.

Как видно из профилограмм, шероховатость поверхности обкатанного вала меньше, чем шероховатость шлифованной поверхности, это ускоряет приработку деталей.

Во всех случаях на поверхности вкладышей формируется новый рельеф. В таблице представлены параметры шероховатостей стальных и бронзовых образцов, указанных выше на рисунках после пути трения 20000 и 40000 м.

Таблица

Параметры шероховатости поверхности экспериментальных образцов

Образец	R_a , мкм	n	R_{max}^* , мкм	R_{min}^* , мкм	R_p^* , мкм
1	2	3			
Стальные образцы					
После пути трения 20000м					
Образец, обкатанный с усилием 3 кН после шлифовки	0,28 – 0,29	5 -7	,3	,79	1,1
Шлифованный образец	0,44 – 0,45	6 -8	,4	,1	5
Образец, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения (чистовой режим)	0,16 – 0,20	3 -4	,8	,2	5
Образец, обкатанный с усилием 3 кН после точения (упрочняющий режим)	0,18 – 0,25	5 -6	,7	,5	7
После пути трения 40000м					
Образец, обкатанный с усилием 3 кН после шлифовки	0,20 – 0,21	5 -7	,3	,9	4
Шлифованный образец	0,27 – 0,28	1 0 – 11	,9	,85	4
Образец, обкатанный с усилием 0,75 кН после точения (чистовой режим)	0,16 – 0,21	1 - 3	,3	,1	6
Образец, обкатанный с усилием 3 кН после точения (упрочняющий режим)	0,17 – 0,22	3 - 4	,8	,3	7,5
Бронзовые образцы					
После пути трения 20000м					

Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 3 кН после шлифовки	0,50 – 0,51	1 – 13	,96	,78	2
Вкладыш, работающий со шлифованным образцом	0,61 – 0,62	1 – 16	,76	,73	1
Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 0,75 кН после точения (чистовой режим)	0,39 – 0,51	9	,81	,46	5
Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 3 кН после точения (упрочняющий режим)	0,35 – 0,36	9	,85	,10	5

Продолжение табл.

1	2	3			
После пути трения 40000м					
Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 3 кН после шлифовки	0,30 – 0,31	8	,48	,64	2
Вкладыш, работающий со шлифованным образцом	0,58 – 0,60	1	,85	,65	1,6
Вкладыш, работающий с образцом, обкатанным с усилием 0,75 кН после точения (чистовой режим)	0,18 – 0,19	9	,14	,62	5
Вкладыш работающий с образцом обкатанным с усилием 3 кН после точения (упрочняющий режим)	0,26 – 0,27	9	,04	,88	5,4
* n – Число шагов неровностей в пределах длины трассы;					
* H_{max} – Высота наибольшего выступа профиля;					
* H_{min} – Глубина наибольшей впадины профиля;					
* t_p – Относительная опорная длина профиля.					

Как видно из таблицы у обкатанных образцов возрастает опорная поверхность t_p за счет снижения шероховатости поверхности, которая в процессе приработки с бронзовым вкладышем формируется в виде нового рельефа.

Для испытания на износ образцов на машине трения СМЦ – 2 применялся образец 1 из стали 40 диаметром 50 мм в паре с образцом 2 из оловянистой бронзы Бр. ОЦС 8-21 (рис.13).

Стальные образцы были обработаны по четырем вариантам: шлифованные (шероховатость поверхности $R_a = 0,25$ мкм); обкатанные

роликом с чистовым режимом при усиллии $P = 0,75$ кН после точения, (шероховатость поверхности $R_a = 0,15$ мкм); обкатанные роликом с упрочняющим режимом при $P = 3$ кН после шлифовки (шероховатость поверхности $R_a = 0,12$ мкм) и обкатанные роликом с упрочняющим режимом при $P = 3$ кН после точения (шероховатость поверхности $R_a = 0,17$ мкм). Поверхность вкладышей (втулок) после растачивания имела шероховатость $R_a = 0,36$ мкм.

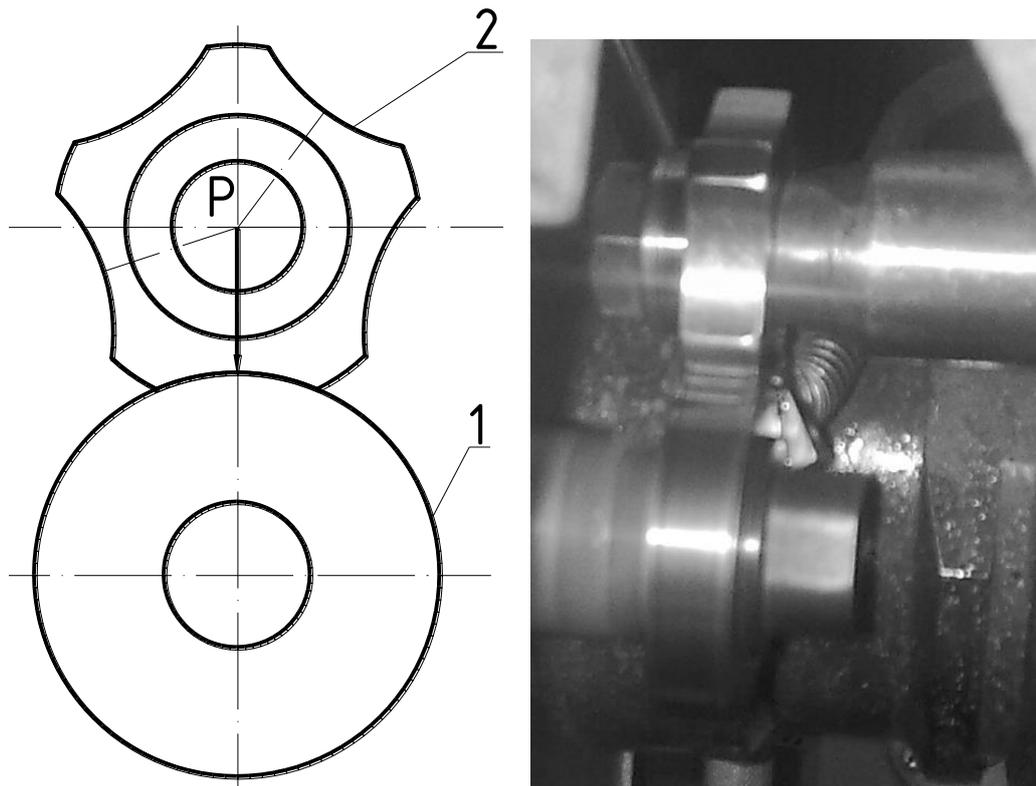


Рис. 13 Схема нагружения экспериментальных образцов

1 – Образец из стали 40; 2 – образец из оловянистой бронзы Бр. ОЦС

8-21

Испытания пары трения выполнялись при номинальной удельной нагрузке 5 МПа и окружной скоростью 79 м/мин; образцы обильно смазывались моторным маслом фирмы “Castrol Magnatec” 10W – 40.

На рис. 14 и 15 приведены графики зависимостей износа бронзовых и стальных образцов от пути трения. При проведении испытаний образцы взвешивались через каждые 1000 м пути трения на аналитических весах

ВЛР – 200, испытания проводились на основании 16 пар образцов, а в дальнейшем – четырех пар для каждого варианта обработки.

Как видно из графиков в момент интенсивной притирки $L = 20000$ м наблюдается значительное повышение износа вкладыша работающего в паре со шлифованным валом, приводящее к значительному повышению температуры экспериментальных образцов по сравнению с вкладышами, работающими с валом, обкатанным при усилии 0,75 и 3 кН после точения и шлифовки. Коэффициент трения f в начале испытаний составлял для шлифованных образцов 0,127, а для образцов, обкатанных при $P = 0,75$ кН и $P = 3$ кН после точения и шлифовки, соответственно 0,047 и 0,12. В дальнейшем, коэффициент трения достиг минимума ($f = 0,016$) для образцов, обкатанных при $P = 3$ кН после точения.

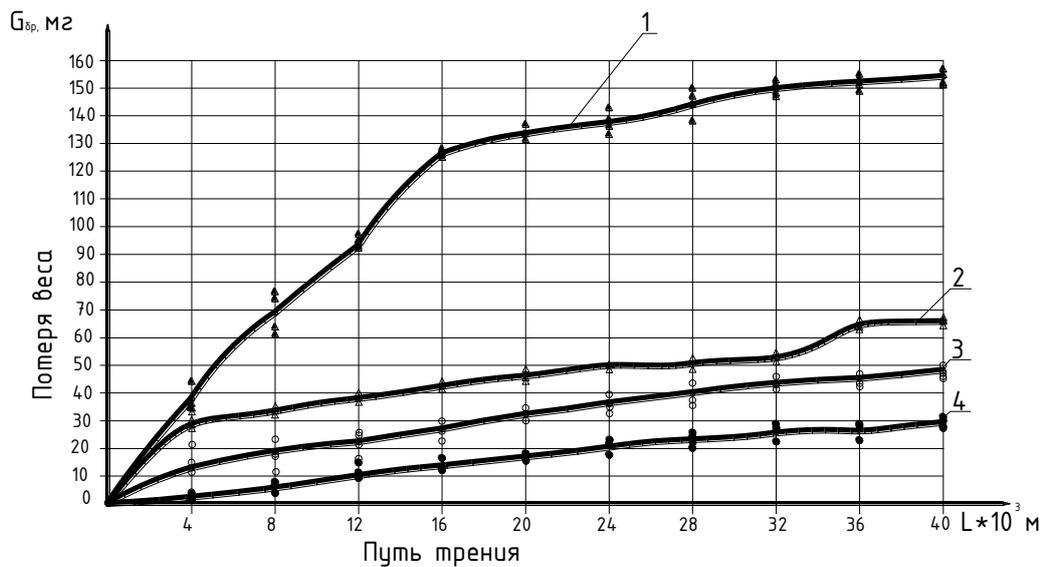


Рис 14. График износа бронзовых вкладышей:

- 1-Бронзовый вкладыш в паре со шлифованным валом;
- 2-Бронзовый вкладыш в паре с валом, обкатанным при усилии 0,75 кН после точения;
- 3-Бронзовый вкладыш в паре с валом, обкатанным при усилии 3 кН после шлифовки;
- 4-Бронзовый вкладыш в паре с валом, обкатанным при усилии 3 кН после точения

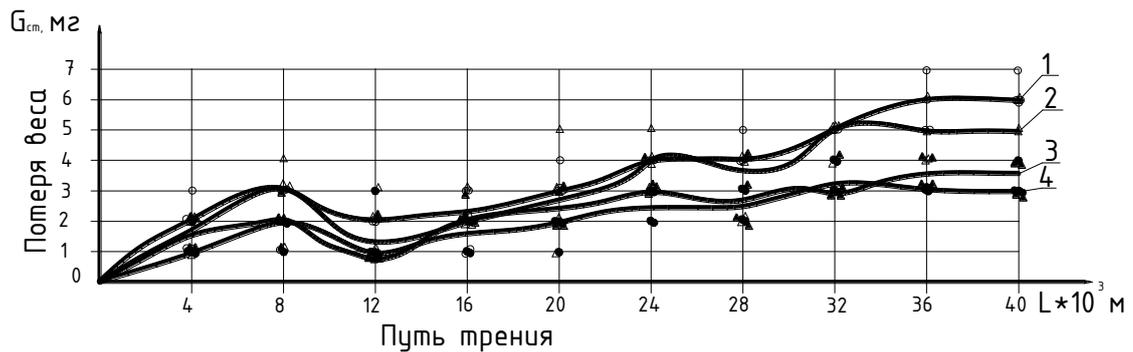


Рис 15. График износа образцов из стали 40:

- 1-Стальной шлифованный образец;
- 2-Образец, обкатанный при усилии 0,75 кН после точения;
- 3- Образец, обкатанный при усилии 3 кН после шлифовки;
- 4- Образец, обкатанный при усилии 3 кН после точения

Как видно на рис.14, 15, приработка бронзовых вкладышей в паре с обкатанными стальными образцами происходит в несколько раз быстрее, чем шлифованных; при этом износ шлифованных образцов за значительный период работы в 3 – 3,5 раза больше, чем обкатанных.

Минимальный износ имели образцы, обкатанные роликом при $P = 3$ кН после точения; это обусловлено не только упрочняющим эффектом и увеличением твердости, но и обеспечением оптимальной шероховатости при данном методе обработки. Опорная площадь поверхности обкатанных образцов в верхних слоях в 1,5 – 2, а в нижних слоях – в 1,1 – 1,2 раза больше, чем шлифованных, высота неровностей обкатанной поверхности уменьшилась в 1,5 – 1,8 раза, а шлифованной – в 1,2 раза. На обкатанных поверхностях возникающая при их износе шероховатость образуется в основном за счет сглаживания вершин выступов без существенного изменения шероховатости в нижних ее сечениях. Благодаря этому различие в величине опорной площади между шлифованной и обкатанной поверхностями в процессе их изнашивания возрастает еще больше.

Способ обкатывание деталей роликами со стабилизацией усилия обкатывание позволяет получать упрочненный слой различной толщины с достаточно высокой и однородной твердостью, а также повышенной износостойкостью.

Литература

1. Браславский В.М. Технология обкатки крупных деталей роликами. / Браславский В.М. 2-е изд. – М.: Машиностроение, 1975. – 160 с.
2. Бутаков Б.И. Усовершенствование процесса чистового обкатывания деталей роликами / Б.И. Бутаков. Вестник машиностроения. - 1984. - № 7. - С. 50 – 53.
3. Бабей Ю.И. Поверхностное упрочнение металлов. / Ю.И. Бабей, Б.И. Бутаков, В.Г. Сысоев – К.: Наукова думка, 1995. – 255 с.

Лабораторні дослідження зносостійкості пари тертя сталеної вал і бронзовий вкладиш при різних режимах обкатування ролики Б. И. Бутаков, В. А. Артюх

Дослідження розподілу мікротвердості по глибині показали, що після обкатування вала роликом за допомогою пристрою зі стабілізацією зусилля обкатування, створюється досить однорідний за структурою та властивостями поверхневий шар, який забезпечує задану якість матеріалу протягом всього ресурсу роботи деталі. Після проведення випробувань на знос у вкладишів, що працюють в парі з обкатаними зразками спостерігається велика зносостійкість в порівнянні з шліфуваними.

Laboratory researches of wearproofness pair friction steel billow and bronze hobs at different modes of rolling by rollers B.I. Butakov V. A. Artyukh

Researches of distribution of microhardness showed on a depth, that after the rolling-off of billow a roller by means of device with stabilizing of effort of rolling-off, the homogeneous enough is created on a structure and properties superficial layer which provides the set quality of material during all resource of work of detail. After testing on a wear at hobs working in a pair with rollings standards there is large wearproofness as compared to polished.

УДК 621.3.042 (088.8)

**ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МАТЕРІАЛОМІСТКОСТІ ВАРІАНТІВ
ТРИФАЗНИХ ПРОСТОРОВИХ ЕЛЕКТРОМАГНІТНИХ СИСТЕМ**

О.О. Плахтир, кандидат технічних наук

Миколаївський національний аграрний університет

Я.В. Радченко, студентка

Миколаївський національний аграрний університет

На основі відносних аналітичних залежностей показників матеріаломісткості виконаний порівняльний аналіз варіантів просторових електромагнітних систем із стиковими магнітопроводами, що відрізняються типом технології, конфігурацією і напрямом магнітного потоку стержнів. Показані переваги магнітопроводів з паралельними стінками обмотувальних вікон.

Ключові слова: просторові електромагнітні системи, матеріаломісткість, обмотувальні вікна.

Одним з способів зниження матеріаломісткості і втрат в стали трифазних трансформаторів, реакторів і дроселів являється використання просторової електромагнітної системи (ПЕМС) активної частини [2, 3]. У [6, 7] запропоновані конструкції і розроблені масо-вартісні моделі варіантів ПЕМС нетрадиційної конфігурації з паралельними стінками обмотувальних вікон, що відрізняються від трифазних планарних аналогів меншою масою і матеріаломісткістю [8].

Метою роботи є порівняльний аналіз матеріаломісткості від геометричних співвідношень варіантів ПЕМС з шестигранною конфігурацією одного з контурів ярма. При цьому вказані системи відрізняються як геометрією стержнів і котушок (прямокутна, рис. 1, а і б і секторна, рис. 1, в), так і типом технології (шихтовка листів і намотування стрічки).

Для виконання порівняльного аналізу з дотриманням принципу електромагнітної еквівалентності доцільно скористатися запропонованими

в [6, 7] геометричними параметрами ПЕМС: відношенням діаметрів розрахункових контурних кіл $a = D_u / D_e$, відношенням висоти і ширини обмотувального вікна $\lambda_o = h_o / b_o$, центральним кутом α_c граней стержня, а також коефіцієнтом k_u початкових даних.

При цьому середні витки котушок варіантів ПЕМС (рис. 1) при дисковій конструкції обмоток розташовані на відстанях від стержня рівних чверті ширини обмотувального вікна, а внутрішні радіуси вигину котушок дорівнюють ізоляційним проміжкам, що враховуються коефіцієнтом k_{3o} заповнення обмотувального вікна. Також згідно з вказаним принципом еквівалентності величини k_u, k_{3o} і коефіцієнта k_{3m} заповнення магнітопроводу сталлю приймаються відповідно ідентичними для усіх еквівалентних ПЕМС.

В схемах ПЕМС (рис. 1, а і в) з аксіальним напрямом потоку в стержнях елементи геометрії стержня b_c і вікна b_o визначаються виразами

$$b_c = D_e k_{\alpha 1}; \quad (1)$$

$$b_o = D_e \sin(\alpha_o / 2) = D_e k_{\alpha 2}, \quad (2)$$

де D_e – діаметр кола шестигранного контуру ярма; $k_{\alpha 1}$ і $k_{\alpha 2}$ – коефіцієнти центральних кутів α_c і α_o ,

$$k_{\alpha 1} = \sin(\alpha_c / 2); k_{\alpha 2} = \sin[(\pi/3) - (\alpha_c / 2)].$$

У аксіальному ШМ (рис. 1, а) діаметр D_u розрахунковому зовнішньому контурному колу пов'язаний із стержнем співвідношенням, що визначає зв'язок сторони C_c з параметрами a і α_c за допомогою коефіцієнта $k_{\alpha 3}$:

$$(D_u - D_e) / 2 = C_c \cos(\alpha_c / 2); k_{\alpha 3} = 1 / [2 \cos(\alpha_c / 2)]; C_c = D_e (a - 1) k_{\alpha 3}. \quad (3)$$

Площа перерізу стержня (рис. 1, а) визначається з урахуванням (1) і (3) вираженням

$$P_c = b_c C_c = D_e^2 (a - 1) k_{\alpha 1} k_{\alpha 3}. \quad (4)$$

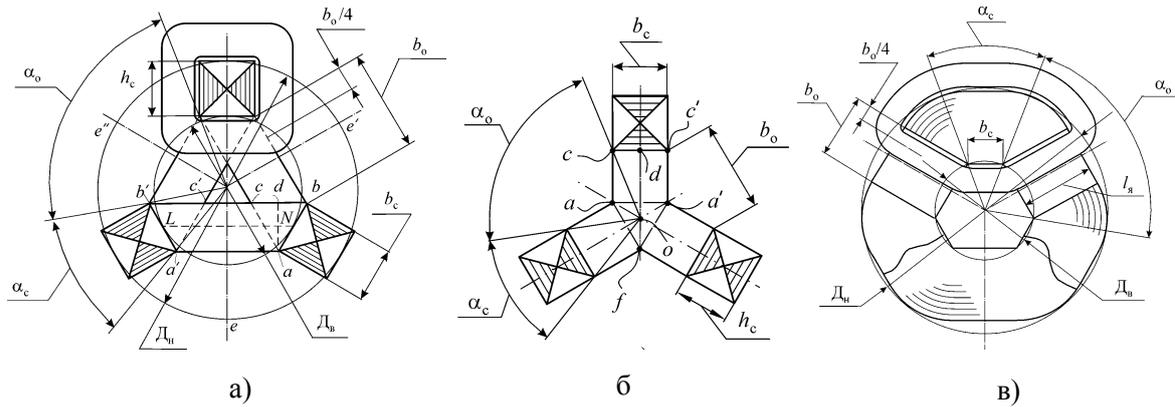


Рис.1. Варіанти конфігурації і геометричні параметри просторових стикових електромагнітних систем з шихтованими аксіальним (а) і радіальному (б), а також витим аксіальним (в) магнітопроводами

Ширина середньої частини ярма (рис. 1, а) може бути визначена з урахуванням (2) у виді

$$b_{я} = b_c \sin(\pi/3) = \sqrt{3}k_{\alpha 1} D_e / 2. \quad (5)$$

$$k_u = \frac{S_n}{6.66 f B_c} \left[\frac{k_{U1}}{\Delta_1 \eta \cos \phi_1} + \frac{k_{U2}}{\Delta_2} \right].$$

Відповідно до принципу електромагнітної еквівалентності висота ярма визначається виходячи з умови рівності площі стику ярма і стержня площі перерізу стержня

$$h_{я} = \Pi_c / b_c. \quad (6)$$

При цьому величина коефіцієнта співвідношення індукцій стержня і ярма

$$k_{\sigma} = \Pi_c / (\sqrt{3}h_{я}b_{я}).$$

Виходячи з (4) і(5) вираження висоти ярма перетвориться до виду

$$h_{я} = D_e (a-1)k_{\alpha 3}. \quad (7)$$

На основі співвідношення λ_o і (2), (4), (6) і (7) можна визначити масу стали ШМ (рис. 1, а)

$$m_{МША} = \gamma_c k_{3M} (3\Pi_c h_o + 6b_o b_{я} h_{я} + 6\Pi_c h_{я}) =$$

$$= \gamma_c k_{3M} D_e^3 (a-1)k_{\alpha 1} k_{\alpha 3} \left[3\lambda_o k_{\alpha 2} + 3(\sqrt{3}k_{\alpha 2} + 2(a-1)k_{\alpha 3}) \right], \quad (8)$$

де γ_c – щільність електротехнічної сталі.

Середня довжина витка котушки ПЕМС (рис. 1, а) визначається з урахуванням (1) - (3)

$$l_{w4} = 2(b_c + C_c + \pi b_o / 4) = 2D_e [k_{\alpha 1} + 0.785k_{\alpha 2} + k_{\alpha 3}(a - 1)]. \quad (9)$$

Згідно [3,4] площа перерізу Π_o обмотувального вікна і маса m_o матеріалу обмотки, що проводить, пов'язані з коефіцієнтом k_u виразами

$$\Pi_c = k_u / (k_{zo} k_{zm} \Pi_o); \quad (10)$$

$$m_o = 1.5\gamma_o k_u l_w / \Pi_c, \quad (11)$$

де γ_o – щільність матеріалу обмотки.

З урахуванням (2) і співвідношення, вираз (10) для ШМ (рис. 1, а) перетвориться до виду

$$\Pi_{cШМ} = k_u / (k_{zo} k_{zm} \lambda_o b_o^2) = k_u / (k_{zo} k_{zm} \lambda_o k_{\alpha 2}^2 D_e^2). \quad (12)$$

Виходячи з (9), (11) і (12), а також співвідношення λ_o вираження маси обмотки ПЕМС(рис.1, а) запишеться у виді

$$m_{oШМ} = 3\gamma_o k_{zo} k_{zm} \lambda_o D_e^3 k_{\alpha 2}^2 [k_{\alpha 1} + 0.785k_{\alpha 2} + k_{\alpha 3}(a - 1)]. \quad (13)$$

У ПЕМС (рис.1, б) з ШМ і радіальним напрямом потоку в стержнях ширина стержня b_c відповідає (1), а розрахункова ширина обмотувального вікна визначається вираженням

$$b_o = 2b'_o = D_e (a - 1) \sin(\alpha_c / 2) = k_{\alpha 1} D_e (a - 1), \quad (14)$$

де D_n є діаметром кола вписаного шестигранника внутрішнього контуру ярма, а в якості D_e приймається діаметр кола, яке перетинає радіус кола D_n на стороні бічної поверхні стержня.

Допоміжні розміри C_{12} і C_{13} ШМ (рис. 1, б) визначаються співвідношеннями

$$C_{12} = 0.5b_c \operatorname{tg}(\pi/6) = b_c / (2\sqrt{3}); \quad (15)$$

$$C_{13} = 0.5D_n \cos(\alpha_c / 2) = 0.5k_{\alpha 3} a D_e, \quad (16)$$

де $k_{\alpha 3}$ – додатковий коефіцієнт центрального кута,

$$k_{\alpha 3} = \cos(\alpha_c / 2).$$

Висота і площа перерізу стержня визначається виходячи з (рис. 1, б) і (1), (14) – (16), а також співвідношення λ_o

$$C_c = C_{13} - C_{12} = 0.5 D_6 (ak_{\alpha 3} - k_{\alpha 1} / \sqrt{3}); \quad (17)$$

$$P_c = b_c h_o = k_{\alpha 1} D_6 \lambda_o b_o = k_{\alpha 1}^2 \lambda_o D_6^2 (a - 1). \quad (18)$$

Ширина і висота грані ярма (рис. 1, б) визначаються з урахуванням (2), (14) і співвідношень a і λ_o виразами

$$b_y = D_6 \sin(\alpha_o / 3) = k_{\alpha 2} a D_6; \quad (19)$$

$$h_y = k_{\alpha 1} P_c / (\sqrt{3} h_o) = k_{\alpha 1} D_6 k_{\alpha 1} / \sqrt{3}. \quad (20)$$

Площа трикутника внутрішнього контуру ярма також виражається, з урахуванням (1), через D_6

$$S_{\Delta} = \sqrt{3} b_c^2 / 4 = \sqrt{3} k_{\alpha 1}^2 D_6^2 / 4. \quad (21)$$

Маса радіального ШМ визначається на основі (1), (14), співвідношення λ_o і (17) – (21)

$$\begin{aligned} m_{МШР} = \gamma_c k_{3M} [3C_c P_c + 3(b_c + b_o + b_y) \times \\ \times h_y h_o + \pi h_y^2 h_o + S_{\Delta} h_o] = \gamma_c k_{3M} D_6^3 k_{\alpha 1}^2 \lambda_o (a - 1) \times \\ [1.5(ak_{\alpha 3} - k_{\alpha 1} / \sqrt{3}) + \sqrt{3} a k_{\alpha 1} (k_{\alpha 1} + k_{\alpha 2}) + \\ + 0.433 k_{\alpha 1} + 1.047 k_{\alpha 1}^2]. \end{aligned} \quad (22)$$

Середня довжина витка котушки ПЕМС (рис. 1, б) визначається з урахуванням (1) і (14) вираженням

$$l_{WP} = 2b_c + 2h_o + \pi b_o' = 2k_{\alpha 1} D_6 [1 + (\lambda_o + 0.785)(a - 1)]. \quad (23)$$

Висота ділянки вікна, займаного котушками обмотки визначається з урахуванням (19) по рис. 1, б

$$C_o = h_y / [2 \sin(\pi / 3)] = k_{\alpha 2} a D_6 / \sqrt{3}. \quad (24)$$

На основі (14) і (23) вираження (10) площі перерізу стержня конструкції (рис. 1, б) перетвориться до виду

$$P_{cШР} = \frac{k_u}{k_{3o} k_{3M} b_o C_o} = \frac{\sqrt{3} k_u}{k_{3o} k_{3M} k_{\alpha 1} k_{\alpha 2} a D_6^2 (a - 1)}. \quad (25)$$

Виходячи з (11), (23) і (25) маса обмотки ПЕМС (рис. 1, б) визначається у вигляді функції

$$m_{\text{оШП}} = \sqrt{3}\gamma_o k_{3o} k_{3m} k_{\alpha 1}^2 k_{\alpha 2} D_e^3 a (a-1) [1 + (\lambda_o + 0.785)(a-1)]. \quad (26)$$

З умови рівності (4) і (12), а також (18) і (25) слідує вирази D_e

$$D_e = \sqrt[4]{k_u / (k_{3o} k_{3m} \lambda_o k_{\alpha 1}^2 k_{\alpha 2} k_{\alpha 3} (a-1))}. \quad (27)$$

$$D_e = \sqrt[4]{\sqrt{3} k_u / (k_{3o} k_{3m} \lambda_o k_{\alpha 1}^3 k_{\alpha 2} a (a-1)^2)}. \quad (28)$$

З урахуванням (27) і (28) вираження мас (8) і (22), а також маса ВМ (рис. 1, в) [3] визначаються виразами

$$m_{\text{МША}} = \gamma_c k_{3m} \left(\sqrt[4]{k_u / (k_{3o} k_{3m})} \right)^3 k_{\text{МША}}; \quad (29)$$

$$m_{\text{МШП}} = \gamma_c k_{3m} \left(\sqrt[4]{k_u / (k_{3o} k_{3m})} \right)^3 k_{\text{МШП}}; \quad (30)$$

$$m_{\text{МБА}} = \gamma_c k_{3m} \left(\sqrt[4]{k_u / (k_{3o} k_{3m})} \right)^3 k_{\text{МБА}}, \quad (31)$$

де $k_{\text{МША}}$, $k_{\text{МШП}}$, $k_{\text{МБА}}$ – коефіцієнти зміни маси магнітопроводів (рис. 1, а, б і в),

$$k_{\text{МША}} = k_{\alpha 1} k_{\alpha 3} \left(\sqrt[4]{1 / [\lambda_o k_{\alpha 1} k_{\alpha 2}^2 k_{\alpha 3} (a-1)]} \right)^3 \left\{ 3\lambda_o k_{\alpha 2} + 3[\sqrt{3} k_{\alpha 2} + 2(a-1)k_{\alpha 3}] \right\}; \quad (32)$$

$$k_{\text{МШП}} = k_{\alpha 1}^2 \left(\sqrt[4]{\sqrt{3} / [\lambda_o k_{\alpha 1}^3 k_{\alpha 2} a (a-1)^2]} \right)^3 \lambda_o (a-1) [1.5(ak_{\alpha 3} - k_{\alpha 1} / \sqrt{3}) + \sqrt{3}a \\ \times (k_{\alpha 1} + k_{\alpha 2})k_e + 0.433k_{\alpha 1} + 1.047k_e^2 k_{\alpha 1}]; \quad (33)$$

$$k_{\text{МБА}} = 3 \left(\sqrt[4]{2 / \{ \lambda_o k_{\alpha 2}^2 (a-1) [k_{\alpha 1} + \pi(a-1)/6] \}} \right)^3 \\ (a-1) \left\{ \frac{k_{\alpha 2}}{2} \lambda_o \left[k_{\alpha 1} + \frac{\pi}{6}(a-1) \right] + \frac{k_e}{\sqrt{3}} \times \left[k_{\alpha 1} + \frac{\pi}{6}(a-1) \right] \right\} \left[k_{\alpha 1} + k_{\alpha 2} + \frac{\pi}{6}(a-1) \right]. \quad (34)$$

Середня довжина витка котушки ПЕМС (рис. 1, в) при прийнятих допущеннях визначається з урахуванням (1) і (2) вираженням

$$l_{\text{ВБА}} = 2b_c + 2l_r + [2\pi(l_r + b_o/4)/3] + (\pi b_o/4) + (\pi b_o/12) = 2D_e [k_{\alpha 1} + \\ + 1.0236(a-1) + 0.785k_{\alpha 2}]. \quad (35)$$

Згідно [3] площа (10) перерізу стержня (рис. 1, в) пов'язана з параметрами обмотки і D_6 вираженням

$$P_{cBA} = k_u / (k_{30} k_{3M} \lambda_o k_{\alpha 2}^2 D_6^2). \quad (36)$$

Виходячи з (35), (11) і (36) маса обмотки ПЕМС (рис. 1, в) визначається у виді

$$m_{oBA} = 3\gamma_o k_{30} k_{3M} \lambda_o k_{\alpha 2}^2 D_6^3 [k_{\alpha 1} + 1.0236(a-1) + 0.785k_{\alpha 2}]. \quad (37)$$

Величина діаметру D_6 ПЕМС (рис. 1, в) визначається вираженням [3]

$$D_6 = \sqrt[4]{\frac{2k_u}{k_{30} k_{3M} \lambda_o (a-1) [k_{\alpha 1} + \pi(a-1)/6] k_{\alpha 2}^2}}. \quad (38)$$

З урахуванням (27), (28) і (38) вирази мас (13), (26) і (37) можуть бути представлені у виді

$$m_{oША} = \gamma_o k_{30} k_{3M} \left(\sqrt[4]{k_u / (k_{30} k_{3M})} \right)^3 k_{oША}; \quad (39)$$

$$m_{oШП} = \gamma_o k_{30} k_{3M} \left(\sqrt[4]{k_u / (k_{30} k_{3M})} \right)^3 k_{oШП}; \quad (40)$$

$$m_{oBA} = \gamma_o k_{30} k_{3M} \left(\sqrt[4]{k_u / (k_{30} k_{3M})} \right)^3 k_{oBA}, \quad (41)$$

де $k_{oША}$, $k_{oШП}$, k_{oBA} – коефіцієнти зміни маси обмоток ПЕМС (рис. 1, а, б і в),

$$k_{oША} = 3\lambda_o k_{\alpha 2}^2 \left(\sqrt[4]{1 / [\lambda_o k_{\alpha 1} k_{\alpha 2}^2 k_{\alpha 3} (a-1)]} \right)^3 [k_{\alpha 1} + 0.785k_{\alpha 2} + k_{\alpha 3} (a-1)]; \quad (42)$$

$$k_{oШП} = \sqrt{3} \left(\sqrt[4]{\sqrt{3} / [\lambda_o k_{\alpha 1}^3 k_{\alpha 2} a (a-1)^2]} \right)^3 k_{\alpha 1}^2 k_{\alpha 2} a (a-1) [1 + (\lambda_o + 0.785)(a-1)]; \quad (43)$$

$$k_{oBA} = 3 \left(\sqrt[4]{2 / \{\lambda_o k_{\alpha 2}^2 (a-1) [k_{\alpha 1} + \pi(a-1)/6]\}} \right)^3 \lambda_o k_{\alpha 2}^2 [k_{\alpha 1} + 1.0236(a-1) + 0.785k_{\alpha 2}]. \quad (44)$$

Маса активної частини кожної з ПЕМС (рис. 1) виходячи з (29) – (31) і (39) – (41)

$$m_{ША} = \gamma_c k_{3M} \left(\sqrt[4]{k_u / (k_{30} k_{3M})} \right)^3 k_{ША}; m_{ШП} = \gamma_c k_{3M} \left(\sqrt[4]{k_u / (k_{30} k_{3M})} \right)^3 k_{ШП};$$

$$m_{BA} = \gamma_c k_{3M} \left(\sqrt[4]{k_u / (k_{30} k_{3M})} \right)^3 k_{BA},$$

де $k_{ША}$, $k_{ШР}$, $k_{ВА}$ – коефіцієнти зміни мас активних частин варіантів ПЕМС (рис. 1)

$$k_{ША} = k_{МША} + \gamma_o k_{зо} k_{оША} / \gamma_c ; \quad (45)$$

$$k_{ШР} = k_{МШР} + \gamma_o k_{зо} k_{оШР} / \gamma_c ; \quad (46)$$

$$k_{ША} = k_{МША} + \gamma_o k_{зо} k_{оША} / \gamma_c . \quad (47)$$

Приклади зміни залежностей (45) - (47) при $k_e = 1, k_{зо} = 0.34$, $\gamma_o = 8900 \text{ кг/м}^3$ і $\gamma_c = 7650 \text{ кг/м}^3$ представлені на рис. 2.

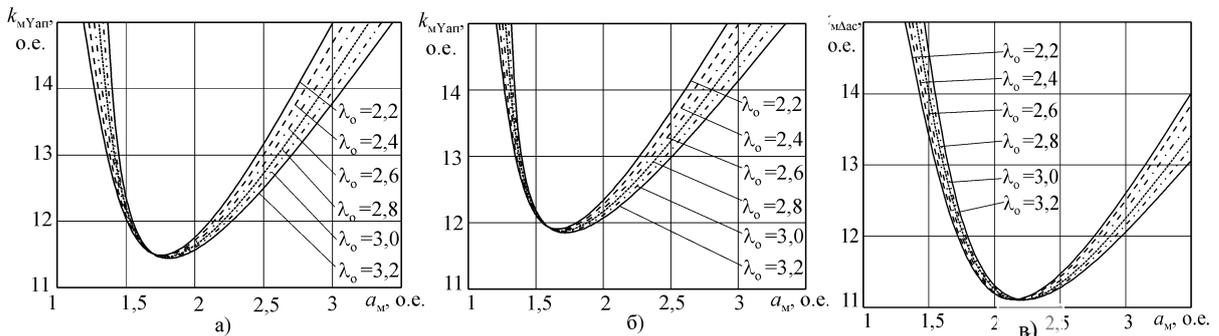


Рис.2. Залежності коефіцієнтів зміни мас активних частин ПЕМС з аксіальним шихтованим (а), $\alpha_c=50^\circ$; радіальним шихтованим (б), $\alpha_c=60^\circ$; аксіальним витим (в), $\alpha_c=20^\circ$ магнітопроводами

Література

1. Иванов-Смоленский А.В. Перспективы развития электромеханики в XXI веке./ А.В. Иванов-Смоленский, И.П. Копылов, Е.М. Лопухина і др.// Электропанорама, 2001, -№ 1. -с. 14 – 15.
2. Орлов Е.Г. Главная задача отраслевой науки – эффективность производства і энергосбережение// Электротехника, 1990,- №1, -с.4 – 6.
3. Плахтырь О.О. Варианты конструкций і классификация пространственных магнитопроводов трехфазных трансформаторов і реакторов// Электротехника і Електромеханіка.- 2002. -№ 3.-с. 64-65.
4. Пентегов И.В. Новые конструкции трехфазных трансформаторов с ленточными магнитопроводами./ Пентегов И.В., Рымар С.В., Лавренюк А.В. і др.- Вісник НТУ “ХПІ”. Збірник наукових праць. Тематичний

випуск: Проблеми удосконалення електричних машин і апаратів. Теорія і практика.- Харків: НТУ “ХП”, 2002. -№ 14.- с. 86- 97.

5. Ставинський А.А., Ставинський Р.А., Плахтир О.О.. Геометричні співвідношення та масовартісні показники трифазних просторових трансформаторів малої потужності.// Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету: наукові праці КДПУ.- Кременчук: КДПУ, 2002 - Вип. 1 (12). - С. 181 – 183.

6. Плахтырь О.О. Математическая модель аксиальной пространственной электромагнитной системы трехфазного трансформатора с цилиндрическими образующими поверхностями стержней магнитопровода // MOTROL. – Lublin - 2010. — Volume 12A. – 15–24.

7. Плахтырь О.О. Определение тока холостого хода измерительных трансформаторов с витыми магнитопроводами // Матеріали міжнародної науково-практичної конференції молодих учених і студентів «Перспективна техніка і тенологія –2011». – 206–209.

8. Плахтир О.О., Кошкін Д.Л. Конструкторсько-технологічні рішення удосконалення регульованих статичних індукційних пристроїв для електронних систем і перетворювальної техніки – Вісник КНУТД - 2012.-. – №1. – с. 39–42

Сравнительный анализ материалоемкости вариантов трхфазных пространственных электромагнитных систем. О.О. Плахтырь, Я.В. Радченко

На основе относительных аналитических зависимостей показателей материалоемкости выполнен сравнительный анализ вариантов пространственных электромагнитных систем со стыковыми магнитопроводами, отличающимися типом технологии, конфигурацией и направлением магнитного потока стержней. Показаны преимущества магнитопроводов с параллельными стенками обмоточных окон.

The comparing analysis of material consumption of three-phased spatial electromagnetic systems variants O.O. Plakhtyr, Y.V. Radchenko

The comparing analysis of spatial electromagnetic systems` variants with jointed magnetic cores, which are different the type of technology, configuration and magnetic flux direction in rods are made on the base of the analytical dependences of material consuming exponents. The advantages of magnetic cores with parallel sides of are shown.

УДК 621.317.785

ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ ЛІЧИЛЬНИКІВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ

І.А. Шишлов, студент групи МЗ/1

Технолого - економічний коледж МНАУ

О.В. Хвоцан, кандидат технічних наук., старший викладач

Миколаївський національний аграрний університет

Розглянуто питання розвитку і вдосконалення приладів обліку електричної енергії: основні досягнення, винаходи та конструкції лічильників електричної енергії.

Ключові слова: прилади обліку електричної енергії, лічильник, електроенергія.

Постановка проблеми. Значною проблемою в наш час є неефективність обліку електричної енергії при застосуванні застарілого обладнання лічильників електроенергії. Тому актуальним є питання аналізу сучасних і розроблених раніше конструкцій лічильників з метою прогнозування оптимальних варіантів їх розвитку.

Основний матеріал.

«Найбільшим винаходом дев'ятнадцятого століття був винахід методу винаходів». Цей афоризм англійського математика і філософа Альфреда Норду Вайтхеда (1891-1947) прекрасно відображає історію

створення електричного лічильника, який вдосконалювався з кожним новим винаходом, що слідував один за іншим, ґрунтуючись на наукових досягненнях і стимулюючи подальший розвиток.

Перша половина дев'ятнадцятого століття принесла блискучі відкриття в області електромагнетизму. У 1820 році француз Андре-Марі Ампер (1775-1836) відкрив явище взаємодії електричних струмів. У 1827 році німець Георг Симон Ом (1787-1854) встановив залежність між силою струму і напругою в провідниках. У 1831 році англієць Майкл Фарадей (1791-1867) відкрив закон електромагнітної індукції, який лежить в основі принципу дії генераторів, двигунів і трансформаторів.

До другої половини століття вже був добре підготовлений ґрунт для впровадження наукових досягнень в практику. За відкриттями пішли винаходи і патенти. Лампа, динамо-машина, двигун, трансформатор, лічильник і гідротурбіна були винайдені один за одним в короткий термін.

Не дивно, що коли настав час, ключові винаходи відбуваються майже одночасно в різних частинах світу. Угорець Отто Тітус Блаті, винахідник індукційного лічильника і спів-винахідник трансформатора, згадуючи в 1930 році цей захоплюючий період, говорив: «У мій час було легко. Наука походила на тропічний ліс. Все, що було потрібно, це хорошу сокиру, і куди б ти ні вдарив, міг зрубати величезне дерево».

Винахід динамо-машини (Аньош Йедлік в 1861 р., Вернер фон Сіменс в 1867 р.) дав можливість виробляти електричну енергію у великих кількостях. Перше масове застосування електрики – це вуличне освітлення. Коли цей новий продукт — електроенергію — почали продавати, виникла необхідність визначити ціну. Однак було неясно, в яких одиницях слід вести облік і які принципи вимірювання були б найбільш зручними.

Першим електричним лічильником став лічильник годин роботи лампи Самюеля Гардінера (США), запатентований в 1872 році. Він вимірював час, протягом якого електроенергія подавалася в точку

навантаження, при цьому всі лампи, підключені до цього лічильника, контролювалися одним вимикачем. З появою електричної лампочки Едісона стало практикуватися розгалуження ланцюгів освітлення, і такий лічильник вийшов з побуту.

Томас Альва Едісон (1847-1931), який впровадив вперше розподільні освітлювальні електромережі постійного струму, стверджував, що електрику треба продавати як газ. «Електричний лічильник» Едісона, запатентований в 1881 році, використовував електрохімічний ефект струму. Він містив електролітичну комірку, куди на початку розрахункового періоду містилася точно зважена пластинка міді. Струм, що проходить через електроліт, викликав осадження міді. В кінці розрахункового періоду мідну пластинку зважували знову, і різниця у вазі відображала кількість електрики, яка пройшла крізь неї.

Такі лічильники продовжували використовувати до кінця 19-го століття. Однак у них був один великий недолік: зчитування показань представляло складність для енергетичної компанії і було абсолютно неможливим для споживача. Пізніше Едісон додав рахунковий механізм для зручності зчитування показів лічильника.

Існували й інші електролітичні лічильники, такі як водневий лічильник німецької компанії «Сіменс-Шукерт» (Siemens Shuckert) і ртутний лічильник Йенського скляного заводу «Шотт унд Геноссен» (Schott & Gen. Jena). Електролітичні лічильники могли вимірювати тільки ампер-години і не годилися при коливаннях напруги.

Ще одним з можливих принципів конструкції лічильників було створення певного руху — коливання або обертання — пропорційного енергії, який, в свою чергу, міг би запустити рахунковий механізм для відображення даних лічильника. Принцип роботи маятникового лічильника був описаний американцями Вільямом Едвардом Ейртоном і Джоном Перрі в 1881 році. У 1884 році в Німеччині, не знаючи про їх винаходи, Германн Арон (1845-1902) сконструював маятниковий

лічильник. У вдосконаленій моделі цього лічильника було два маятника з котушками на кожному, підключеними до джерела напруги. Під маятниками розміщувалися дві струмові котушки з протилежними намотками. Завдяки взаємодії котушок один з маятників рухався повільніше, а інший швидше, ніж без електричного навантаження. Ця різниця ходу передавалася рахунковому механізму лічильника. Маятники змінювалися ролями кожен хвилину, щоб компенсувати різницю у вихідній частоті коливань. У цей же момент заводився годинниковий механізм.

Такі лічильники були дорогими, тому що вони містили два часові механізми, і їх поступово витіснили моторні лічильники. Маятниковий лічильник дозволяв вимірювати ампер-години або ват-години, але його можна було використовувати виключно для мереж постійного струму.

Іншою альтернативою для створення електролічильника було використання мотора. У таких лічильниках, обертаючий момент пропорційний навантаженню і врівноважується протидіючим моментом, таким чином, частота обертання ротора пропорційна навантаженню, тоді як моменти знаходяться в рівновазі. У 1889 році американець Еліху Томсон (1853-1937) розробив свій «самописний ватметр» для компанії «Дженерал Електрик» (General Electric). Це був двигун з якорем без металевого осердя, який запускався від електричної напруги, що подають на котушку і резистор за допомогою колектора. Статор приводився в рух струмом, і тому обертаючий момент був пропорційний добутку напруги і сили струму. Гальмівний момент забезпечувався постійним електромагнітом, який впливав на алюмінієвий диск, прикріплений до якоря. Такий лічильник використовувався переважно для постійного струму. Великим недоліком моторних електролічильників був колектор.

У часи, коли тільки почалося розподілення електричної енергії, було ще неясно, які системи виявляться ефективніше: системи постійного або змінного струму. Однак незабаром виявився один важливий недолік

систем постійного струму — напругу не можна було змінити, а, отже, було неможливо створювати більш великі системи.

У 1884 році француз Люсьєн Голар (1850-1888) і англієць Джон Діксон Гіббс винайшли «вторинний генератор», попередник сучасного трансформатора. На практиці трансформатор розробили і отримали патент для компанії «Ганц» (Ganz) в 1885 році троє угорських інженерів – Карою Ціперновській, Отто Тітуц Блаті і Микса Дері. У тому ж році Вестінгхаус купив патент Голара і Гібсона, а Вільям Стенлі (1858-1916) вдосконалив дизайн. Джордж Вестінгхаус (1846-1914) також придбав патенти Ніколи Тесли на використання змінного струму. Завдяки цьому з'явилася можливість застосування електричних систем змінного струму. Починаючи з 20-го століття, вони поступово змінили системи постійного струму.

Для обліку електроенергії знадобилося вирішити нове завдання — вимір електроенергії змінного струму. У 1885 році італієць Галілео Ферраріс (1847-1897) зробив важливе відкриття, що два не співпадаючих по фазі поля змінного струму можуть змусити обертатися суцільний ротор, такий як диск або циліндр. У 1888 році незалежно від нього американець хорватського походження Нікола Тесла (1857-1943) теж виявив обертове електричне поле.

Шелленбергер також, випадково, відкрив ефект обертових полів в 1888 році і розробив лічильник електрики для змінного струму. Протидіючий момент створювався гвинтовим механізмом. У такому лічильнику відсутній елемент напруги, щоб врахувати коефіцієнт потужності, тому він не підходив для роботи з електродвигунами.

Ці відкриття послужили основою для створення індукційних двигунів і відкрили шлях індукційним лічильникам. У 1889 році угорець Отто Тітуц Блаті (1860-1939), працюючи на завод «Ганц» (Ganz) в м. Будапешт, Угорщина, запатентував свій «Електричний лічильник для змінних струмів» (патент Німеччини № 52.793, патент США № 423.210).

Цей лічильник, по суті, складається з металевого обертового тіла, такого як диск або циліндр, на який діють два магнітних поля, зрушені по фазі один щодо одного. Цей зсув фаз є результатом того, що одне поле створюється головним струмом, в той час як інше поле утворюється за рахунок котушки з великою самоіндукцією, шунтуючі точки ланцюга, між якими вимірюється споживана енергія. Однак магнітні поля не перетинаються в тілі обертання, як у добре відомому механізмі Ферраріс, а проходять крізь різні його частини, незалежно один від одного.

З таким пристроєм Блаті вдалося досягти внутрішнього зміщення фаз майже на 90° , тому лічильник відображав ват-години більш-менш коректно. У лічильнику використовувався гальмівний електромагніт для забезпечення широкого діапазону вимірювань. У тому ж році компанія «Ganz» приступила до виробництва. Перші лічильники кріпилися на дерев'яній основі, роблячи 240 обертів на хвилину, і важили 23 кг. До 1914 року вага знизилася до 2,6 кг.

У 1894 році Олівер Блекбурн Шелленбергер (1860-1898) розробив лічильник ват-годин індукційного типу для компанії «Вестінгхаус» (Westinghouse). У ньому котушки струму і напруги розташовувалися на протилежних сторонах диску, і два постійних магніти сповільнювали рух цього диску. Цей лічильник теж був великим і важким, вагою в 41 фунт. У нього був барабанний рахунковий механізм.

У 1899 році Людвіг Гутманн, працюючи на фірму «Сангамо» (Sangamo), розробив лічильник ват-годин активної енергії змінного струму типу «А». Ротор складався з циліндра зі спіральним прорізом, розташованого в полях котушок напруги і струму. Диск, прикріплений до дна циліндра, використовувався для гальмування за допомогою постійного магніту. Регулювання коефіцієнта потужності не було передбачено.

У наступні роки було досягнуто багато удосконалень: зменшення ваги і габаритів, розширення діапазону навантаження, компенсація зміни коефіцієнта навантаження, напруги і температури, усунення тертя шляхом

заміни підп'ятників шарикопідшипниками, а потім магнітними підшипниками, а також продовження терміну стабільної роботи за рахунок поліпшення якісних характеристик гальмівних електромагнітів і видалення масла з опори і рахункового механізму. До чергового сторіччя, були розроблені трифазні індукційні лічильники, які використовують дві або три системи виміру, встановлені на одному, двох або трьох дисках.

Індукційні лічильники, відомі також як лічильники Ферраріс, і лічильники, засновані на принципах лічильника Блаті, все ще виробляються у великих кількостях і виконують основну роботу з обліку енергії, завдяки їх низькій вартості і відмінним показникам надійності.

У міру поширення електрики, швидко з'явилася концепція багатотарифного електролічильника з локальним або дистанційним керуванням, лічильника максимального навантаження, лічильника попередньо оплаченої електроенергії.

Перша система контролю пульсацій була запатентована в 1899 році французом Сезаром Рене Лубер, і її вдосконалювали в багатьох компаніях: «Компані де Комптер» (Compagnie des Compteurs) (пізніше «Шлюмберже» (Schlumberger)), «Сіменс» (Siemens), «АЕГ» ((AEG)), Ландіс і Гір ((Landis & Gyr)), Цельвегер ((Zellweger) і Саутер ((Sauter) і Браун Бовері ((Brown Boveri), — і це перелік лише деяких з них.

У 1934 році компанія «Ландіс і Гір» (Landis & Gyr) розробила лічильник «Трівектор», що вимірює активну та реактивну енергію і споживану потужність.

Сучасні електронні лічильники

Видатний період первісної розробки лічильників підійшов до кінця. Як сказав Блаті, продовжуючи свою метафору: «Тепер ти ходиш цілодобово, безперервно, не натикаючись навіть на куш».

Електронні технології не знаходили застосування в обліку енергії до тих пір, поки в 1970-х роках не з'явилися перші аналогові і цифрові інтегральні мікросхеми. Це можна легко зрозуміти, якщо замислитися про

обмежену витрату енергії в замкненому корпусі електrolічильника та очікувану надійність.

Нова технологія дала новий поштовх до розвитку електричних лічильників. Спочатку були розроблені точні стаціонарні лічильники, з використанням принципу час-імпульсного множення. У 1980-х роках були розроблені гібридні лічильники, що складаються з індукційних лічильників та електронних тарифних одиниць. Ця технологія використовувалася відносно недовго. Ідея зчитування показань лічильників на відстані з'явилася в 1960-х роках. Спочатку використовувалася дистанційна імпульсна передача, але поступово замість неї стали використовувати різні протоколи і засоби передачі даних.

В наш час лічильники з розвиненими функціональними можливостями ґрунтуються на новітніх електронних технологіях, із застосуванням цифрової обробки сигналів, причому більшість функцій передбачені вбудованим програмним забезпеченням.

Необхідність у тісній співпраці між виробниками та енергетичними компаніями була усвідомлена відносно рано. Перший стандарт вимірювань, Код С12 Американського Національного Інституту Стандартів (ANSI) для вимірювання електроенергії, був розроблений ще в 1910 році. Перший відомий стандарт виміру Міжнародної Електротехнічної Комісії (МЕК), Видання 43, датується 1931 роком. Високий стандарт точності — це відмінна характеристика, яку встановила і продовжує зберігати вимірювальна індустрія. Вже в 1914 році в проспектах описуються лічильники з точністю 1.5% при діапазоні вимірювань від 10% і менше до 100% максимального струму. Стандарт МЕК 43:1931 встановлює клас точності 2.0. Такий рівень точності досі вважається задовільним для більшості лічильників, що знаходяться сьогодні в комунально-побутовому застосуванні, навіть для стаціонарних лічильників.

Висновки. Генезис лічильників електричної енергії показав необхідність їх розвитку в наступних напрямках:

- 1) мініатюризація конструкції лічильників;
- 2) впровадження і вдосконалення технології дистанційної передачі даних від споживача до енергопостачальника;
- 3) застосування нових модулів, компонентів та сучасних матеріалів у рахунковому механізмі електролічильника;
- 4) вдосконалення систем захисту електролічильників.

Література

1. <http://cikavosti.com/povna-istoriya-elektrichnogo-lichilnika/>
2. http://uk.wikipedia.org/wiki/Лічильник_електричної_енергії

*Перспективы развития счетчиков электроэнергии И.А. Шишлов, О.В. Хвоцан
Рассмотрены вопросы развития и совершенствования приборов учета электрической энергии: основные достижения, изобретения и конструкции счетчиков электрической энергии.*

*Prospects for the development of electricity meters I.A. Shishlov, O.V. Khvoshchan
The questions of development and improvement of electric power meters (major achievements, inventions and designs of electric power meters) are discussed.*

УДК 378.14

ТЕХНОЛОГІЯ СТВОРЕННЯ ВЕБІНАРІВ

І.В. Бацуровська, кандидат педагогічних наук,

Миколаївський національний аграрний університет,

Я.Е. Андрющенко, аспірант ДВНЗ «Університет менеджменту освіти»

В статті описана технологія створення та підготовки до вебінарів. Проаналізовано етапи та аспекти щодо підготовки та створення ефективного вебінару. Представлені основні напрямки підготовки викладачів та студентів до вебінарів.

Ключові слова: технологія, вебінар, освіта, інформаційні ресурси.

Сучасні інформаційні технології впливають на розвиток різних сфер життєдіяльності людини. Освіта є однією з найважливіших сфер впливу інформаційних технологій. У зв'язку з підвищенням активності використання інформаційних технологій в освітньому процесі виникає потреба у створенні технології роботи з інформаційними ресурсами. Вебінар є одним з сучасних рішень для реалізації широкого спектру можливостей інформаційних технологій в сфері освітніх послуг. У зв'язку з цим, метою нашого дослідження є визначення технології створення вебінарів.

Під вебінаром будемо розуміти інтерактивне онлайн-заняття, що проводиться викладачем зі студентами дистанційно з використанням програмних засобів і мережевих ресурсів [1]. Технологія підготовки та проведення вебінару потребує визначення певних етапів. Основною умовою ефективного вебінару є ретельна підготовка до нього всіх його учасників. Зокрема, необхідно провести технічну підготовку, поставити цілі, визначити зміст, обрати форму проведення, визначити методи. Технічна підготовка передбачає вибір платформи вебінарів, з'ясування відповідності вимог платформи та власних технічних можливостей, проведення тестового доступу для усунення проблем та ознайомлення учасників з інтерфейсом віртуального класу. Технічні вимоги можуть відрізнятися в залежності від платформи вебінару [2]. Як правило, вони поділяються на: вимоги до інтернет-з'єднання (швидкість, порти, протокол), до програмного забезпечення, до технічного обладнання. Для участі у вебінарі необхідно мати:

- комп'ютер з налаштованим аудіо та/або відеообладнанням (колонки чи навушники, мікрофон, веб-камера);
- встановлений і правильно налаштований браузер
- встановлений Flash — програвач не нижче версії 9.1;
- виділена лінія Інтернету 512 кб/с для учасників (для отримання відео та аудіо даних) та 128 кб/с (для отримання лише аудіо даних) [4].

Незалежно від типу заняття у процесі підготовки до проведення вебінарів доцільно звернути увагу на такі моменти [3]:

1. Завчасна підготовка до участі та оголошення про дату та час його проведення: всі учасники повинні заздалегідь потурбуватися про наявність необхідного обладнання та відповідного каналу Інтернет зв'язку, для перевірки роботи системи увійти до віртуальної кімнати за 10-15 хвилин до початку вебінару; перевірити звук та можливості ставити та задавати запитання всіма учасниками. Це дозволить мінімізувати ризики технічних «накладок» під час проведення вебінару.

2. Вибір теми, педагогічна доцільність постановки мети та завдань вебінару: слід розкрити основні пункти доповіді, питання обговорення та головну мету проведення вебінару, яка б дала змогу студентів з'ясувати потребу його участі у віртуальному семінарі та шляхів подальшого використання записаних відеоматеріалів.

3. Добір матеріалу, який розглядатиметься на вебінарі: необхідно чітко спланувати співвідношення вивченого та нового матеріалу, сформулювати проблемні запитання та підготувати описи відповідних кейсів, передбачити обговорення запитань в малих групах та парах, розпланувати участь кожного із його учасників, розписати відповідні ролі, забезпечити студентів конкретними завданнями для самостійного опрацювання матеріалу та чіткими критеріями його оцінювання, запропонувати спеціально розроблені форми взаємооцінювання та самооцінювання.

4. Методична підготовка викладача та студентів до семінару: викладач має поділити зміст теми на конкретні питання; заздалегідь описати рекомендації щодо підготовки всіх учасників до їх обговорення, розробити інструкції опрацювання основної та додаткової літератури; обрати форми самостійних повідомлень студентів - доповідь, виступ, опанування; підготовка презентації тощо; залежно від мети проведення

вебінару необхідно розробити показники його оцінювання та форми проведення рефлексії.

5. Сценарій проведення вебінару. Доцільно прописати з вказуванням часу такі основні етапи вебінару: повідомлення теми, мети та завдань заняття; надання слова студентам для повідомлення з питань тематики вебінару, коментар щодо повідомлення студентів; концентрування уваги студентів на питаннях, які передбачені планом; постановка запитань у процесі повідомлення, що спонукають до дискусії, вимагають доказовості, міцності знань, винахідливості, підведення підсумків заняття, завдання для подальшого самостійного опрацювання матеріалу; оцінювання та стимулювання до активної участі студентів у вебінарі, оцінювання відповідей та активної участі у роботі вебінару;

6. Підведення підсумків вебінару: після проведення заняття викладач має провести аналіз, за яким визначити чи розкрита тема, які знання здобули студенти, ставлення до заняття студентів і їх творча активність, досягнення мети заняття.

Метою кожного конкретного вебінару є навчальні цілі, які мають бути досягнуті у результаті проведення вебінару. Цілі потрібно поставити таким чином, щоб після проведення вебінару можна було визначити наскільки підвищився рівень знань студентів, змінилося ставлення до певної проблеми, або сформувалися певні уміння та навички і в якій мірі. Слід зазначити, що результати навчання знаходяться в прямій залежності від усвідомлення цілей навчання студентами. Тому доцільним є обговорення цілей вебінару разом із його учасниками.

Розглянемо детальніше технологію підготовки змісту вебінару. Під час формування змісту доцільно розділяти його на три категорії: інформація, яку студенти зможуть прочитати чи переглянути самостійно; знання та інформацію, яку учасники зможуть отримати від викладача; знання, які учасники зможуть набути під час взаємодії з іншими учасниками. Для проведення змістовного вебінару, студенти мають бути

відповідним чином підготовлені. Студентам повинні бути надані статті, відеофільми та інші матеріали, які вони зможуть застосувати безпосередньо під час вебінару [4].

Важливе значення має якість доповіді. Заздалегідь визначте питання, які ви збираєтесь розкрити і наскільки глибоко. Не варто перевантажувати доповідь інформацією, приверніть увагу слухачів лише до її ключових моментів [5]. Необхідно чітко спланувати співвідношення вивченого та нового матеріалу, сформулювати проблемні запитання, передбачити обговорення запитань в малих групах та парах, розпланувати участь кожного із його учасників, розписати відповідні ролі. План або сценарій вебінару має бути детально продуманим і включати зміст діяльності учасників і час, який відводиться на цю діяльність.

Під час проведення вебінару доцільно дотримуватись таких прийомів:

1. Підвищення інтересу. Спробуйте викликати інтерес до проблеми, яка піднімається у вебінарі. Як відомо, інтерес у навчанні мобілізує увагу, підвищує інтенсивність сприйняття знань, сприяє активізації мислення. Для підвищення інтересу необхідно: підкреслити цінність інформації для учасників, як вони зможуть використовувати її на практиці; довести важливість інформації; відшукати цікаві і нетрадиційні способи подачі матеріалу [3].

2. Принцип доступності. Переконайтеся, що учасники готові до розуміння інформації.

3. Перед початком доповіді ставте питання, які дозволять оцінити рівень знання і досвіду Організація середовища дистанційного навчання в середніх загальноосвітніх навчальних закладах аудиторії, її ставлення до проблеми, що обговорюється. Варто продумати ці запитання заздалегідь. Можна провести опитування за допомогою відповідного інструмента вебінару.

4. В окремих випадках доцільно провести попереднє тестування.

5. Активізація пізнавальної діяльності. Визначите критичні точки віртуального семінару. Підкресліть моменти, які найбільш важливі і цікаві за до допомогою таких засобів: електронної дошки; демонстрування важливих моментів за допомогою відеороликів, анімації; використання одного із методів словесної підтримки [4;5]:

- порівняння — порівняйте описуваний об'єкт з тим, що добре знайомий аудиторії;
- причина — чому ви обрали саме цю тему онлайн-семінару? Чому важливе розуміння даного питання?
- приклад — наведіть приклади, який ілюструватимуть вашу точку зору;
- статистика — використовуйте під час вебінару статистичні дані на підтримку своєї позиції. Функціонал вебінару чудово допоможе візуалізувати цифрову інформацію.
- експеримент з аудиторією — зробіть експрес-опитування аудиторії та проаналізуйте його результати.

У процесі вебінару учасникам може бути запропоновано: відповісти на різні запитання, в тому числі проблемні, риторичні; розв'язати задачі, завдання (бажано, щоб вони були орієнтовані на створення певного освітнього продукту: електронної таблиці, малюнку, схеми); вирішити кейс; обговорення у невеликих групах [1].

Для проведення навчальних занять, сервіс вебінарів має бути спеціалізованим та інтегрованим з популярними системами дистанційного навчання, забезпечувати супровід вебінару до і після заняття, публікацію навчальних матеріалів, аналіз активності студентів у вебінарі, тестування тощо [2].

Відповідно, після проведення вебінару, на сайті мають бути розміщені: запис вебінару для подальшого використання та аналізу, запис чату, запис результатів опитувань та інтерактивів, презентації вебінару

тощо. Також має бути перевірена результативність вебінару за допомогою тестування [4].

Робота студентів над темою вебінару може бути продовжена асинхронно за допомогою створеного форуму. Пізнавальна діяльність студентів у форумі з теми вебінару може бути організована таким чином:

- послідовний розвиток теми, який ґрунтується на системі взаємопов'язаних навчальних завдань;
- розгляд коментарів викладача та студентів;
- коментування, інтерпретація і розвиток висловлених ідей;
- аналіз зворотного зв'язку і наступних коментарів;
- підведення підсумків і рефлексія [3;5].

Таким чином, технологія створення та проведення вебінару передбачає реалізацію таких етапів як попередня підготовка викладача та студентів до дистанційного онлайн-заняття, коротку доповідь викладача та інтерактивну взаємодію учасників, обговорення, рефлексію в залежності від виду вебінару.

Література

1. <http://osvita.ua/vnz/43979/> - Сайт «Вища освіта в Україні».
2. Освітні новинки на тематичних вебінарах. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.microsoft.com/ukraine/webinar/> (10.09.15). – Назва з екрану.
3. Olivia Mitchel. 18 Tips on How To Conduct an Engaging Webinar. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://speakingaboutpresenting.com/presentation-skills/how-to-conduct-engaging-webinar/#comment-6095> (10.09.15). – Назва з екрану.
4. Tips for Webinars: How to Add Impact When You Present Online. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.elearnmag.org/subpage.cfm?article=561§ion=best_practices (10.09.15). – Назва з екрану.

5. Webinar Tips for Presenters and Attendees. - [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.timeatlas.com/news/opinions/webinar_tips_for_presenters_and_attendees (10.09.15). – Назва з екрану.

Технология создания вебинаров. И.В. Бацуrowsкая, Я.Э. Андриющенко.

В статье описана технология создания и подготовки к вебинарам. Проанализированы каждый этап и аспект по созданию эффективного вебинара. Представлены основные аспекты подготовки преподавателей и студентов к вебинарам.

Technology for creating webinars. I. Bacurovska, Y. Andriushchenko.

The article describes the technology of creating webinars. It analyzes every stage and aspect of creating an effective webinar. The paper reveals basic aspects of preparing professors and students for webinars.

УДК 631.363.2

ЗАСТОСУВАННЯ РОЗРІДЖЕНОГО ПОВІТРЯ У РОБОЧІЙ КАМЕРІ КОРМОДРОБАРОК УДАРНО-СТИРАЮЧОЇ ДІЇ ДЛЯ ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ПРОЦЕСУ

Рибка Э.Ю., Подборський О.О., студенти групи М6

О.А. Горбенко, кандидат технічних наук, доцент

Миколаївський національний аграрний університет

В статті проведено аналіз останніх досліджень, присвячених аеродинаміці кормодробарок ударно-стираючої дії. Запропонована експериментальна установка для дослідження процесу подрібнення в умовах змінного тиску у робочій камері.

Ключові слова: дробарки, робоча камера, змінний тиск повітря

Основою розвитку тваринництва є, як відомо, потужна кормова база. Саме корми посідають чільне місце у формуванні галузі. Створення ж кормової бази забезпечується виробництвом достатньої кількості всіх видів кормів, у тому числі й комбінованих, завдяки яким здійснюється

балансування кормових раціонів і підвищення рівня годівлі тварин. Потребу в застосуванні комбікормів у годівлі тварин і птиці довели фахівці, розрахунки яких свідчать, що є певна залежність між характером переробки зерна, згодовуваного тваринам, і ступенем перетворення його поживних речовин на тваринницьку продукцію. Із поглибленням ступеня переробки зерна й ускладненням раціону закономірно падають питомі витрати корму на одиницю продукції і зростає конверсія поживних речовин. Це зростання може в 3,4 рази перевершувати монозернову годівлю й повноцінний комбікорм.

Поруч з цим майже 35-40% зернофуражу в ряді господарств молочного напрямку згодовується в вигляді простої дерті, що приводить до великих перевитрат зерна та підвищує собівартість тваринницької продукції.

Однією з важливих і самих енергоємних операцій у технології кормовиробництва є подрібнення. Приготування кормів складає 45-50 % у собівартості готової продукції тваринництва. Витрати енергії по операціям розподіляються таким чином: транспортування – 20 %, дозування – 15 %, на подрібнення припадає близько 65 % загальних витрат, що складає приблизно 33 % собівартості готової продукції.

Найбільше розповсюдження серед таких подрібнювачів кормів отримали подрібнювачі ударно – стираючої дії – молоткові і роторні дробарки. Суттєвим недоліком дробарок даного типу є досить висока енергоємність процесу й неоднорідність отриманого продукту. Зниження енергоємності процесу подрібнення основної сировини при виробництві комбікормів являється одним з важливіших завдань, що стоїть перед виробниками кормів для сільськогосподарських тварин.

Вивченню оптимізації процесу подрібнення зернової сировини у дробарках ударно – стираючої дії присвячено багато досліджень. На думку багатьох авторів підвищення ефективності процесу подрібнення за рахунок зниження не продуктивних енергозатрат може бути досягнуто за

рахунок усунення повітряно-вихрової області й більш інтенсивної взаємодії робочого органу з продуктом.

Як показали дослідження, проведені низкою учених у різні часи, в робочій камері таких подрібнювачів виникає кільцевий рухомий прошарок продукту товщиною 20-30 мм залежно від завантаженості дробарки. Цей прошарок рухається у напрямку обертання робочого органу зі швидкістю, рівній половині швидкості робочого органу, а у поверхні сита або деки становить 18-22% від окружної швидкості робочого органу. Властивості повітряно-продуктового шару і показників повітряно-вихрової області у робочому просторі дробарки залежать від величини тиску повітря у робочій камері, це дозволяє стверджувати, що ефективність роботи подрібнювачів зерна ударно – стираючої дії суттєво залежать від властивостей цього кільцевого повітряно-продуктового шару, виникаючого у робочій камері. Отже змінивши його властивості ми можемо вплинути на продуктивність дробарки, й зменшити енергозатрати на подрібнення сировини.

Для дослідження процесу подрібнення розроблено експериментальну установку (рис. 1), що представляє собою конструкцію дробарки ударно - стираючої дії з вертикальним розміщенням вала ротора, в робочій камері в якій є можливість змінювати тиск повітря за допомогою насосу або компресора. Установка працює в режимі періодичної дії. Вона дозволяє у процесі експериментів змінювати конструкцію робочих органів, варіювати частоту обертання ротора, змінювати величину тиску повітря в робочій камері. Процеси, що відбуваються в лабораторній установці доступні вимірам, візуальному спостереженню.

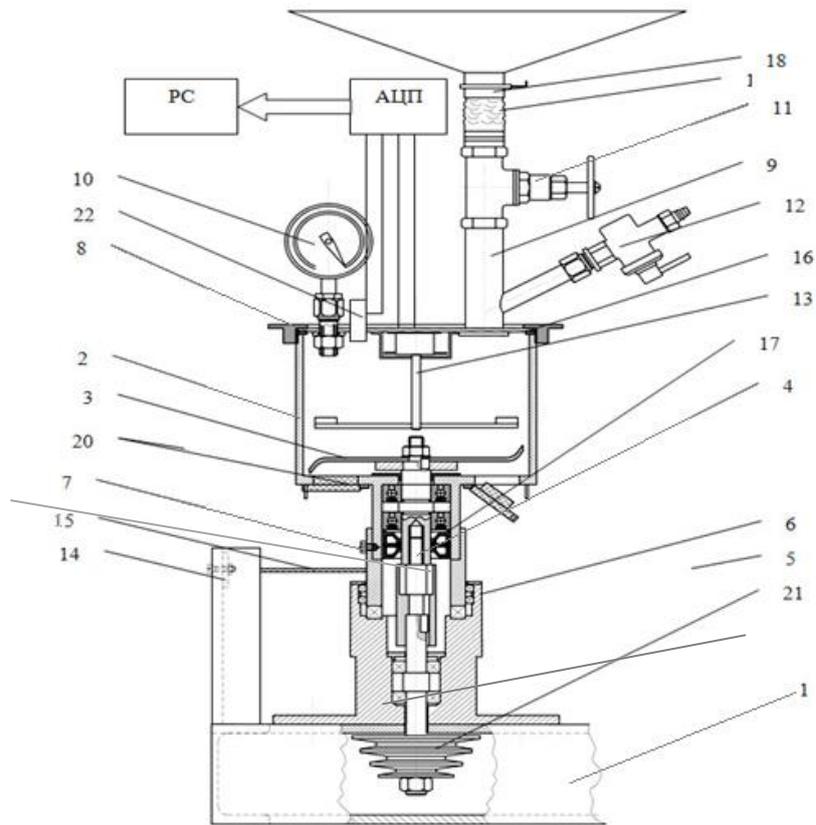


Рис. 1. Експериментальна установка для дослідження процесу подрібнення компонентів комбікормів в умовах змінного тиску повітря у робочій камері: 1 – станина, 2 – корпус робочої камери, 3 – робочий орган, 4 – вал ротора, 5 – муфта, 6 – опорний стакан, 7 – стопорний болт, 8 – кришка, 9 – трійник, 10 – мановакуумметр, 11 – шаровий кран, 12 – компресорний кран, 13 – пристрій для заміру швидкості повітряно-продуктового шару, 14 – тензометричні балочки, 15 – нерозтяжна нить, 16, 17 – ущільнення, 18 – бункер, 19 – повітрянонепроникний рукав, 20 – вихідні кришки, 21 – приводний шків, 22 – датчик тиску МДД-1.

При проведенні експерименту можливе дослідження впливу на ефективність процесу подрібнення змінної величини тиску повітря в робочій камері при одночасній зміні конструктивних і технологічних параметрів робочих органів, тривалості подрібнення, частоти обертання ротора, маси завантаженого в робочу камеру продукту.

Метою експерименту є визначення меж варіювання досліджуваних факторів.

Використання лабораторної установки дає можливість дослідити вплив розрідження чи тиску на процес подрібнення зерна, виявити час подрібнення, можливість збільшення продуктивності і зменшення енергоємності.

Література

1. Комплексная энергетическая оценка процессов и средств измельчения кормового сырья. // Доклады ВАСХНИЛ.И.И. Ревенко-1988.№ 6. – С. 39 – 40.

2. Діордієв В.Т. Автоматизація процесів виробництва комбікормів в умовах реформованих господарств АПК / В.Т.Діордієв. – Симферополь: Доля, 2004. – 138 с.

3. Кинематика рабочего пространства измельчителя ударно-стирающего действия // Вестник ОГУ. Коротков В.Г. - Оренбург, 2002.

4. О движении материала, измельчаемого на молотковой дробилке // Мех. и электр. сел. хоз-ва. Сыроватка В.И. – 1964. - №4.

5. Підвищення ефективності роботи малогабаритних зернових кормодробарок.// Праці Таврійської державної агротехнічної академії. Ялпачик Ф.Ю, – 2005. – Вип. 25. – С. 3-13.

6. Кулаковский И.В., Кирпичникоф Ф.С., Машины и оборудование для приготовления кормов. Справочник. Часть 1.И.В. Кулаковский, Ф.С. Кирпичникоф, – М.: Россельхозиздат, 1987.– С. 25-30.

Применение разреженным воздухом в рабочей камере кормодробилок ударно-стирающего действия для уменьшения энергоёмкости процесса Рыбка Э.Ю., Подборский А.А., А.А. Горбенко

В статье проведен анализ последних исследований, посвященных аэродинамике кормодробилок ударно-стирающего действия. Предложена экспериментальная установка для исследования процесса измельчения в условиях переменного давления в рабочей камере.

Application rarefied air in the working chamber kormodrobarok shock-erasing action erasing action to reduce energy intensity process Ribka E.Y., Podborskyu A.A, O.A. Gorbenko

The article analyzes the latest research on the aerodynamics of forages Crushers of shock-abrasive action. A study for the installation of experiental grinding process under variable pressure in the chamber.

УДК 637.523.2

**МЕХАНІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ
М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ З ВДОСКОНАЛЕННЯМ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ
ПОДРІБНЕННЯ**

О.О .Басьонок

О.А. Горбенко, к.т.н., доцент.

Миколаївський національний аграрний університет

Проаналізовано технології переробки м'ясної сировини. Запропоновано конструктивне рішення обладнання для подрібнення.

Ключові слова: м'ясна сировина, автоматичне дозування

На сучасному етапі розвитку економічних відносин в нашій країні найбільш перспективним є перехід від великих м'ясопереробних комплексів до м'ясопереробних підприємств малої потужності або цехів на базі спеціалізованих відгодівельних комплексів.

Економічна ситуація в Україні негативно впливає на розвиток промисловості, особливо м'ясної. Виробництво сировини, яка використовується для приготування фаршевої м'ясної продукції (свинина та яловичина), скорочується, ціни на неї зростають, попит на дорогу м'ясну продукцію знижується, економічні показники діяльності м'ясопереробної промисловості погіршуються. М'ясопереробні

підприємства шукають нові шляхи вирішення цієї проблеми. Це вдосконалення технології подрібнення сировини з використанням сучасного обладнання, застосовувати різні види ножів для подрібнення м'яса з підвищеним вмістом з'єднувальної тканини.

Дуже важливе значення під час виготовлення ковбасних виробів належить приготуванню фаршу, так як від якості подрібнення залежить якість готової продукції, яка безпосередньо впливає на попит продукції під час реалізації.

Під час переробки м'ясної сировини на технологічному обладнанні здійснюють основні (подрібнення, перемішування, варіння, формування тощо) та допоміжні (завантаження, переміщення, контроль якості, вивантаження й транспортування) операції. Залежно від участі людини в цих операціях, машини й обладнання для переробки м'яса бувають: автоматичні, напівавтоматичні та ручні або неавтоматичні, на яких частину чи всі операції виконують вручну. Конструктивною особливістю таких машин є наявність рухомих робочих органів, які й виконують основні дії з переробки сировини в харчовий продукт. Вони бувають періодичної, напівперіодичної та неперервної дії. Ефективність роботи машин оцінюють за технічними й технологічними показниками, які становлять їх технічну характеристику.

Для здійснення більш глибокого аналізу відомих способів переробки м'ясної сировини досліджено запропоновані рішення, які виконані на рівні винаходу.

Відома лінія для приготування фаршу, що складається з живильників сировини, вагового бункера з тензометричним датчиком, дозаторів рідких компонентів, фаршезмішувача і виконавчих механізмів, встановлених відповідно на ваговому бункері, дозаторах і фаршезмішувачі.

З метою забезпечення точнішого дозування складених компонентів фаршу, підвищення продуктивності і можливості вироблення на одній лінії ширшого асортименту ковбасного фаршу пропонується лінія забезпечена

системою автоматичного дозування компонентів сировини, що містить взаємозв'язані між собою блок вибору виду сировини, блок задавачів доз і блок співвідношення, при цьому блок співвідношення пов'язаний з живильниками сировини і тензометричним датчиком, а останній за допомогою елементів програмного блоку управління сполучений з виконавчими механізмами вагового бункера, дозаторів рідких компонентів і фаршесмішувача.

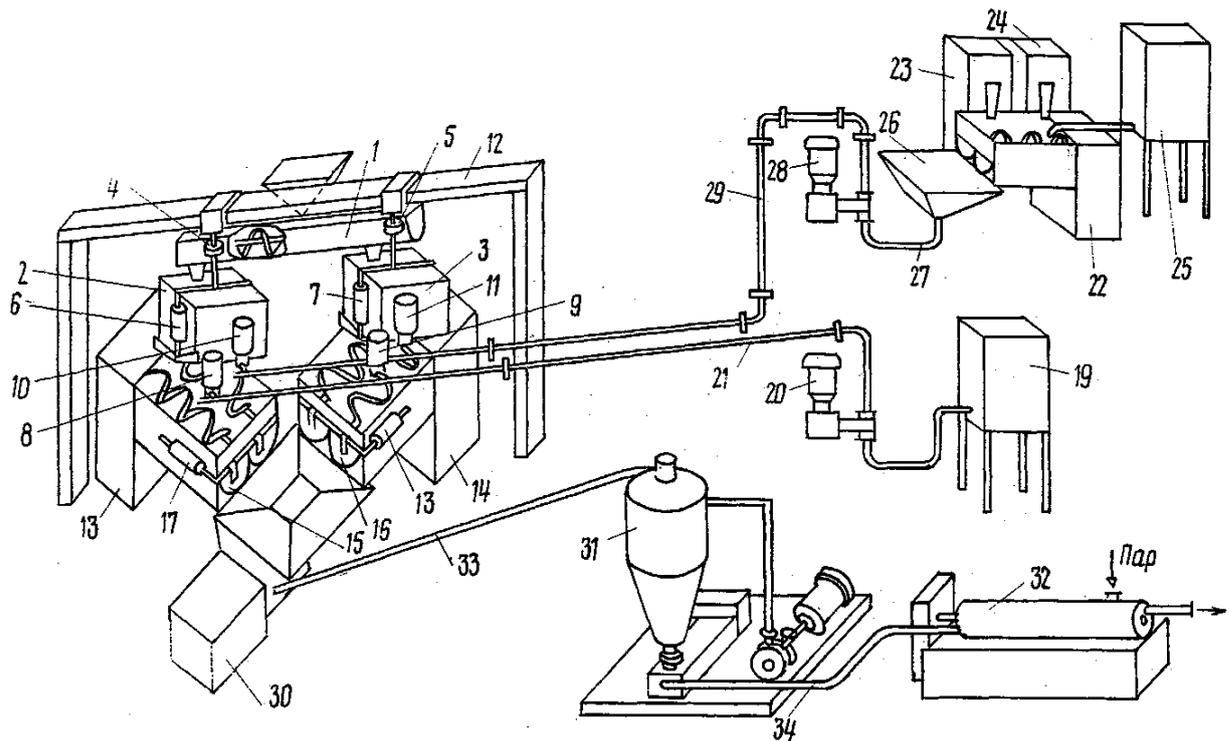


Рис. 1. Лінія для приготування фаршу

Лінія (рис. 1) складається з шнекового розподільника 1, що має реверсивне обертання, двох вагових бункерів 2 і 3, підвішених на 87ило вимірювальних тензорезисторних датчиках 4 та 5 і забезпечених пневмоцилиндрами 6 та 7, пневматичних клапанів води 8 та 9 і емульсії (перший і другий клапани 10 і 11 емульсій), П-подібної стійки 12, на якій розміщені шнековий розподільник 1 і вагові бункери 2 і 3, двох фаршесмішувачів 13 і 14, заслінки 15 і 16 які відкриваються від пневмоциліндрів 17 і 18, пристроїв приготування і дозування води, що складається з бака 19 і насоса-дозатора 20, від якого вода по трубопроводу

21 поступає до клапанів 8 і 9, і пристрої приготування і дозування емульсії, що включає мішалку 22, в яку поступають сухі компоненти (наприклад, крохмаль і соєвий ізолят) з двох дозаторів 23 і 24 води з бака 25, бункер 26 для емульсії, сполучений трубопроводом 27 з насосом-дозатором 28, від якого приготована емульсія подається по трубопроводу 29 до клапанів, а також подрібнювача 30, деаератора 31 і теплообмінного апарату 32, причому подрібнювач 30 сполучений трубопроводом 33 з деаератором 31, а останній сполучений трубопроводом 34 з теплообмінним апаратом 32.

Обґрунтовано систему показників, які впливають на якість процесу подрібнення і готову сировину. Подальший напрямок наших досліджень буде полягати в експериментальному визначенні параметрів якості фаршу і їх взаємозв'язку з конструктивним характеристиками обладнання.

Література

1. Лаврова Л.П. Технология колбасных изделий / Л. П.Лаврова, В. В.Крылова. – М. : Агропромиздат, 1975. – 255 с.
2. Косой В.Д. Совершенствование процесса производства вареных колбас / В.Д. Косой. – М.: Агропромиздат, 1983. – 195 с.
3. Салаватулина Р.М. Рациональное использование сырья в колбасном производстве / Р.М. Салаватулина. – М. : Агропромиздат, 1985. – 256 с.
4. Мищенко Е.П. Производство колбасных изделий / Е.П. Мищенко, Е.И. Гольдман. – М.: Агропромиздат, 1976. – 238 с.

Механизации технологических процессов переработки мясного сырья по совершенствованию оборудования для измельчения А.А. Басюнок, А.А. Горбенко

Проанализирована технология переработки мясного сырья. Предложено конструктивное решение оборудования для измельчения.

Mechanization of technological processes of processing raw meat with the improvemant equipment grinding O.O. Basonok, O.A. Gorbenko

Analyzed the technology of processing of raw meat. It proposed a constructive solution for the grinding equipment.

УДК 631.361.85

АНАЛІЗ ВІДОМИХ КОНСТРУКЦІЙ ЛУЩИЛЬНИХ МАШИН

Коваленко Б.С., студент групи М6

Бицюкін М.М., студент групи М6

Горбенко О.А., к.т.н., доц.

Пастушенко А.С., к.т.н., ст. вик.

Норинський О.І. асистент

Миколаївський національний аграрний університет

Застосування більш досконалих конструкцій луцильних машин дозволить переробляти зерно в крупу з меншими втратами. Останнім часом в круп'яній промисловості набули поширення луцильні машини з гумованим валками, дискові машини, вальцедекові машини.

Ключові слова: луцення зерна, луцильна машина

Крупа в харчовому раціоні людини складає від 8 до 13% від загального споживання зернових, причому гречка є одним з основних продуктів харчування населення України. Ефективність використання зернових культур при виробленні крупи залежить значною мірою від досконалості конструкцій луцильних машин.

Процес переробки крупи полягає в очищенні партії зерна від домішок, сортуванні за крупністю, луценні та відокремленні ядра від плівок, обробці ядра та сортуванні готової продукції.

Луцення зерна в круп'яному виробництві – основна технологічна операція виробництва крупи, від ефективності якої залежать вихід і якість виробленої крупи. Основним завданням луцення зерна є максимальне руйнування його зовнішнього покриття у луцильній машині при збереженні цілісності ядра. Фізико – механічні властивості круп'яного зерна неоднакові, тому дія на нього робочих органів має бути різною, чим і

пояснюється різноманітність конструкцій лушильних машин. Для аналізу ми розглянули такі типи лушильних машин:

Однодекова лушильна машина У1-ОДЛМ призначення для лушення зерна гречки. До складу машини входять два комплекта дек: резинова та абразивна. Резинова дека призначена для лушення проса, а абразивна для лушення гречки. Долаючи опір клапана, зерно рівномірним шаром висипається в щілинний зазор між обертовим барабаном і нерухомою декою, де здійснюється його лушення. Потім продукти лушення по збірнику надходять в аспіраційну колонку, повітрям, у результаті чого квіткові плівки і пил несуться повітряним потоком, а крупа і не лушення зерна спрямовуються самопливом в розсів.

Лушильна машина з багатоступеневими деками призначена для лушення зерна гречки. Лушильна машина працює наступним чином. Зерно, що захоплюється обертаючимся абразивним валком, рівномірно потрапляє в робочий зазор і втягується в робочу зону між валком 1 і фрикційними вставками. Так, як зазор між вставкою і валком по ходу обертання зменшується, зерно одночасно піддається деформаціям зжимання і здвигання. При цьому частина плівок зерна із сторони обертаючогося валка отримує здвигаюче зусилля, в той час як, друга їх частина, яка прижата до нерухомих фрикційних вставок деки отримує гальмівне зусилля, при цьому плівки гречки сколюються по граням. Частини ядра вільно, без деформації проходять через послідові робочі зазори отримані поверхнею абразивного валка і фрикційними планками. Оболонки зерна, що не встигли відділитися на першій стадії лушення, потрапляють в слідуючий робочий зазор.

Двохдековий лушильний станок 2ШДС-3 призначений для лушення зерна проса чи грачихи. Забезпечує видалення квіткових плівок з зерен при дії на них трьох робочих поверхонь, одна з яких- обертаючийся валок і дві нерухомі деки.

Зерно потрапляє в приймальний патрубок 14 і живильним валіком 5 рівномірним потоком подається по лотку 7 в першу робочу зону. Потім по направляючому лотку 21 зерно вводиться в другу робочу зону, де повторно лушиться. Продукт з верстата виводиться через отвір 23. Необхідну ефективність лушення отримують регулюванням зазорів між валком і деками

Вальцедековий станок з оригінальною декою призначений для лушення зерна гречки. Абразивний вал приводиться в обертання приводом через ремінну передачу. Обертаючи гвинт, одним кінцем закріплений на корпусі, переміщують цапфи в бік валу. Разом з цапфами 8 переміщується і дека. Гвинт обертають до тих пір, поки дека не виявиться на відстані робочого зазору від валу. Зерно подається в приймальний патрубок, з якого воно потрапляє в зазор між валом і декою, де і відбувається лушення зерна.

Отже, існує велика кількість машин для лушення зерна гречки, всі вони використовуються в технологічних процесах виготовлення круп з різних видів зернових культур в тому числі і гречки. Незважаючи на високий технологічний і конструктивний рівень виконання машин для лушення зерна вони мають ряд недоліків: металоємність, енергоємність, громіздкість, жорстке кріплення робочих органів. Тому головним завданням є вдосконалення конструкції лущильної машини, яка буде забезпечувати підвищення продуктивності, зниження енергоємності робочого процесу при зменшенні виходу дробленого зерна.

Застосування більш досконалих конструкцій лущильних машин дозволить переробляти зерно в крупу з меншими втратами. Останнім часом в круп'яній промисловості набули поширення лущильні машини з гумованим валками, дискові машини, вальцедекові машини.

Література

1. Оборудование для производства муки и крупы: Справочник / Сост. Демский А. Б., Борискин М. А., Веденьев В. Ф., Томаров Е. В., Чернолихон А. С. – СПб, Изд-во «Професия», 2000. – 624 с. Ил.
2. Производство крупы: Справочное издание / Сост. Каминский В. Д., Остапчук Н. В. – Изд-во «Урожай», 1992. - 58 с.
3. Шелушение зерна крупяных культур. Совершенствование технологического оборудования: Сост. Филин В. М., Филин Д. В. – М.: «ДеЛи принт», 2002. – 135 с.

Анализ известных конструкций луцильные машин Коваленко Б.С., Бицюкин М.М., Горбенко А.А., Пастушенко А.С., Норинский А.И.

Применение более совершенных конструкций шелушительных машин позволит перерабатывать зерно в крупу с меньшими потерями. В последнее время в крупяной промышленности получили распространение луцильные машины с обрениненными валками, дисковые машины, вальцедековые машины.

Analysis known structures shelling machines Kovalenko B.S., Bytsyukin M.M., Gorbenko O.A., Pastushenko A.S, O.I. Norynskyu

The use of more sophisticated designs shelling machines allow to process grain cereal with smaller losses. Recently cereals industry became widespread shelling machines with rubber rollers, disc machine valtsedekovi machine.

УДК 631.361.85

АНАЛІЗ ЗАСОБІВ МЕХАНІЗАЦІЇ ОТРИМАННЯ НАСІННЯ БАШТАННИХ КУЛЬТУР

*Деркач І.О., Якименко С.П., Боднар А.В., Сумарєв І.М., студенти
гр. М6*

Гнатко В.І., студент групи ЗМ6

*Горбенко О.А. к.т.н., доц., к.т.н., ст. вик. Пастушенко А.С., ас.
Стрельцов В.В., ас. Норинський О.І.*

Миколаївський національний аграрний університет.

Відокремлювач насіння - це одна з головних машин, що визначають пропускну здатність всієї лінії. До нього пред'являються особливі вимоги по якісним показникам, експлуатаційної надійності та матеріаломісткості.

Ключові слова: виділення насіння, сепаруючий пристрій

Виробництво овочевих і баштанних культур є однією з найбільш трудомістких галузей сільськогосподарського виробництва. Обсяги виробництва залежать не тільки від умов вирощування, але і від якості насіннєвого матеріалу. Отримання насіння овоче-баштанних культур на сьогоднішній день не відповідає потребам сільського господарства і призводить до необхідності використання валютних запасів для закупівлі насіннєвого матеріалу за кордоном: в Угорщині, Болгарії, США, Голландії та ін.

Таким чином, розвиток насінництва овоче-баштанних культур, таких як кавун, диня, огірок і т.д., зробить можливим забезпечення насіннєвим матеріалом виробників України.

Машини СОМ-2 та ІБК-5 для виділення насіння з баштанних культур по продуктивності і якісним показникам призначені для роботи на порівняно невеликих селекційно-насінницьких ділянках з сезонним обсягом переробки плодів 400 - 600 т. Зазначені машини не відповідають вимогам великого спеціалізованого виробництва, де обсяги переробки насінників перевищують 10 тис. т. Для вирішення питання переробки насіннєвих плодів баштанних культур в спеціалізованих насінницьких господарствах Миколаївською філією ГСКБ по машинах для овочівництва розроблені і до 1995 р випускалися потокові лінії ЛСБ-20; ЛСБ-30 [22]. Лінія ЛСБ-20 відрізняється від лінії ЛСБ-30 типом відокремлювача, у першій встановлено відокремлювач грохотного типу, пристрій якого буде розглянуто нижче, а в лінії ЛСБ-30 встановлений роторний, принцип дії якого аналогічний відокремлювачу.

Ці лінії призначені для приймання плодів, виділення з них насіння, протирання, відділення від насіння слизової оболонки шляхом барботування (перемішування насіння у водному середовищі за допомогою повітря), відмивки і сушіння насіння, а також для збору відходів. Технологічна схема лінії ЛСБ -20 представлена на рис. 1.

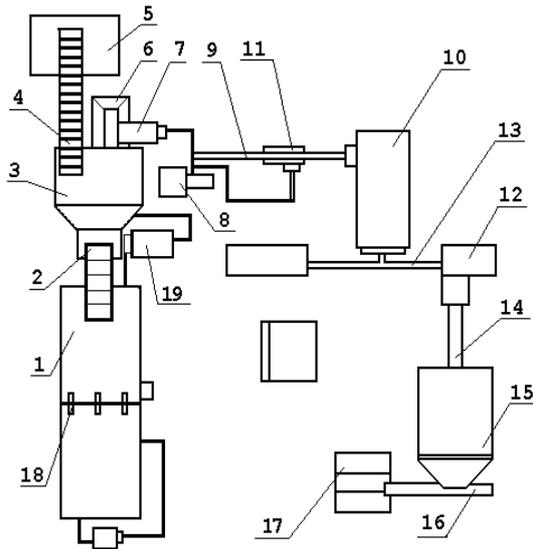


Рис. 1. Технологічна схема лінії ЛСБ – 20.

- 1 - приймальна ванна;
- 2 - подаючий транспортер;
- 3 - вказівник насіння;
- 4 - транспортер відходів;
- 5 - бункер відходів; 6 - збірник насіння; 7 - фекальний насос;
- 8 - протирищик насіння;
- 9 - транспортер; 10 - сепаратор насіння; 11 - воздуходувный агрегат;
- 12 - протирищик; 13 - транспортер; 14 - транспортер; 15 сушильне обладнання; 16 - транспортер; 17 - шліфувальник; 18 - мотовило; 19 – насос

Відокремлювач насіння - це одна з головних машин, що визначають пропускну здатність всієї лінії. До нього пред'являються особливі вимоги по якісним показникам, експлуатаційної надійності та матеріаломісткості. Відокремлювач здійснює функцію подрібнення плодів баштанних культур і виділення насіння з подрібненої маси. Технологічна схема роботи відокремлювача представлена на рис.2.

Сепаруючий пристрій включає два однакових взаємно врівноважених горизонтально хитних триступінчатих грохоти (верхній 5 і нижній 6), два душових пристрої 7 і привід. Кінематичні режими і конструктивні параметри грохотів (довжина робочої зони, тип решета, кут їх нахилу до горизонту, частота і амплітуда коливань) однакові. Вони

відрізняються лише тим, що верхній і нижній грохот коливаються в протифазі. Однак, це пов'язано не з протіканням технологічного процесу, а з необхідністю динамічного врівноваження грохотів. Решета, якими комплектується грохот, дозволяють переробляти насінні плоди всіх баштанних культур і огірка.

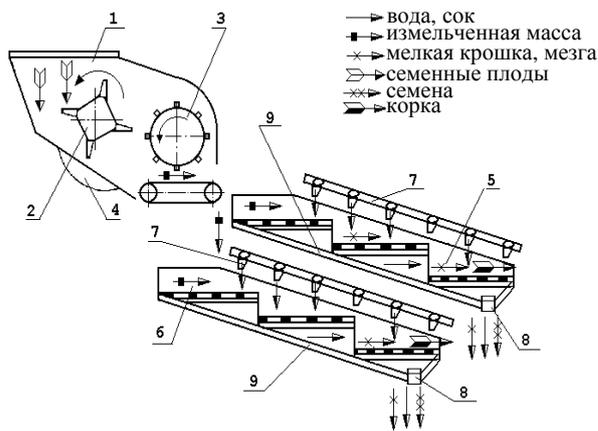


Рис.3. Технологічна схема відокремлювача баштанних культур:

1 - бункер плодів; 2 - штифтової барабан; 3 - бичовий барабан; 4 - підбарабання (дека); 5 - верхній гуркіт; 6 - нижній гуркіт; 7 - душове пристрій; 8 - вивантажувальний патрубок

Таким чином, вирішення питання механізації виробництва насіння вбачається в комплексному підході до даної проблеми. Комплексний підхід полягає в розробці і створенні біоконверсного комплексу, який є замкнутою системою, що дозволяє отримати безвідходне виробництво. Мета створення комплексу - отримання високоякісної екологічно чистої продукції, поліпшення екологічної обстановки в зоні її виробництва і повна утилізація відходів.

Література

1. Медведєв В.П., Дураков А.В. Механізація виробництва насіння овочних і бахчевих культур. – М.: Агропромиздат 1985. – 320с.
2. Пастушенко С.І., Обладнання для виділення і доробки насіння овоче-баштанних культур / С.І. Пастушенко, К.М. Думенко, А.С. Пастушенко, А.О. Дубовик // Вісник Аграрної науки причорномор'я – Миколаїв, 2007. – 300с.

3. Бэтчелор Дж. Введение в динамику жидкости. Перев. с англ. – М.: Мир, 1973. –758 с.

4. Анисимов И. Ф. Машины и поточные линии для производства семян овощебахчевых культур. - Кишинев: Штиинца, 1987. - 292с.

Анализ средств механизации получения семена бахчевых культур Деркач И.А., Якименко С.П., Боднар А.В., Сумарев И.М., Гнатко В.И., Горбенко А.А. Пастушенко А.С., Стрельцов В.В., Норинский А.И.

Отделитель семян - это одна из главных машин, определяющих пропускную способность всей линии. К нему предъявляются особые требования по качественным показателям, эксплуатационной надежности и материалоемкости.

Analysis of mechanization for seeds melons Derkach I.A., S.P. Yakimenko, Bodnar A.V., Sumaryev I.M., Gnatko V.I., Gorbenko O.A., Pastushenko A.S., Streltsov V.V., A.I. Norynsky

Separator seed - is one of the main vehicles that determine the capacity of the entire line. To him special requirements on quality indicators, operational reliability and material consumption.

УДК 631.3: 664.3

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ПЕРЕРОБКИ
ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР З ОБҐРУНТУВАННЯМ ВИБОРУ МАШИНИ
ДЛЯ ШЕРЕТУВАННЯ НАСІННЯ**

*Кондря Д.І., Болгов О.В., Дубляк П.В., Нікітін О.В., студенти групи М6
Мельник С.С., студент групи ЗМ6*

*Наукові керівники – к.т.н., доц. О.А. Горбенко, ас. В.В. Стрельцов,
ас. Норинський О.І.*

Миколаївський національний аграрний університет

Досліджування впливу продуктивності ЦБР марки МРЦ-5 на фракційний склад отримуваної рушанки гібридного насіння соняшнику.

Ключові слова: відцентрова рушка, продуктивність

Сучасні сорти соняшнику, особливо гібридні популяції в порівнянні зі своїми попередниками двадцятирічної давності мають не лише велику олійність, але і відсутність повітряного прошарку між ядром і лушпинням. Тому питання шеретування вимагає особливої уваги, оскільки визначає надалі кількісний зміст лушпиння в ядровій фракції, підвищений рівень якої обумовлює комплекс негативних наслідків. По-перше, оскільки лушпиння баласт, то її збільшення на 1% знижує продуктивність заводу на 2,5%. По-друге, лушпиння, як абразивна речовина прискорює знос робочих органів технологічного обладнання. По-третє, погіршується товарний вид, тобто знижується якість пресової олії у зв'язку з переходом в нього з ліпідів лушпиння таких супутніх речовин як фарбувальних, воску і воскоподібних. По-четверте, знижується вміст протеїну в макусі, що погіршує його кормові якості. По-п'яте, зменшується вихід олії.

У маслодобувній галузі широко поширені бичеві насіннерушки і їх модернізовані конструкції, які функціонують по методу багатократного удару, що помітно збільшує втрати олії з лушпинням, яке відходить. Найбільш ефективним способом шеретування соняшникового насіння є метод одноразового удару, реалізований у відцентрових рушках різних модифікацій.

В якості об'єкту шеретування використовувалася виробнича суміш гібридного насіння соняшнику з вологістю 7,4%. Проведення виробничих і стендових випробувань здійснювалося на розробленій відцентровій рушці марки МРЦ-5.

Досліджували вплив продуктивності ЦБР марки МРЦ-5 на фракційний склад отримуваної рушанки гібридного насіння соняшнику. Мінімальна і максимальна продуктивності ЦБР склали відповідно до 0,46 - 2,03 т/год. при робочій частоті обертання роторного пристрою 2060 об/хв.

З урахуванням отриманих результатів, експериментальних і теоретичних досліджень вдосконалена ЦБР марки МРЦ-5 для шеретування соняшникового насіння.

На рис. 1 зображений загальний вид універсальної відцентрової рушки для шеретування соняшникового насіння.

Відцентрова рушка для шеретування соняшникового насіння, складається з: корпусу 1, завантажувального бункера 2, живильника 3, роторного пристрою 4, деки 5, патрубк для виведення рушанки 6 і приводу 7.

У верхній частині рушки до корпусу 1 кріпиться завантажувальний бункер 2, який оснащений живильником 3 з плоским шибром 8 або конусним. У середині корпусу 1 на опорах 9 змонтована дека 5 у вигляді кільцевого усіченого конуса, внутрішня робоча поверхня якої виконана рифленою, що забезпечує необхідну ефективність шеретування соняшникового насіння.

У середині корпусу 1 встановлений роторний пристрій 4, забезпечений розподільником 10. Роторний пристрій 4 закріплено на вертикальному валу 11, сполученому через клинопасову передачу з приводом 7. Роторний пристрій 4 змонтовано з нижнього і верхнього дисків відповідно до 12 і 13, між якими встановлені радіальні лопатки 14, виконані П - подібної форми, що дозволяє удвічі збільшити їх термін експлуатації. При цьому радіальні лопатки П - подібної форми закріплені основою на нижньому диску 12.

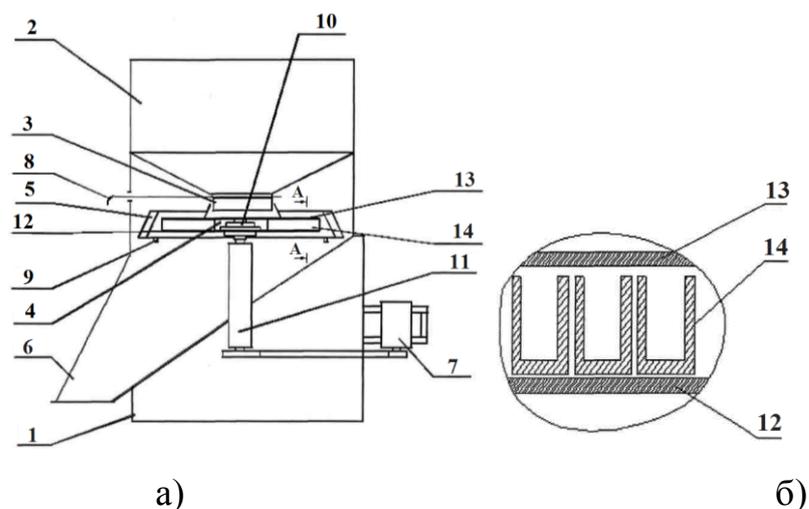


Рис. 1. Загальний вид відцентрової насіннерушки для шеретування соняшникового насіння : а) загальний вид, б) фрагмент розрізу ротора

Відцентрова рушка працює таким чином. Насіння поступає в приймальний бункер 2. За допомогою шибера 8 регулюють кількість насіння, що подається, на розподільник 10. Далі насіння розподіляється усередині роторного пристрою, що обертається, 4 по П - подібним радіальним каналам 14. При обертанні роторного пристрою 4 за годинниковою стрілкою насіння рухається уздовж лівої сторони П - подібної радіальної лопатки. Насіння, що вилітає, ударяється об деку 5. При ударі насіння руйнується і у вигляді рушанки виводиться через патрубок 6. Після зносу лівої половини П - подібної радіальної лопатки двигун перемикають на роботу проти годинникової стрілки і в цьому випадку насіння рухається уздовж правої половини П - подібної радіальної лопатки 14. Таким чином термін служби пропонованої П - подібної радіальної лопатки збільшується в двое в порівнянні з відомою ЦБР.

Для ЦБР марки МРЦ-5М, з урахуванням отриманих результатів моделювання, встановлені оптимальні конструктивні параметри робочих елементів роторного пристрою $R_0 = 0,1$ м при $D = 380$ мм ($v_R = 32,5$ м/с). Це дозволило збільшити продуктивність рушки майже в 1,4 разу без зміни її габаритних розмірів і тільки за рахунок установки лопаток нової геометрії і роторного пристрою.

ЦБР марки МРЦ-5 доцільно використовувати на заводах малої потужності (продуктивністю до 100 т/добу по насінню) при переробці соняшникового насіння, що підтверджено високою ефективністю її експлуатації, а також в універсальних лініях отримання рослинних олій з плодівих і фруктових кісточок.

Література

1. Гавриленко И.В. Оборудование для производства растительных масел / И.В. Гавриленко. Издательство пищевая промышленность. — М.: 1975. — 350 с.

2. Калошин Ю.А. Технология и оборудование масложировых предприятий / Ю.А. Калошин — М.: Издательский центр «Академия», 2002. — 363 с.

3. Кошевой Е.П. Оборудование для производства растительных масел / Кошевой Е.П. — М.: Агропромиздат, 1991. — 208 с.

4. Кошевой Е.П. Технологическое оборудование предприятий производства растительных масел / Е.П. Кошевой. - М.: ГИОРД, 2001. — 368 с.

5. Масликов В.А. Технологическое оборудование производства растительных масел / Масликов В.А. — М.: Пищевая промышленность, 1974. — 439 с.

Исследование технологического процесса переработке масличных культур с обоснованием выбора машины для шеретувания семена Кондря Д.И., Болгов А.В., Дубляк П., Никитин А.В., Мельник С.С., О.А. Горбенко, В.В. Стрельцов, Норинский А.И.

Исследование влияния производительности ЦБР марки МРЦ-5 на фракционный состав получаемой рушанки гибридных семян подсолнечника.

Research process processing oil crops with justification machines for selection sheretuvannya seeds Kondrya DI, Bolgov O.V., Dublyak P.V., Nikitin A.V., S. Miller, O.A. Gorbenko, V.V. Streltsov, Norynskyu A.I.

The influence performance CBR brand MRC-5 on the fractional content of received rushanky hybrid sunflower seeds

УДК 637.02

ТЕХНОЛОГІЯ ПЕРЕРОБКИ МОЛОКА В ПИТНЕ МОЛОКО

Фомин С.Є., Поставнюк А.Д., студенти групи М6

Наукові керівники - к.т.н., доцент Горбенко О.А., ас. Норинський О.І.

Миколаївський національний аграрний університет

Молоко - продукт харчування, найбільш досконалий за своїм складом. Цінність молока полягає в ідеальній збалансованості поживних речовин. Молочні продукти відіграють величезну роль в харчуванні людини, забезпечуючи організм необхідними для здоров'я елементами. Молоко - найменш замінний продукт, особливо для дитячого харчування.

Ключові слова: очищення, охолодження, сепарація

Приймання і оцінка якості молока

На молокопереробних підприємствах існує певний порядок приймання та оцінки якості молока. Приймання здійснюють відповідно до вимог чинного стандарту на молоко натуральне коров'яче. Молоко натуральне коров'яче повинно бути отримано від здорових тварин, відфільтровано та охоложене в господарстві не пізніше ніж через 2 години після доїння до температури не вище 6 ° С.

Молоко залежно від органолептичних, фізико-хімічних і мікробіологічних показників поділяють на сортове (вищий, перший і другий) і несортних. За зовнішнім виглядом і консистенції сортове молоко повинно бути однорідною рідиною без осаду і пластівців, білого або світло-кремового кольору; смак і запах чисті, без сторонніх запахів і присмаків, невластивих свіжому натуральному молоку. Для несортних молока допускаються наявність пластівців білка і механічних домішок, а також виражені кормові присмак і запах.

Способи очищення молока

Очищення проводять для того, щоб видалити механічні забруднення і мікроорганізми. Здійснюють очищення способом фільтрування під дією сил тяжіння або тиску та відцентровим способом на сепараторах-молокоочіститель. При фільтруванні молоко має подолати опір, який чиниться перегородкою фільтра, виконаної з металу або тканини. При проходженні рідини через фільтруючу перегородку на ній затримуються забруднення в кількості, пропорційній обсягу рідини, що пройшла через фільтр.

Періодично через кожні 15 ... 20 хв необхідно видаляти забруднення з фільтра. Ефективність очищення значною мірою залежить від тиску, при якому відбувається фільтрування. Зазвичай в циліндричні фільтраційні апарати молоко надходить під тиском 0,2 МПа. Фільтраційні апарати з тканинними перегородками мають ряд недоліків: короткочасність безупинної роботи; необхідність частого розбирання для промивки; можливість прориву тканини, зменшення продуктивності фільтрів залежно від тривалості роботи.

Режими охолодження молока

Якість молока, особливо його бактеріологічні показники, в значній мірі залежить від тривалості і температури його зберігання. Відомо, що свеживидоенне молоко містить особливі бактерицидні речовини, які не тільки перешкоджають росту бактерій, а й знищують їх. У неохолоджену молоці швидко розвиваються мікроорганізми, що викликають його скисання. Так, при температурі 32 ° С через 10 год кислотність молока підвищується в 2,8 рази, а число бактерій зростає в 40 разів. У молоці, охолоджену до 12 °С, протягом 10 год кислотність не збільшується, а загальна кількість бактерій змінюється несуттєво. Значить, охолодження молока - один з основних факторів, що сприяють придушенню розвитку небажаної патогеної мікрофлори і збереженню якості молока.

Розмноження більшості мікроорганізмів, що зустрічаються в молоці, різко сповільнюється при охолодженні його нижче 10 ° С і майже повністю припиняється при температурі близько 2 ... 4 ° С.

Оптимальні терміни зберігання молока, охолодженого до 4 ... 6 ° С, не більше 12 ч. При більш тривалому зберіганні молока в умовах низьких температур виникають вади смаку і консистенції.

Механічна обробка молока

Сепарація молока - це поділ його на дві фракції різної щільності: високожирних (вершки) та низькожирне (знежирене молоко).

Здійснюється сепарування під дією відцентрової сили в барабані сепаратора. Молоко, розподіляючись в барабані між тарілками у вигляді тонких шарів, переміщається з невеликою швидкістю, що створює сприятливі умови для найбільш повного відділення високожирної фракції (жирових кульок) за короткий час.

Нормалізація - це регулювання складу сировини для отримання готового продукту, що відповідає вимогам стандарту.

При нормалізації вихідного (цільного) молока по жиру можуть бути два варіанти: жиру в цілісному молоці більше, ніж потрібно у виробництві, і жиру в цілісному молоці менше, ніж потрібно.

Гомогенізація - це обробка молока (вершків), яка полягає в дробленні (диспергування) жирових кульок шляхом впливу на молоко значних зовнішніх зусиль. Відомо, що при зберіганні свіжого молока і вершків із-за різниці в щільності молочного жиру і плазми відбувається спливання жирової фракції, або її відстоювання. Швидкість відстоювання жиру залежить від розмірів жирових кульок, в'язкості, від можливості з'єднання жирових кульок один з одним.

Теплова обробка молока

Вплив теплової обробки на властивості молока

Теплову обробку молочної сировини проводять з метою його знезараження. Вона повинна забезпечити не тільки надійне придушення життєдіяльності мікроорганізмів, але і максимально можливе збереження початкових властивостей молока. Будь-яке тепловий вплив на молоко порушує його первісний складі фізико-хімічні властивості. Ступінь фізико-хімічних змін складових частин молока залежить головним чином від температури і тривалості теплової обробки.

Молочні білки під дією тепла денатурують. Найбільш чутливі до нагрівання сироваткові білки, які денатурують при температурах вище 65 °С, казеїн ж володіє високою тепловою стійкістю. При температурах вище 100 °С починається часткове розкладання лактози, в результаті якого

молоко набуває специфічний смак, запах і колір (бурий). Молочний жир при нагріванні до 100 ° С практично не змінюється. У процесі теплової обробки частково руйнуються вітаміни, особливо водорозчинні (С, В₁₂, тіамін і ін), а також інактивуються ферменти (редуктаза, фосфатаза, пероксидаза). Мінеральні солі в результаті переходу розчинних солей кальцію і фосфору в нерозчинний стан частково випадають в осад. Зміна складових частин молока, що негативно впливає на харчову цінність і органолептичні показники, має бути незначним.

До видів теплової обробки відносяться пастеризація і стерилізація. Різновиди пастеризації - це ультрависокотемпературної (УВТ) обробка та термізація.

Пастеризація молока

Пастеризація молока - це тепла обробка молока з метою знищення вегетативних форм мікрофлори, в тому числі патогенних. Режим пастеризації має забезпечити також отримання заданих властивостей готового продукту, зокрема органолептичних показників (смак, потрібні в'язкість і щільність згустку). Ефект пастеризації, обумовлений ступенем загибелі патогенної мікрофлори, впливає на вибір режимів і способів пастеризації. З патогенних мікроорганізмів найбільш стійкі до теплової обробки бактерії туберкульозу. Оскільки робота з визначення збудників туберкульозу складна, то ефективність пастеризації прийнято визначати за загибелі не менш стійкою кишкової палички.

Ультрависокотемпературної (УВТ) обробка молока проводиться при температурах вище 100 ° С без витримки або з витримкою 1 ... 3 с. Так, в технології кисломолочних напоїв використовують УВТ-обробку при 102 ± 2 ° С без витримки.

Термізація - це тепла обробка молока з метою збільшення тривалості його зберігання шляхом зниження загальної бактеріального обсіменіння молока. Проводять її при температурі 65 ° С протягом 15 с. Термізація в якості низькотемпературної короткочасної теплової обробки

рекомендована для підвищення стійкості сирого молока при зберіганні. У сироваріння термізацію застосовують для обробки молока з підвищеною бактеріальною обсемененностью і призначеного для дозрівання, а у виробництві молочних консервів - для підвищення термостійкості молока.

Молоко повинно бути цілісним, свіжим та отриманий від здорових корів, мати чистий, солодкуватий смак і запах, властивий свіжому молоку. Колір від білого до світло-кремового, без будь-яких кольорових плям і відтінків. За консистенцією це однорідна рідина без згустків білка і грудочок жиру, без осаду, щільністю не нижче 1027 кг / м^3 . Не підлягає прийманню молока в перші 7 днів після отелення і старо дійне молоко за 10-15 днів перед запуском корови. Не допускається у молоці різко виражених кормових присмаків, а також молоко зі стійким запахом хімікатів і нафтопродуктів з додаванням нейтралізуючих речовин, із залишковим вмістом хімічних засобів захисту рослин і тварин, а також антибіотиків, з прогірклим, затхлим присмаком, тягучою консистенцією. Після цього молоко підігрівається до $45 \dots 55 \text{ }^{\circ} \text{C}$ і гомогенізується при тиску 10-15 МПа. Нормалізоване і гомогенізоване молоко пастеризується при $76 \text{ }^{\circ} \text{C}$ з витримкою 15-20 с. Потім молоко охолоджується до $4-6 \text{ }^{\circ} \text{C}$. Охолоджене молоко розливається і упаковується в скляну, паперову або полімерну тару. На відміну від пляшок пакети використовуються одноразово. При цьому виключається складний процес миття, скорочуються необхідні площі, чисельність обслуговуючого персоналу, витрата енергії, миючих засобів і води, поліпшуються санітарні умови виробництва. Полімерна тара значно легше пляшок і тому зручна для споживача і транспортування. Термін зберігання герметично упакованого пастеризованого молока при температурі $4 \pm 2 \text{ }^{\circ} \text{C}$ становить 3 дні.

Література

1. Крись Г.Н., Храмов А.Г., Волокітіна Л.В. Технологія молока і молочних продуктів. -СПб.: Торг. будинок ГІОРД, 2004. - 455 с.

2. Степанова Л.І. Довідник технолога молочного виробництва. Технологія та рецептури. Т.1. Суцільномолочні продукти. -2-е вид. - СПб ГІОРД, 2004. -384с.

3. Норми технологічного проектування підприємств молочної промисловості. / ВНТП 645/137-92: Утв. Комітетом РФ по харчовій і переробній пром-сті. -М., 1999. - 102с

Технология переработки молока в питьевое молоко Фомин С.Е., Поставнюк А.Д., Горбенко А.А., Норинский А.И.

Молоко - продукт питания, наиболее совершенный по своему составу. Ценность молока заключается в идеальной сбалансированности питательных веществ. Молочные продукты играют огромную роль в питании человека, обеспечивая организм необходимыми для здоровья элементами. Молоко - наименее заменимый продукт, особенно для детского питания.

Milk processing technology in drinking milk Fomin S.E., Postavnyuk A.D., Gorbenko A.A., A.I. Norynskyu

Milk - the food, the most perfect in their composition. The value of milk is the perfect balance of nutrients. Dairy products play an important role in human nutrition, providing essential health body elements. Milk - less replacement product, particularly for baby food.

УДК 631.361.85

РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЧНОЇ СХЕМИ ВИРОБНИЦТВА

ПШЕНИЧНОГО БОРОШНА

Тарасов І.Г., Удовика А.О., Ігнат'єв В.В., студенти гр.М6

Зеталь Д.Б., Камишева О.Б., Жмакін В.І., Мусиченко О.В., студенти групи ЗМ6

Наукові керівники: к.т.н., доцент Горбенко О.А., ас. Стрельцов В.В.

Миколаївський національний аграрний університет.

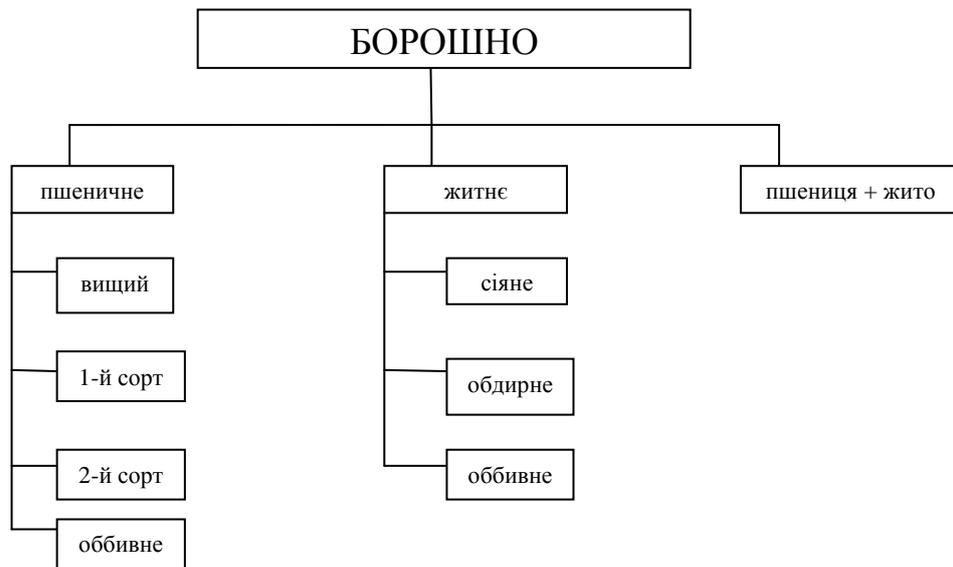
Спосіб виробництва пшеничного борошна включає підготовку зерна до помелу шляхом очищення зернової маси від домішок , обробки поверхні зерна і його гідротермічної обробки , поетапне подрібнення підготовленого зерна на вальцьових верстатах в подертому і розмельному процесах , поетапне сортування продуктів дроблення на сітовійних системах і формування борошна за сортами .

Ключові слова: борошно, мінеральні речовини, вітаміни

Задачею науково-дослідної роботи було вивчення технологічного процесу виробництва борошна з зерен пшениці з метою поліпшення якості і кількості мінеральних речовин, вітамінів.

Борошно — товар, який одержують у результаті розмелу *на порошок* зерен хлібних злаків (пшениці, жита та ін.) або насіння бобових культур (гороху, сої).

Залежно від виду зернової культури борошно поділяють на пшеничне, житнє, ячмінне та ін.



За прототип узятий технологічний процес сортового помелу пшениці на борошномельних млинах , який включає підготовку зерна до помелу шляхом очищення зернової маси від домішок , обробки поверхні зерна і його гідротермічної обробки , поетапне подрібнення підготовленого зерна на вальцьових верстатах в подертому і розмельному процесах , поетапне сортування продуктів дроблення на сітовійних системах і формування борошна за сортами: вищий сорт , 1 сорт і 2 сорт. При цьому кількісне

співвідношення формованої за сортами борошна становить відповідно : вищий сорт - 35 % , 1 сорт - 35 % , 2 сорт - 10 % . А всі висівки дрального процесу в кількості 14 % і висівки з зародком розмельного процесу в кількості 6 % надходять в один бункер і далі - на корм худобі

Технічний результат полягає в отриманні борошна з більш високим вмістом вітамінів і мінералів по відношенню до зерна за рахунок збільшення в ній концентрації зародка і харчових волокон, а також володіє хорошими хлібопекарськими властивостями.

Спосіб виробництва пшеничного борошна включає підготовку зерна до помелу шляхом очищення зернової маси від домішок , обробки поверхні зерна і його гідротермічної обробки , поетапне подрібнення підготовленого зерна на вальцьових верстатах в подертому і розмельному процесах , поетапне сортування продуктів дроблення на сітовійних системах і формування борошна за сортами . При цьому висівки дрального процесу ділять на дві фракції : з розміром частинок $\geq 0,8$ мм і $< 0,8$ мм . Потім змішують борошно вищого сорту , борошно 1 сорту , борошно 2 сорту , висівки дрального процесу з розміром часток $< 0,8$ мм і висівки з зародком розмельного процесу при співвідношенні компонентів , яке становить : борошно вищого сорту - 26,0 % , борошно 1 сорту - 45,4 % , борошно 2 сорту - 13,0 % , висівки з розміром частинок 0,8 мм - 7,8 % , висівки з зародком розмельного процесу - 7,8 % .

Література

1. Л.А. Трісвятській, Б.В. Лесик, В.Н. Курдина. Зберігання і технологія сільськогосподарських продуктів. М., - 1991.
2. "Технологія переробки зерна" за редакцією Г.А. Єгорова. М., - 1977.
3. Р.С. Зерновий. «Машини для переробки». М.,-1985
4. Т.В. Загранична, М.М. Гудовський. «Переробка зерна».К., -1999

Разработка технологическая схема производства пшеничной муки Тарасов И., Удовика А.А., Зеталь Д.Б., Мусиченко А.В., Горбенко А.А.

Способ производства пшеничной муки включая подготовку зерна к помолу путем очистки зерновой массы от примесей, обработки поверхности зерна и его гидротермической обработки, поэтапное измельчения подготовленного зерна на вальцовых станках в рваной и размольном процессах, поэтапное сортировки продуктов дробления на ситовийних системах и формирования муки по сортам.

Development of technological scheme of wheat flour Tarasov I.G., Udovika A.A., Zetal D.B., Musychenko A.V., O.A. Gorbenko

The method of manufacturing flour comprising preparation of grain for milling by cleaning the grain mass of impurities, surface treatment of grain and its hydrothermal processing, phased grinding prepared corn on roller machines in tattered and grinding processes, gradual sort of crushing products on sitoviynyh systems and the formation of flour on grades.

УДК 621.3

РОЗРОБКА ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИЧНОЇ СИСТЕМИ РОБОТИЗОВАНОГО ВСЮДИХОДА

С.В. Петров, студент групи Ен 5М

Науковий керівник – д.т.н., доцент К.В. Дубовенко

Миколаївський національний аграрний університет

Виконано аналіз сучасного стану розробки роботизованих транспортних засобів та їх енергетичних режимів роботи. Розроблено структурну схему силового електрообладнання роботизованого всюдихода, виконано моделювання тягового синхронного двигуна з постійними магнітами, розроблено регульоване джерело живлення тягового електродвигуна з мікропроцесорним керуванням.

Ключові слова: всюдихід, електроенергетична система, синхронний двигун з постійними магнітами.

Агропромисловий комплекс є однією з пріоритетних галузей народного господарства країни. Його успішний розвиток, насамперед, пов'язаний з впровадженням новітніх технологій у засоби і способи

виробництва сільськогосподарської продукції. Однією з таких технологій, що забезпечить значне скорочення собівартості продукції, є застосування роботизованої техніки. Перспективи її розвитку обумовлені з одного боку удосконаленням цифрових систем безпроводної передачі інформації на великі відстані, в тому числі з використанням глобальних і локальних інформаційних мереж, мікропроцесорної техніки, системного аналізу проблем штучного інтелекту, глобальної координації об'єктів у просторі, а з іншого - розвитком електроенергетичних систем транспортних засобів, які характеризуються простотою керування об'єктом, регулювання характеристик руху і технологічних процесів, які він виконує. Також, із поглибленням глобальних екологічних проблем у всьому світі підвищується увага до роботизованих і електрифікованих пересувних технічних засобів через їх високу екологічну ефективність. Крім того, електрорушійні системи транспортних засобів, що розробляються в теперішній час, мають суттєві переваги, оскільки їх застосування дозволяє максимально збільшити внутрішній простір і забезпечити транспортному засобу високі ходові якості, завдяки незалежному керуванню тягових електродвигунів на кожному з шести колес.

Переваги електротрансмісії розглянуто на прикладі електроенергетичної системи нової розробки потужного трактора Беларус2023.

За основу проектування у студентській науковій роботі взято концепцію колісного роботизованого всюдихода на електричній тязі (маса 730 кг) підвищеної маневреності і прохідності з хорошим зчепленням коліс з ґрунтом і водночас низьким тиском на ґрунт за рахунок використання трьох провідних колісних пар з можливістю передачі обертового моменту кожному колесу від окремого електродвигуна.

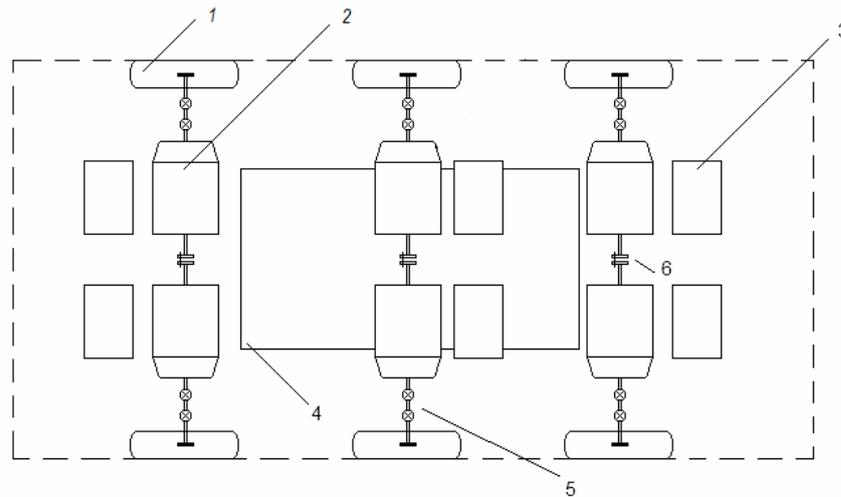


Рис 1. Трансмiсія трактора

- 1 – колесо; 2 – тяговий електродвигун; 3 – перетворювач частоти;
4 - акумуляторна батарея; 5 – шарнір рівної кутової швидкості;
6– муфта

На початку розробки електросилової установки всюдихода виконано аналіз основних енергетичних режимів його роботи. На основі цього було спроектовано тяговий синхронний електродвигун з постійними магнітами. Розрахунок магнітної системи двигуна проведений за допомогою програмного забезпечення FEMM 4.2.

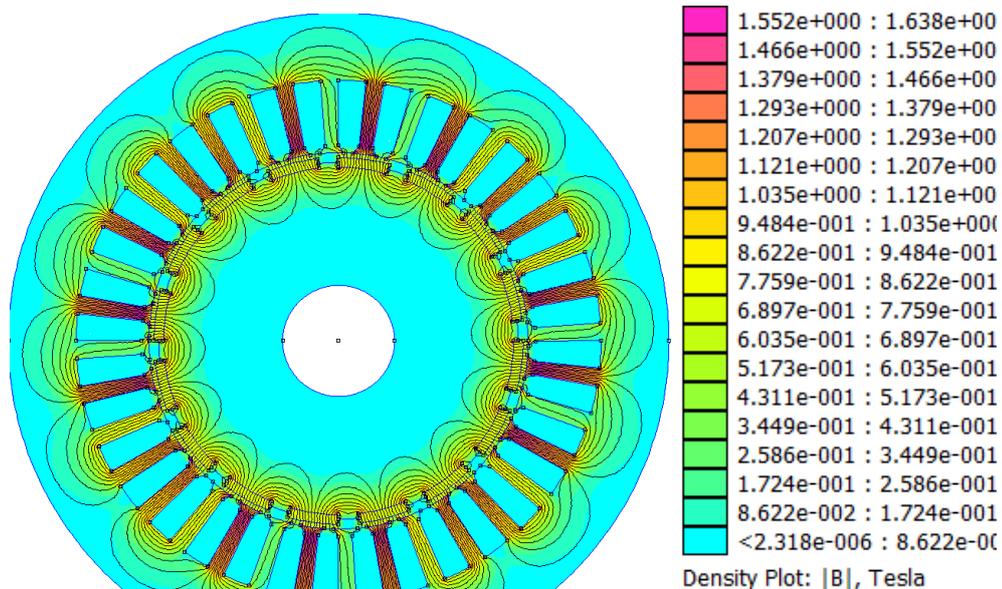


Рис. 2. Розрахунок магнітної індукції синхронного двигуна за допомогою FEMM 4.2

Розроблено схему електричну принципову мікроконтролерного керування синхронним двигуном з постійними магнітами з використанням

датчиків Холла та складено таблиці з послідовністю комутації транзисторів в залежності від вихідних імпульсів цих датчиків.

Таблиця 4.1

Послідовність комутації транзисторів інвертора в прямому напрямі обертання ротора електродвигуна

Номер кроку керування	Логічні стани сенсорів Холла			Активовані драйвери (транзистори)		Напрямок струму у фазах		
	A	B	C			A	B	C
1	0	0	1	ШІМ1	ШІМ6	+	Немає	-
2	0	0	0	ШІМ1	ШІМ5	+	-	Немає
3	1	0	0	ШІМ3	ШІМ5	Немає	-	+
4	1	1	0	ШІМ3	ШІМ4	-	Немає	+
5	1	1	1	ШІМ2	ШІМ4	-	+	Немає
6	0	1	1	ШІМ2	ШІМ6	Немає	+	-

Таблиця 4.2

Послідовність комутації транзисторів інвертора у зворотньому напрямі обертання ротора електродвигуна

Номер кроку керування	Логічні стани сенсорів Холла			Активовані драйвери (транзистори)		Напрямок струму у фазах		
	A	B	C			A	B	C
1	0	1	1	ШІМ3	ШІМ5	Немає	-	+
2	1	1	1	ШІМ1	ШІМ5	+	-	Немає
3	1	1	0	ШІМ1	ШІМ6	+	Немає	-
4	1	0	0	ШІМ2	ШІМ6	Немає	+	-
5	0	0	0	ШІМ2	ШІМ4	-	+	Немає
6	0	0	1	ШІМ3	ШІМ4	-	Немає	+

Для реалізації дистанційного керування рух всюдихода має бути запрограмованим згідно математичним рівнянням [1], що визначають його траєкторію.

$$\alpha = \alpha_o + \frac{BK_L - \alpha_o}{2} \left(1 - \cos \frac{\pi x}{L}\right) + \left(B \left(\frac{\theta_L}{L} - \frac{K_L}{2}\right) - \frac{\alpha_o}{2}\right) \left(1 - \cos \frac{2\pi x}{L}\right) + \left(\frac{2\pi B}{L^2} \left(H - \frac{\theta_L L}{2}\right) + \frac{2(BK_L - \alpha_o)}{\pi}\right) \sin \frac{2\pi x}{L},$$

На основі аналізу для живлення енергосистеми всюдихода обрано літій-іонну акумуляторну батарею на основі стандартних комірок. Вона містить в собі 6 паралельно з'єднаних батарей загальною енергоемністю 26 кВт год.

Література

1. Павлюк А.С. Моделирование управляемого движения автомобиля: Учебное пособие / А.С. Павлюк / Алт. гос. техн. ун-т им. И.И. Ползунова. – Барнаул: АлтГТУ, 2005. –141 с.

2. Васьковский Ю.Н. Моделирование режимов работы тягового синхронного двигателя с постоянными магнитами / Ю.Н. Васьковский, Ю.А. Гайденок, А.Е. Русятинский // Электротехника і Електромеханіка, 2013, №5. - С.19 - 22.

3. Дубовенко К.В. Проект електроенергетичної системи роботизованого всюдихода / К.В. Дубовенко, Д.М. Землевський, С.В. Петров / Матеріали доповіді Міжнар. науково-практ. конф., присвяченої 30-річчю МНАУ (12-14 листопада 2014 р.). – 2 с.

Разработка электроэнергетической системы роботизированного вездехода С.В. Петров, К.В. Дубовенко

Выполнен анализ современного состояния разработки роботизированных транспортных средств и их энергетических режимов работы. Разработана структурная схема силового электрооборудования роботизированного вездехода, выполнено моделирование тягового синхронного двигателя с постоянными магнитами, разработан регулируемый источник питания тягового электродвигателя с микропроцессорным управлением.

Robotic cross-country vehicle electric power system development S.V. Petrov, K.V. Dubovenko

Analysis of the robotic transport vehicle modern state and their energetic modes of operation have been carried out. The structural scheme of the cross-country vehicle power equipment, its traction synchronous motor with permanent magnets, regulated power supply source with microprocessor control for the traction motors have been worked out.

УДК 621.37

**РОЗРОБКА СХЕМИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ
ЕЛЕКТРОПЛАЗМОЛІЗУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА СОКІВ**

Захаров Д.О. асистент

Доброхлос І. О. магістрант

Миколаївський національний аграрний університет

В даній роботі проаналізовано доцільність застосування електроплазмолізу під час виробництва соків. На основі проведеного аналізу запропоновано схему технологічного процесу з можливістю збору інформації про процес обробки.

Ключові слова: електроплазмоліз, виробництво соків, електрофізична обробка

Слід зазначити, що під час розробки нового електротехнологічного обладнання для переробки овочів та фруктів необхідно надавати перевагу без реактивним та екологічно безпечним технологічним процесам. Тому для підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції необхідно досліджувати можливості та впроваджувати в технологічні процеси різноманітні електрофізичні методи впливу.

Для підвищення ефективності виробництва соків в роботах [1-3] запропоновано використання електроплазмолізу рослинної маси. В роботі [4] проведено дослідження впливу електроплазмолізу на виробництво соку винограду. Експериментально встановлено, що плазмоліз лінійними біполярними імпульсами з крутим фронтом и пологим зрізом забезпечує збільшення виходу соку само витоку до 6%, загальний вихід соку – до 2,5%, вміст фарбувальних речовин – на 20%.

Під час виконання лабораторних випробувань на кафедрі електротехнологій і електропостачання Миколаївського НАУ, в рамках виконання студентської наукової роботи, проаналізовано механізм електроплазмолізу та встановлено, що форма струму який проходить

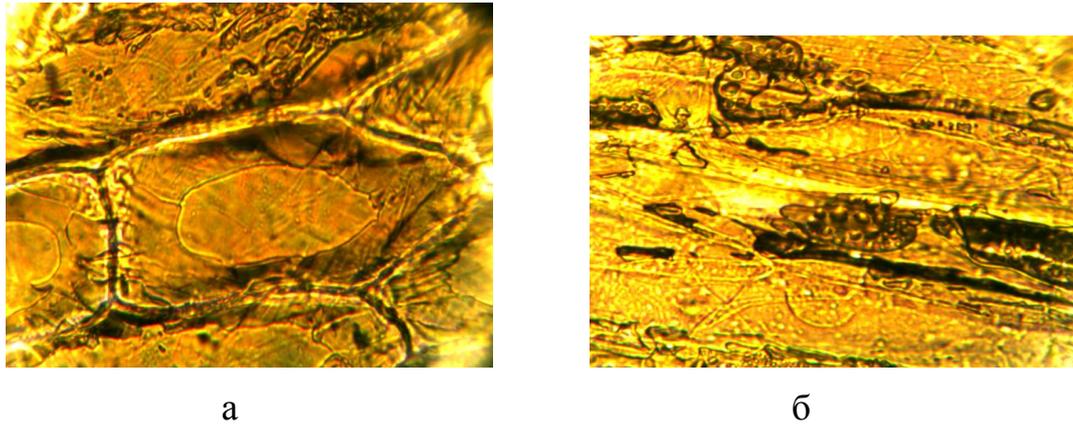


Рис. 2 – Фотографії клітин цибулі зі збільшенням в 150 разів:
а – до початку процесу електроплазмолізу; б – в кінці обробки
електричним струмом зразка клітин.

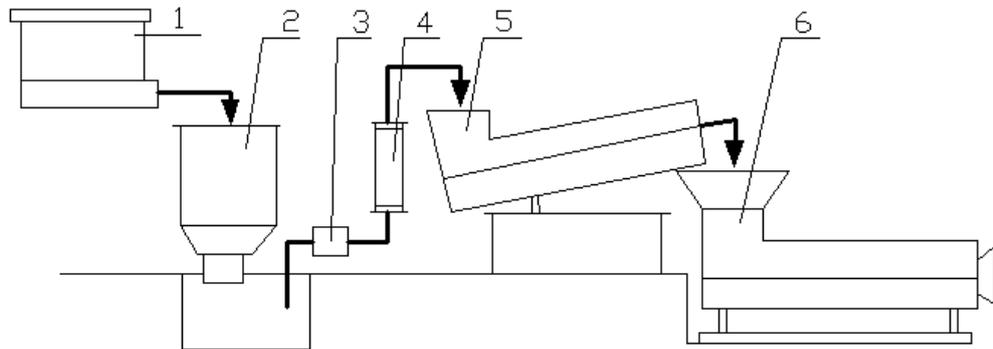


Рис. 3 – Схема технологічної лінії переробки винограду:
1-бункер; 2-дробарка; 3-насос; 4-електроплазмолізатор; 5-
пристрій попереднього відділення соку; 6-прес.

Висновок. В роботі обґрунтовано доцільність використання електроплазмолізу для підвищення ефективності виробництва соків. Для більш детальних досліджень запропоновано схему технологічного процесу виробництва соків з використанням електроплазмолізатора.

Література

1. Жилкин В.М., Грибков А.Н., Муромцев Ю.Л. Оценка результативности процесса подготовки растительных материалов к обезвоживанию. Вестник ТГТУ. 2009, 15(2), 410–415.

2. Sack M., Eing C., Berghofer T., Buth L., Stangle R., Frey W. and Bluhm H. Electroporation-Assisted Dewatering as an Alternative Method for Drying Plants. Transactions on Plasma Science. 2008, 36, 88–92.

3. Ngadi M.O., Bazhal M.I., Raghavan G.S.V. Engineering Aspects of Pulsed Electroporation of Vegetable Tissues. CIGR. J of Scientific Research and Development. 2003, 5, 235–239.

4. Папченко А. Я., Попова Н. А., Чобану В. Г., Болога М. К. Электроплазмолиз в технологии переработки красных сортов винограда // ЭОМ . 2010. №2 (262)

Разработка схемы технологического процесса электроплазмолиза для производства соков Захаров Д.О., Доброхлоп И.О.

В данной работе проанализирована целесообразность применения электроплазмолиза при производстве соков. На основе проведенного анализа предложена схема технологического процесса с возможностью сбора информации о процессе обработки.

Development of technological process of electroporation for juices production. Zakharov D.O., Dobrokhlop I.O.

In current work the feasibility of electroporation for juices production is analyzed. Based on conducted analysis the technological process with the possibility of collecting information about processing is proposed.

УДК 621.37

РОЗРОБКА КАМЕРИ ОЗОНАТОРА ДЛЯ ЗНЕЗАРАЖЕННЯ КУРИНИХ ЯЄЦЬ

Захаров Д.О. асистент

Кубінець О.В. студент гр. Ен 4/1

Миколаївський національний аграрний університет

Обухов А.С. технік II-категорії інституту імпульсних процесів і технологій НАН України

В роботі проаналізовано доцільність застосування озону в птахівництві. Запропоновано та обґрунтовано вибір конструкції камери для обробки куриних яєць озоном.

Ключові слова: застосування озону в птахівництві, знезараження, коронний розряд, система електродів.

Процес інкубації в промисловому птахівництві відіграє важливу роль. Його результати значною мірою визначають показники роботи всього господарства. Велике значення в інкубації мають ветеринарні заходи, оскільки поширення інфекцій через інкубаторій в даний час прийняло широкий розмах. Температурно-вологісний режим в інкубаторі є сприятливим для розмноження мікроорганізмів. Мікроорганізми можуть проникати під шкаралупу і викликати загибель ембріонів і заразити молодняк. Від одного зараженого яйця може загинути вся партія курчат в процесі інкубації.

Передінкубаційна і періодична дезінфекція яєць в процесі інкубації не виключають можливості мікробного забруднення яєць, лотків, поверхонь інкубатора мікроорганізмами, які надходять з припливним повітрям. Тому багато дослідників відзначають необхідність безперервного знезаражування яєць в інкубаційній шафі в процесі інкубації.

Виходячи з вищесказаного можна зробити висновок, що існує необхідність розробки озонаторів для знезараження куриних яєць. Під час розробки озонатора слід враховувати такі особливості як розпад озону на кисень при транспортуванні від генератора озону до яєць, та його вплив на інкубаційні яйця.

Для вирішення поставленої задачі запропоновано використати камеру озонатора зображену на рис.1. Дана конструкція може встановлюватися безпосередньо на транспортер по якому проходять яйця. Система електродів озонатора виготовлена за схемою «ряд стрижнів з голками - площина». Слід зауважити, що в даній конструкції озон

виробляється безпосередньо біля об'єкту обробки та нагнітається вентиляторами. Некоронуючий електрод являє собою своєрідний екран, який запобігає впливу електромагнітних полів на об'єкт обробки.

Для того щоб зменшити вплив електромагнітних полів на об'єкт обробки слід розв'язати проблему теорії електричного поля та знайти функцію розподілу потенціалу, що задовольняє еліптичному рівнянню в часткових похідних другого порядку (1). Для вирішення поставленого завдання застосовано чисельний метод верхньої релаксації [1]. Реалізоване на основі цього методу програмне забезпечення [2] успішно використовувалося для аналізу роботи різних вузлів високовольтного устаткування [2 - 3]. В декартовій системі координат

$$\frac{\partial}{\partial x} \left(\varepsilon \frac{\partial \varphi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(\varepsilon \frac{\partial \varphi}{\partial y} \right) = 0, \quad (1)$$

де σ - питома електропровідність середовища; $\varepsilon = \varepsilon_r \varepsilon_0$ - діелектрична проникність; x, y - декартові координати.

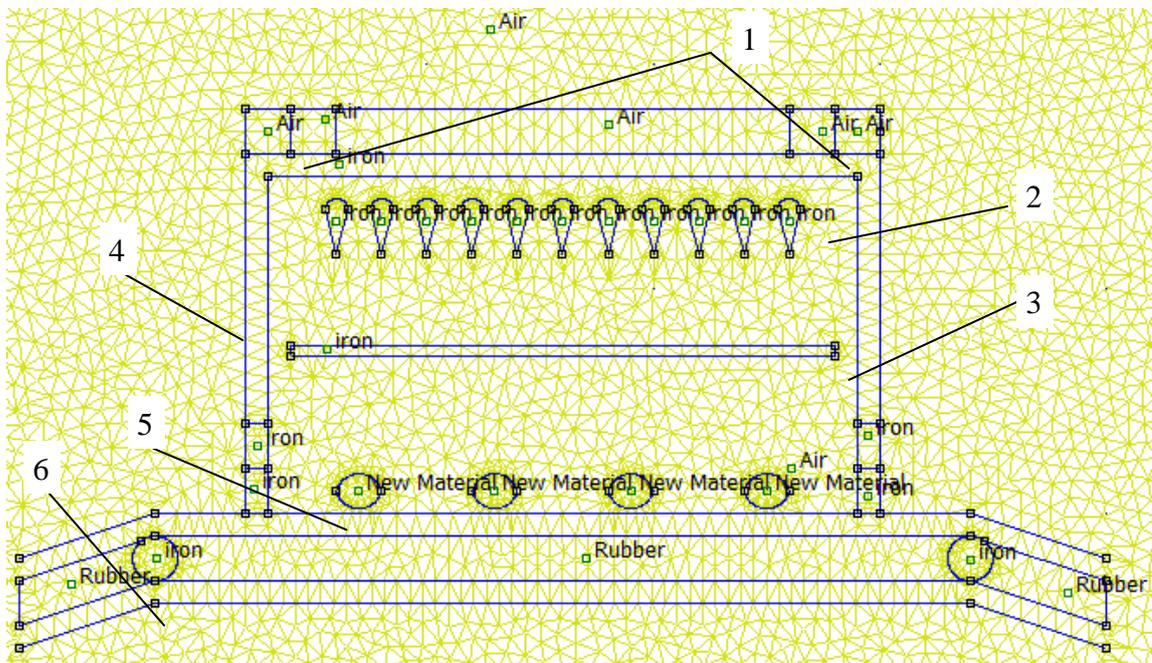
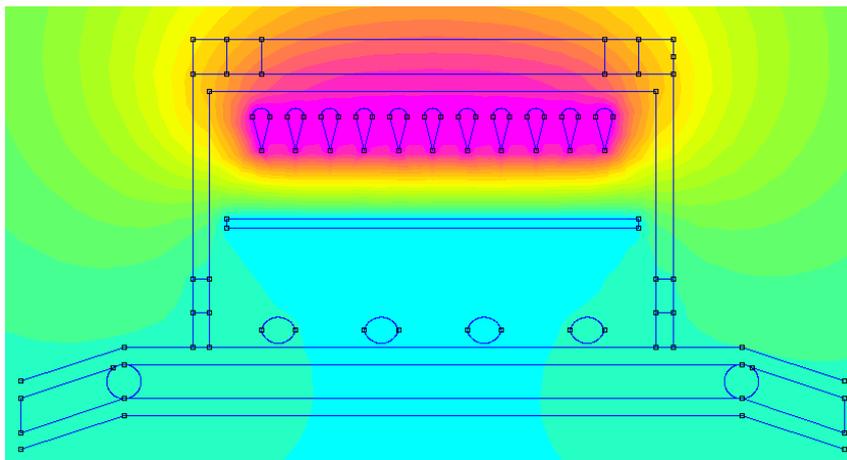


Рис. 2. Спрощена розрахункова схема пристрою для озонування куриних яєць: 1- канали для доступу повітря з вентиляторів; 2 – система коронуючих електродів; 3 – некоронуючий електрод; 5 – курині яйця; 6 – транспортер

Для однозначного вирішення проблеми були задані граничні умови Діріхле з нульовим значенням потенціалу на всіх зовнішніх межах розрахункової області (рис. 2). Електричні потенціали електродів вимірjuвальної комірки у відносних одиницях мали значення одиниці (на верхніх електродах) і нуля (на нижньому електроді).

Результати моделювання просторового розподілу електричного потенціалу в об'ємі розрядної камери між коронуючим і некоронуючим електродами, отримані за допомогою метода верхньої релаксації [4] співпадають з результатами моделювання, отриманими з використанням об'єктно-орієнтованого пакету FEMM4.2 і наведені на рис. 3. Кінцева елементна сітка містила 10374 вузлів та складалася з 20484 елементів.



б

Рис. 3. Розподіл електричного потенціалу в об'ємі камери озонотара:

а - з електродною системою ряд проводів-площина;

б – ряд стрижнів з голками-площина

З аналізу розподілу електричного потенціалу в об'ємі камери озонатора, можна зробити висновок, що дана конструкція мінімізує вплив електромагнітних полів на об'єкт обробки.

Висновки. Проведено аналіз розподілу потенціалу в об'ємі камери для знезараження куриних яєць. Запропоновану конструкцію можна відносно легко інтегрувати в технологічний процес виробництва як харчових так і інкубаційних яєць.

Література

1. Пичугин Ю.П. Структура барьерного разряда и синтез озона // Материалы 25-го Всероссийского семинара "Озон и другие экологически чистые окислители. Наука и технологии". Москва, 2003, с.36-47.

2. Дубовенко К.В. Знезараження зернової продукції імпульсним коронним розрядом / Дубовенко К.В., Захаров Д.О. // Вісник національного технічного університету «ХПІ» №61 (967). – Харків : НТУ «ХПІ», 2012. – С. 139 – 149.

3. Муравицкий М.А., Гулюк А. М., Лозовенко А.Е. Управление зарядом накопительных конденсаторов // Приборы и техника эксперимента, 1984, №3. – С.107-108.

4. Дубовенко К.В. Разработка функциональных узлов микропроцессорных систем управления компактных высоковольтных разрядно-импульсных установок // Вестник нац. техн. ун-та «ХПИ». – 2006. – Вып. 38. – С. 25 – 35.

Разработка камеры озонатора для обеззараживания куриных яиц Захаров Д.А., Кубинец А. В., Обухов А.С.

В работе проанализирована целесообразность применения озона в птицеводстве. Предложен и обоснован выбор конструкции камеры для обработки куриных яиц озоном.

Ozonizer camera for chicken eggs disinfecting development Zakharov D.O., Kubinets O.V., Obukhov A.S.

The work analyzes the feasibility of using ozone in poultry. The choice of chamber construction for the ozone treatment of chicken eggs is proposed and justified.

УДК 621.3

МОДЕЛЮВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЄМНІСНОГО ДІЛЬНИКА НАПРУГ

Захаров Д.О. асистент

Лисюк М. В. магістрант

Миколаївський національний аграрний університет

В статті проаналізовано конструкцію ємнісного дільника напруг. На основі розрахунків обґрунтована перспективність використання запропонованої конструкції для моніторингу параметрів технологічного процесу в установках електронно-іонної технології.

Ключові слова: дільник напруг, реєстрація імпульсних напруг, електронно-іонна технологія .

Слід зазначити, що останнім часом дедалі більше зростає інтерес до впровадження в сільськогосподарське виробництво різноманітних електротехнологічних установок призначених для покращення якості та підвищення ефективності виробництва сільськогосподарської продукції. В такому обладнанні досить часто для виконання технологічного процесу застосовуються електророзрядні технології, тому постає проблема розробки компактного обладнання для контролю параметрів розрядного кола.

Одним з основних параметрів розрядного кола є параметри імпульсу високої напруги. При цьому слід зазначити, що номінальна напруга установки 150 кВ. Тому при розрахунку дільника необхідно враховувати вплив предметів розташованих безпосередньо біля дільника напруг на точність вимірювань.

Конструктивно запропонована конструкція (рис. 1) являє собою ємнісний дільник. Високовольтне плече дільника утворене конденсатором С1 який виготовлений з відрізка коаксіального кабеля та конденсатора С2 виготовленого з двох пластин розділених діелектриком. Коефіцієнт

ослаблення даного ділянка залежить від ємності конденсаторів низького плеча та конфігурації високовольтного конденсатора.

Слід зазначити, що для правильності визначення коефіцієнту ослаблення необхідно в схемі заміщення враховувати паразитну ємність та індуктивність конденсаторів та ємність конструкції ділянка відносно землі.

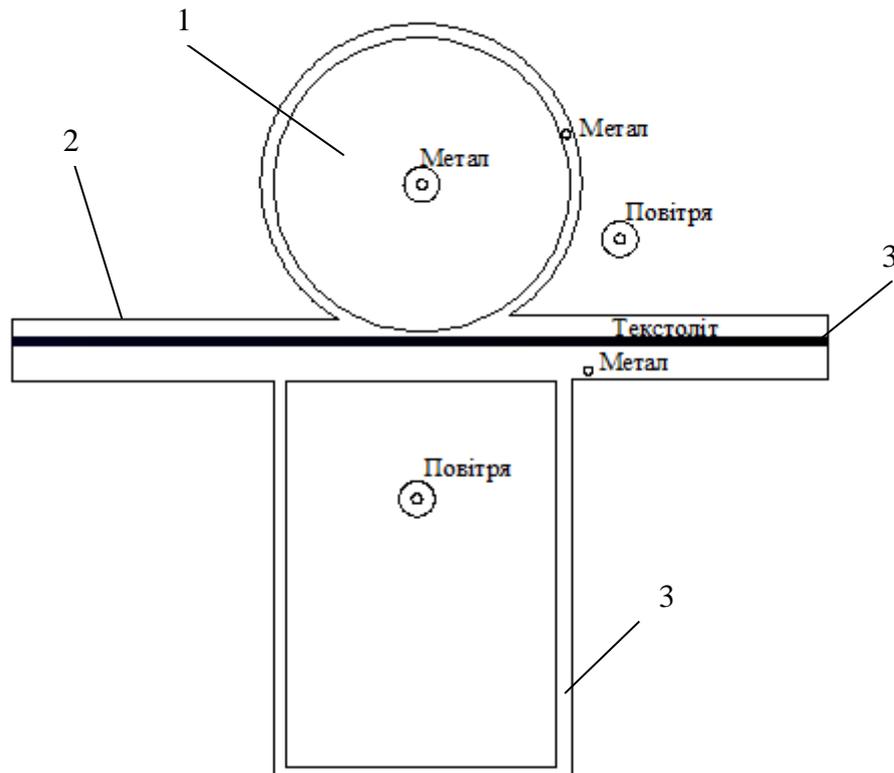


Рис. 1 Ємнісний ділянок: 1, 2 – високовольтне плече ділянка напруг; 3 – екран для низьковольтного плеча ділянка; 4 – текстолітова ізоляційна пластина

Для розрахунку реакції даного ділянка на прямокутний імпульс можна використати ту схему заміщення наведену на рис.2. Дана схема враховує такі параметри як: L' - індуктивність; R' - опір; C' – ємність конденсаторів; C'_p , C'_e – паразитні ємності.

Ділянок складається із великого числа послідовно підключених конденсаторів C' , у яких враховано власні індуктивності L' та опір R' .

Опір R' чисто ємнісного дільника малий: він обумовлений втратами в ізоляції та металі обмоток.

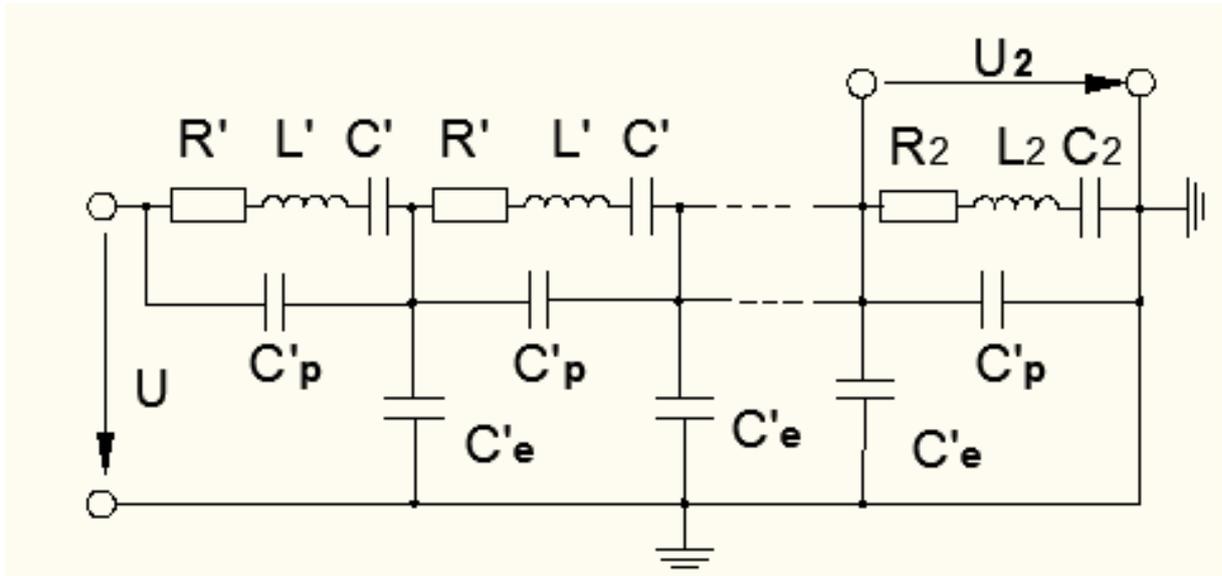


Рис. 2 Схема заміщення ємнісного дільника

Провівши аналіз схеми, для визначення реакції дільника на прямокутний імпульс можна використати вираз (1) взятий з [3].

$$G_t = 1 - \frac{C_e}{6(C + C_p)} + 2e^{\alpha t} \sum_{k=1}^{\infty} (-1)^k \frac{ch(b_k t) + \frac{\alpha_k}{b_k} sh(b_k t)}{A \cdot B}, \quad (1)$$

$$\text{де } A = \left(1 + \frac{C_p}{C} + \frac{C_e}{C \cdot k^2 \cdot \pi^2} \right); \quad \alpha = \frac{R}{2 \cdot L}; \quad B = \left(1 + \frac{C_p \cdot k^2 \cdot \pi^2}{C_e} \right); \quad b_k = \sqrt{\alpha^2 - \frac{k^2 \cdot \pi^2 \cdot A}{L \cdot C_e \cdot B}}.$$

Розрахункову реакцію на прямокутний імпульс спроектованого дільника наведено на рис.3. З даного розрахунку видно, що даний дільник має час реакції $1 \cdot 10^{-10}$ секунд. Це дає можливість використовувати дану конструкцію для реєстрації високочастотних імпульсних напруг.

Для підключення дільника напруги слід враховувати його розміщення відносно деталей корпусу, проте завдяки тому, що корпус дільника виготовлений з металу та заземлений його можна встановлювати в безпосередній близькості до обладнання. Для підключення дільника в імпульсне вимірювальне коло запропоновано використати схему наведену на рис.4 [3].

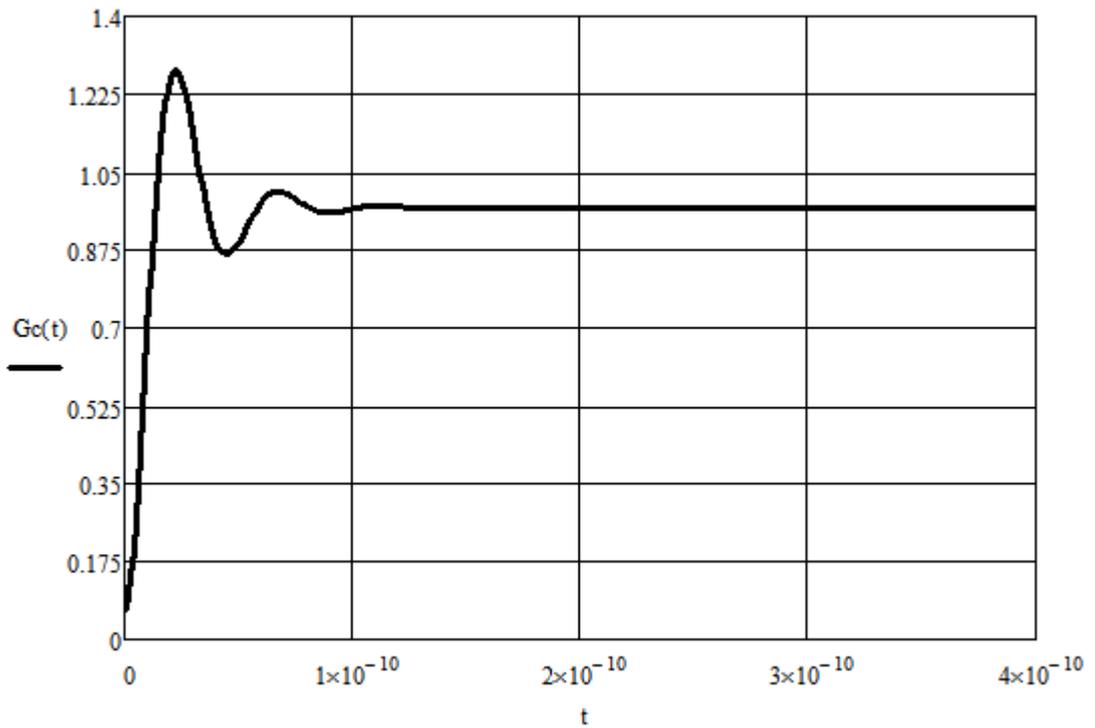


Рис. 3 Розрахункова реакція на прямокутний імпульс спроектованого дільника

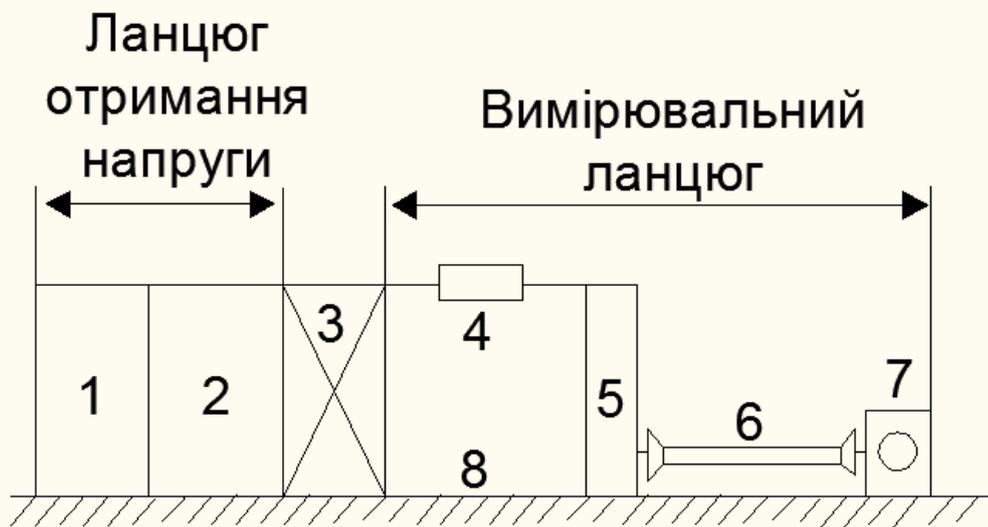


Рис. 4 Дільник напруги у вимірювальному колі

- 1 - генератор імпульсних напруг; 2 - з'єднувальний провід; 3 - об'єкт;
 4 - з'єднувальний провід з демпфінним резистором; 5 – дільник напруги;
 6 – вимірювальний коаксіальний кабель; 7 – вимірювальний прилад
 низької напруги; 8 – земля.

Висновки. В даній роботі запропоновано конструкцію емнісного дільника напруг, що дає можливість реєстрацію імпульсних напруг амплітудою до 150 кВ та частотою більше 1 МГц.

Література

1. Шваб Адольф. Электромагнитная совместимость / Под ред. И.П. Кужекина; Пер.с нем. В.Д. Мазина, С.А. Спектора М. : Энергоатомиздат, 1998
2. Куффель,Е.. Техника и электрофизика высоких напряжений / Е. Куффель, В. Цаенгль, Дж. Куффель ; пер. с англ. С. М. Смольского под ред. И. П. Кужекина Долгопрудный : Интеллект, 2011
3. Техника высоких напряжений : теоретические и практические основы применения / М. Бейер [и др.] ; пер. с нем. И. П. Кужекина ; под ред. В. П. Ларионова. - Москва : Энергоатомиздат, 1989. - 555 с. : ил. - Библиогр.: с. 530-549

*Моделирование параметров емкостного делителя напряжения Захаров Д.О.,
Лысюк М.В.*

В статье проанализировано конструкцию емкостного делителя напряжения. На основе расчетов обоснована перспективность использования предложенной конструкции для мониторинга параметров технологического процесса в установках электронно-ионной технологии.

Parameters of a capacitive voltage divider simulation Zakharov D.O. Lysyuk M. V.

Article analyzes the construction of capacitive voltage divider. Based on calculations the reasonable prospects of using proposed design for monitoring of the process parameters in units of electronic ion technology is justified.

УДК 621.745.56:621.3.014

**АНАЛИЗ ВНЕШНИХ СТРУКТУРНО-ФОРМИРУЮЩИХ
ПАРАМЕТРОВ ОСЕВОЙ МАГНИТНО-ИМПУЛЬСНОЙ
ОБРАБОТКИ РАСПЛАВА**

С. С. Череповский, м.н.с. ИИПТ НАН Украины

А. С. Череповская, студентка группы Эн 2/1 ННАУ

Обоснована возможность применения магнитно-импульсной обработки (МИО) для продления срока службы деталей сельскохозяйственной техники. Определена зависимость между внешними структурно-формирующими параметрами при МИО расплава и параметрами ГИТ и индуктора.

Ключевые слова: управляющие параметры; магнитно-импульсная обработка; моделирование; индуктор; электромагнитная сила.

Повышение срока службы деталей сельскохозяйственных машин - это одна из главных задач, которые стоят перед инженерами агропромышленного комплекса. Одним из способов решения этой задачи является разработка новых сплавов и совершенствование существующих. Как известно, качество литой металлопродукции может быть существенно повышено применением различных способов внешнего физического воздействия на жидкие и кристаллизующиеся металлы и сплавы. К их числу относятся, и способы обработки расплава электромагнитным полем, которые обладают большими потенциальными возможностями[1]. Одним из таких методов является обработка расплава импульсным магнитным полем (ИМП). Согласно [2] суть процесса магнитно-импульсной обработки (МИО) заключается в преобразовании электрической энергии, накопленной в батарее конденсаторов магнитно-импульсной установки (МИУ), в термосиловое воздействие на обрабатываемый объект. Положительное влияние обработки металла ИМП показано в ряде работ [2-5].

Взаимодействие электромагнитного поля с металлами наиболее полно изучено применительно к магнитно-импульсной обработке давлением твердых материалов [6-8]. Несмотря на огромный арсенал данных по МИО в методах обработки материалов давлением (ОМД), их принципы и результаты нельзя калькировать на МИО расплава из-за их принципиальных отличий. При переносе МИО на жидкие металлы генератор импульсных токов (ГИТ) практически калькировался по оборудованию для МИО твердого состояния, для которого характерны высокие показатели энергопотребления и относительно высокая стоимость [9].

Сферой влияния при МИО является индуцированное в объекте обработки электромагнитное поле. Т. о., анализируя характеристики магнитного поля при разных параметрах ГИТ, можно показать в количественных значениях функциональные возможности МИО расплава.

На основании анализа процессов МИО в работе[2] разработана физическая модель воздействия ИМП высокой напряженности на расплав, которая заключается в следующем. Импульс тока в индукторе формируется за счет разряда через него батареи конденсаторов МИУ, заряжаемой до высокого напряжения. Такой импульс тока изменяется существенно нелинейно по закону затухающей синусоиды. Протекание импульса тока по индуктору создает вокруг него переменное магнитное поле (H), которое индуцирует в расплаве вихревые токи (I_2), имеющие обратное по отношению к току индуктора (I_1) направление. В результате возникают объемные электродинамические силы $F_{эм}$. Эти характеристики обеспечивают основные факторы воздействия ИМП высокой напряженности на расплав:

- силовой – распространение волн давлений и интенсивных металлопотоков по всему объему в результате воздействия электродинамических сил;

- тепловой – дополнительный разогрев расплава в результате действия вихревых токов.

Учитывая недостаточное количество экспериментальных данных по МИО расплава, актуальным является определение и комплексный анализ зависимости между внешними структурно-формирующими параметрами при МИО расплава и параметрами ГИТ и индуктора.

Цель работы: определить зависимость между внешними структурно-формирующими параметрами при МИО расплава и параметрами ГИТ и индуктора.

Для исследования характеристик поля в емкости с расплавом предпочтительным представляется использование методов математического моделирования. Так, в работах [10-12] успешно применяются методы конечно-разностного моделирования для изучения влияния ИМП на расплав. Также для магнитно-импульсной штамповки предложены простые инженерные формулы для оценки степени влияния ИМП на материал обрабатываемого объекта [13], а в статье [14] проведена успешная проверка применимости одной из таких формул для МИО жидкого металла.

Было проведено моделирование с помощью программного обеспечения Femlab для качественного анализа равномерности распределения усилия на расплав, а также выявления влияния частоты тока на величину электромагнитной индукции и силу, воздействующую на расплав.

Как отмечено в работах [7, 15], исследование пространственных характеристик поля при импульсных процессах достаточно сложная задача, требующая значительных затрат человеко-часов и машинного времени. В то же время если методами спектрального анализа выделить несущую частоту импульса, на которой выделяется основная часть энергии, то расчет можно упростить до моделирования протекания через индуктор синусоидального тока, что с достаточной степенью

достоверности порядка 10% [16] позволяет получить картину поля, учитывающую его распределение в объеме жидкометаллического проводника в установившемся режиме. Поэтому ограничимся рассмотрением синусоидального тока в индукторе. На рис. 1 представлен 2D – меридиональный разрез анализируемой системы Ω в цилиндрических координатах (r, θ, z) . Здесь Ω_k – проводящая область каждого витка индуктора, Ω_0 – проводящая область расплава.

Рассмотрим идеализированный случай расплава в цилиндрической емкости внутренним радиусом r_m , высота которой h . Трехвитковый спиральный медный индуктор размещен над поверхностью расплава с зазором g ; витки индуктора круглого поперечного сечения диаметром d .

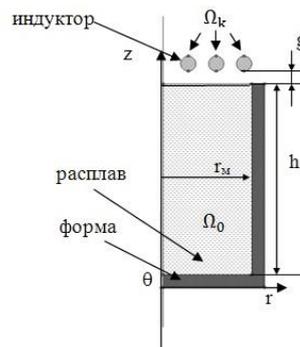


Рисунок 1 - Геометрическая модель расплава под индуктором

Для описания электродинамических процессов, протекающих при МИО расплава, воспользуемся уравнениями Максвелла для квазистационарного электромагнитного поля.

$$\text{rot } \vec{H} = \vec{J}; \quad (1)$$

$$\frac{\partial \vec{B}}{\partial t} + \text{rot } \vec{E} = 0; \quad (2)$$

$$\text{div } \vec{B} = 0; \quad (3)$$

$$\text{div } \vec{D} = 0, \quad (4)$$

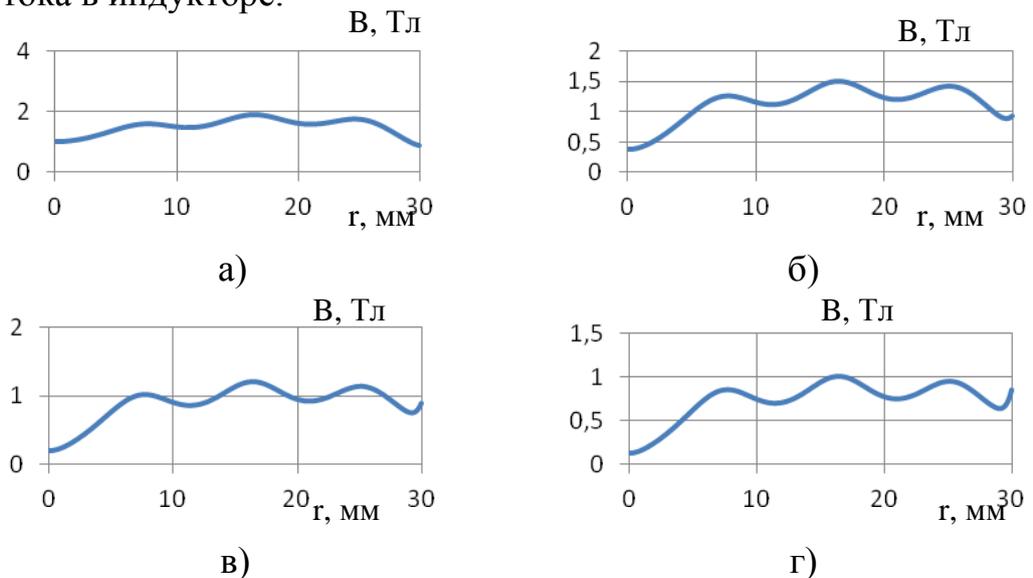
где \vec{H} – напряженность магнитного поля, А/м; \vec{j} – плотность тока, А/м²; \vec{E} – напряженность электрического поля, А/м; \vec{B} – индукция магнитного поля, Тл; \vec{D} – электрическая индукция, Кл/м.

Объемная электромагнитная сила, действующая на расплав $\vec{F}_{эм}$, и плотность наведенного тока \vec{j}_{ind} , определяются выражениями:

$$\vec{F}_{эм} = \vec{j}_{ind} \times \vec{B}; \quad (8)$$

$$\vec{j}_{ind} = -\sigma \left(\frac{\partial A}{\partial t} \right). \quad (9)$$

Данная задача решалась методом конечных элементов в пакете Comsol Multiphysics. В результате проведенных расчетов были получены значения индукции в расплаве на разных расстояниях от поверхности, на рис. 2 приведены результаты для его значения 1мм при разных значения частоты тока в индукторе.



а) – 5000 Гц; б) – 25000 Гц; в) – 50000 Гц; г) – 75000 Гц.

Рисунок 2 – Индукция магнитного поля на глубине 1 мм в зависимости от частоты

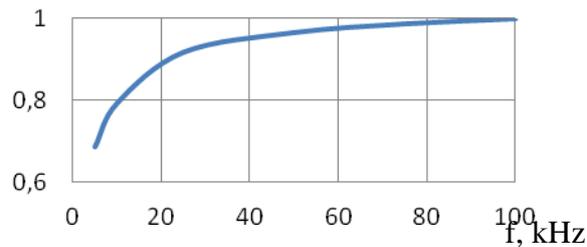


Рисунок 3 – Залежність електромагнітної сили, що впливає на расплав, від частоти імпульса тока

Полученные результаты показывают, что величины зазора g и тока I_0 более активно влияют на значение F в расплаве, чем величина f , поэтому увеличение значения F наиболее рационально осуществлять увеличением напряжения U , хотя в этом плане увеличивается величина потребляемой ГИТ мощности. При этом для значения $g=1$ мм проявляется эффект существенно неоднородного распределения индукции в скин-слое по радиусу (рис. 2). Такие осцилляции индукции вдоль r должны соответствующим образом влиять на неоднородность приповерхностных процессов в расплаве, что в свою очередь может направить процессы перестройки структуры расплава в позитивную сторону за счёт возникновения существенно нелинейных процессов воздействия и формирования диссипативных структур. Рис. 3 позволяет прогнозировать функциональные возможности МИО с точки зрения силового нагружения расплава. Как видим, с ростом частоты тока проявляется насыщение зависимости $F(f)$. В этом случае более продуктивно силовое нагружение, которое соответствует значению f от 50 до 75 кГц, что соответствует периоду тока до 13 мкс. В свою очередь при $L \approx 1$ мкГн, такие значения периода соответствуют значению емкости накопителя ГИТ $C \approx 4,3$ мкФ. Для 25 кА в этом случае значение U составит величину 12,5 кВ, а $W=310$ Дж.

Вывод. Согласно полученным результатам такие параметры магнитно-импульсной обработки расплава как амплитуда и частота

разрядного тока, зазор между заготовкой и индуктором определённым образом влияют на внешние структурно-формирующие параметры согласно описанным в работе зависимостям. Комплексное же их изменение не может быть однозначно трактованным с точки зрения эффекта воздействия без решения задачи оптимизации системы управляющих параметров.

Литература

1. Ефимов В.А. Физические методы воздействия на процессы затвердевания сплавов / В.А. Ефимов, А.С. Эльдарханов. М.: Металлургия, 1995. – 272 с.
2. Черников Д. Г. Исследование влияния обработки расплавов импульсным магнитным полем высокой напряженности на структуру и свойства алюминиево-кремниевых сплавов [Текст]: автореф. дис. на соиск. учен. степ. канд. техн. наук (20.09.11) / Черников Дмитрий Геннадьевич; ФГБОУ ВПО «Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королева (национальный исследовательский университет)». – Самара, 2011. – 26 с.
3. Глушечков В.А. О воздействии импульсных магнитных полей на расплавы/ В.А. Глушечков, В.И. Никитин, Д.Г. Черников, К.В. Никитин //Металлургия машиностроения. –2012. –№ 4. – С. 47–51.
4. Синчук А.В. Силовое магнитно-импульсное воздействие на твердожидкий алюминиевый сплав А357/ А.В. Синчук, В.Н. Цуркин, А.В. Иванов, А.С. Рубан// Процессы литья – 2012. - №5. –С.43-53
5. Чугунный Е.Г. Магнитно-импульсная обработка кристаллизующихся расплавов/ Е.Г. Чугунный // Литейное производство. – 1996. – №1.-С12-14.
6. Батыгин Ю.В. Физические основы возможных направлений развития магнитно-импульсной обработки тонкостенных металлов/ Ю.В.

Батыгин, В.И. Лавинский, Л.Т. Хименко //Електротехніка і електромеханіка.– 2004.– №2.– С. 80–84.

7. Pasca S. FEM Analysis of Transient Electromagnetic in Magnetoforming Processes/ S. Pasca, V. Fireteanu 12 International Conference on Nonconventional Technologies: ICNcT, 2005. – No. 2.– PP. 67–74.

8. Takatsu N. High speed forming of metal sheets by electromagnetic force/ N. Takatsu, M. Kato, K. Sato, T. Tobe //Japan Society Mechanical Engineering Institute Journal.– 1988, Vol. 31(1).– PP.142–158.

9. Батигін Ю. В., Лавінський В. І. Імпульсні магнітні поля для прогресивних технологій. Т.1 Харків: НТУ «ХПШ», 2001. 273 с.

10. Глущенко В.А., Гречников Ф. В., Никитин В. И., Черников Д. Г., Иголкин А. Ю., Никитин К. В., Поздняков А. А. Влияние импульсного магнитного поля высокой напряженности на свойства жидких алюминиевых сплавов. Литейщик России. 2010. 7. 34-39.

11. Подольцев А.Д., Кучерявая И. Д. Элементы теории и численного расчета электромагнитных процессов в проводящих средах. К.: Изд. Института электродинамики НАН Украины. 1999. 363 с.

12. Pasca S., Fireteanu V. FEM Analysis of Transient Electromagnetic in Magnetoforming Processes. ICNcT. 2005. 2. 67–74.

13.Kiran S. Bhole. Numerical Analysis and Investigation of Aluminum Electromagnetic Metal Forming Process/Kiran. S. Bhole, B.S.Kale, P.D.Deshmukh, O.G.Sonare//International Journal of Technology And Engineering System(IJTES.- 2011, Vol2(1).-PP. 98-102

14. Череповский С. С. Управляющие параметры магнито-импульсной обработки расплава. Металл и литье Украины. 2014, 12, 32-33.

15. Li Bo. Effect of temperature field on solidification structure of pure Al under pulse magneto-oscillation/ Li Bo., Yin Zhenxing., Yong Youngyoung., Li Kefeng., Zheng Hongxing., Li Renxing., Zhai Qijie. //China foundry.– 1988, Vol. 8(2).– PP.172–176.

Аналіз зовнішніх структурно-формуєчих параметрів осьової магнітно-імпульсного обробки сплаву Череповський С. С. Череповська А. С.

Обґрунтована можливість застосування магнітно-імпульсної обробки (МІО) для подовження терміну служби деталей сільськогосподарської техніки. Визначена залежність між зовнішніми структурно-формуєчими параметрами при МІО розплаву і параметрами ГІС і індуктора.

*External structural-forming parameters of axial magnetic-pulse melt treatment analysis
Cherepovsky S.S. Cherepovskya A.S.*

Reasonable possibility of application of magnetic-pulse treatment (MPT) for life extension of agricultural technique details is demonstrated. Certain dependence between external structurally-forming parameters at MPT of fusion and parameters of PCG and inductor are identified.

УДК 621.3

ЕЛЕКТРОДИНАМІЧНА СТІЙКІСТЬ ІЗОЛЯТОРІВ І ШИН ПРИ КОРОТКИХ ЗАМИКАННЯХ

О.С. Кириченко, кандидат технічних наук

Миколаївський національний аграрний університет

В роботі розглянуто результати дослідження ізоляторів і шин на електродинамічну стійкість при коротких замиканнях. Розраховано максимальне напруження в матеріалі шин з прямокутним перерізом і навантаження на ізолятори.

Ключові слова: електродинамічна стійкість, ізолятор, шина, коротке замикання, максимальне напруження, навантаження

Постановка проблеми. Здатність електротехнічного обладнання працювати без пошкоджень, витримуючи електродинамічні зусилля, що виникають в ньому в результаті взаємодії магнітних полів, створених струмопровідними частинами, при найважчих умовах, можливих при його експлуатації, наприклад, при коротких замиканнях значною мірою визначають його надійність та строк експлуатації. Тому, аналіз закономірностей для визначення максимального напруження в матеріалі

шин і навантаження на ізолятори на етапах проектування та впровадження розподільчого обладнання є актуальним.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Дослідженню електродинамічної стійкості електричних апаратів присвячена значна кількість робіт [1, 2 та ін.]. Проте в них не висвітлено або висвітлено не в повній мірі особливості проведення розрахунків максимального напруження в матеріалі шин і навантаження на ізолятори для розподільчого обладнання, що розраховане на досить широкий діапазон електричних напруг.

Мета даної роботи – висвітлення результатів дослідження електродинамічної стійкості ізоляторів і шин при коротких замиканнях на прикладі розподільчих пристроїв з напругою до 35 кВ.

Виклад основного матеріалу. Електродинамічні навантаження при коротких замиканнях приводять ізолятори і шини в коливальний рух [2]. При коливаннях в матеріалі шини виникають механічні напруження, а ізолятори піддані впливу механічних сил. Для забезпечення електродинамічної стійкості шин повинні виконуватись наступні умови:

$$R_{\max} \leq R_{\text{доп}} ; \sigma_{\max} \leq \sigma_{\text{доп}} ,$$

де R_{\max} – максимальне розрахункове навантаження на голівку ізолятора;

$R_{\text{доп}}$ – допустиме навантаження на голівку ізолятора, яка приймається рівною 60 % від мінімального руйнуючого навантаження ізолятора на згин або розрив $R_{\text{розр}}$; σ_{\max} – максимальне розрахункове механічне напруження в матеріалі шин; $\sigma_{\text{доп}}$ – допустиме напруження, що рівне 70 % від тимчасового опору розриву (межа міцності) матеріалу шин σ_{ξ} .

Значення σ_{ξ} і $\sigma_{\text{доп}}$ для деяких матеріалів шин приведені в табл. 1.

Таблиця 1

Значення межі міцності та допустимого напруження для деяких
матеріалів

Матеріал шини	Марка	Межа міцності σ_{ξ} , МПа	Допустиме напруження, $\sigma_{\text{доп}}$, МПа	Модуль пружності E , 10^{10} Па
Алюміній	АДО	58,8-68,6	41-48	7
Алюмінієвий сплав	АДЗІТ	127,4	89,2	7
Алюмінієвий сплав	АДЗІТІ	196	137,2	7
Мідь	МГТ	245-294	171,5-206	10

Максимальні навантаження на ізолятори і напруги в матеріалі шин визначаються в результаті рішення задачі про коливання шинної конструкції під дією електродинамічних навантажень [1, 2].

На конкретному прикладі односмугових шин прямокутного перерізу розміром $10 \times 0,6$ см з алюмінієвого сплаву АДЗІТ з модулем пружності $E = 7 \cdot 10^{10}$ Па виконано розрахунок максимального напруження в матеріалі шин і навантаження на ізолятори. Металеві шини вважались розміщеними одна до одної вузькими сторонами, довжина прольоту $l = 1,6$ м, відстань між шинами $a = 0,7$ м. Ударний струм трифазного короткого замикання $i_{\text{уд}} = 87$ кА, постійна часу $T_a = 0,05$ с. Значення напруги в розподільчих пристроях, що розглядались, не перевищує 35 кВ.

В результаті розрахунку отримано наступні параметри: момент інерції $J = 18 \cdot 10^{-8}$ м⁴, момент опору шини $W = 6 \cdot 10^{-6}$ м³, власну частоту шини $f = 119$ Гц. Максимальне напруження в матеріалі шин і навантаження на ізолятори: $\sigma_{\text{max}} = 86,6$ МПа, $R_{\text{max}} = 3896$ Н.

Напруження в матеріалі шин і навантаження на ізолятори менші відповідно допустимого напруження $\sigma_{\text{доп}} = 89,2$ МПа і допустимого навантаження $R_{\text{доп}} = 4500$ Н, тому обрані шини задовольняють умовам електродинамічної стійкості.

Висновки

1. Висвітлено особливості проведення розрахунку максимального напруження в матеріалі шин і навантаження на ізолятори для розподільчого обладнання з напругами до 35 кВ.

2. Встановлено, що для односмугових шин з прямокутним перерізом $10 \times 0,6$ см, виготовлених з алюмінієвого сплаву АДЗІТ значення максимального напруження в матеріалі становить $\sigma_{\text{max}} = 86,6$ МПа, при цьому максимальне навантаження на ізолятори $R_{\text{max}} = 3896$ Н.

Література

1. Белый И. В. Справочник по магнито-импульсной обработке металлов / И. В. Белый, С. М. Фертик, Л. Т. Хименко. – Харьков: Издательское объединение «Вища школа», 1977. – 168 с.

2. Холявский Г. Б. Расчет электродинамических усилий в электрических аппаратах / Г. Б. Холявский. – Л.: Энергия, 1971. – 156 с.

Електродинамічна стійкість ізоляторів і шин при коротких замиканнях
А. С. Кириченко

В роботі розглянуті результати дослідження ізоляторів і шин на електродинамічну стійкість при коротких замиканнях. Розраховано напруження в матеріалі шин з прямокутним сеченням і навантаження на ізолятори.

Electrodynamical stability of isolators and buses In short circuit О. Kyrychenko

The results of research of the electrodynamic stability in short circuit for isolators and buses are considered. The tensions in the material of buses with a rectangular cross-section and isolators loads are calculated.

УДК 621.81

**ВПЛИВ ВІДХИЛІВ ФОРМИ І РОЗТАШУВАННЯ ПОВЕРХОНЬ,
ХВИЛЯСТОСТІ І ШОРСТКОСТІ НА ЯКІСТЬ ВИРОБІВ І
ЕКСПЛУАТАЦІЙНІ ПОКАЗНИКИ МАШИН**

**Шворінь М.С., студент групи МЗ/З, Гнатьєв О.П., студент групи
Е2/2 ТЕК.**

Іванов Г.О., к.т.н., доцент

Для забезпечення необхідної точності параметрів виробу, його працездатності і довговічності на робочих креслениках деталей необхідно вказувати не тільки граничні відхили розмірів, але й в необхідних випадках допуски форми і розташування поверхонь

Ключові слова: геометричні параметри, хвилястість і шорсткість, нерівності.

Точність геометричних параметрів деталей характеризується не тільки точністю розмірів її елементів, але й точністю форми і взаємного розташування поверхонь. Відхили форми і розташування поверхонь з'являються в процесі обробки деталей, внаслідок неточності і деформації верстата, інструмента, пристосування; деформації деталі; нерівномірності припуску на обробку; неоднорідності матеріалу заготовки та ін. В рухомих з'єднаннях ці відхили викликають збільшення зносу деталей, внаслідок підвищеного питомого тиску на виступах нерівностей, порушення плавності ходу та шуму та ін. При роботі механізмів з використанням напрямних кулачків та ін., в зв'язку зі спотвореннями заданих геометричних профілів також зменшується їх точність. В нерухомих і щільних рухомих з'єднаннях відхили форми і розташування поверхонь викликають нерівномірність натягів та зазорів, внаслідок чого знижується міцність з'єднання, герметичність і точність центрування.

При збільшенні навантажень, швидкостей, робочих температур, що є характерним для сучасних машин і приладів, посилюється вплив відхилів форми і розташування поверхонь.

Відхили форми і розташування поверхонь знижують не тільки експлуатаційні, але й технологічні показники виробів. Так, вони суттєво впливають на точність і трудомісткість складання та збільшують обсяг операцій по припасуванню, знижують точність вимірювання розмірів, впливають на точність базування деталей при виготовленні й контролі.

Відхили від круглої форми кульок діаметром 8 мм, яке дорівнює 0,5 мкм, викликає у вальниці кочення шум на 15...20 дБ більший, ніж при відхилі 0,125 мкм.

Таким чином, для забезпечення необхідної точності параметрів виробу, його працездатності і довговічності на робочих креслениках деталей необхідно вказувати не тільки граничні відхили розмірів, але й в необхідних випадках допуски форми і розташування поверхонь. Правильне та найбільш повне нормування точності форми і розташування поверхонь, що сприяє підвищенню точності геометрії деталей при їх виготовленні і контролі, є одним з основних факторів підвищення якості машин і приладів.

Відхили форми і взаємного розташування, шорсткість і хвилястість поверхонь деталей значно впливають на експлуатаційні показники роботи машин. Відхили геометричних параметрів деталей призводять до посиленого спрацювання, знижують надійність і довговічність машин. Похибки взаємного положення поверхонь деталей також знижують якість роботи з'єднань. Встановлено, що спрацювання циліндрів блоку автомобільних двигунів на стадії припрацювання прямо пропорційне овалоподібності. Із збільшенням овальності гільз циліндрів посилюється проривання газів у картер, що руйнує масляну плівку на поверхні гільз циліндрів і прискорює спрацювання. Наприклад, при вихідній овальності дзеркала циліндрів 0,04 мм її значення збільшується до 0,10... 0,12 мм

після 400 год. роботи, а при овальності 0,025 мм – лише до 0,05... 0,06 мм. При початковій овальності двох двигунів 21 і 45 мкм спрацювання після пробігу 22000 км становило 31 і 60 мкм.

Висока точність виготовлення деталей дає змогу виконувати складання з меншими початковими зазорами і підвищує надійність і довговічність роботи машин. Хвилястість і шорсткість у рухомих з'єднаннях призводять до нерівномірності зазору і до зменшення площі контакту, а отже, збільшують питомий тиск, «схоплюють» окремі нерівності і виривають частинки металу, які, потрапляючи до мастила, активно діють і збільшують спрацювання у початковий період роботи. Чим більше початкова шорсткість відрізняється від оптимальної, тим більш буде спрацювання у період припрацювання (рис. 1).

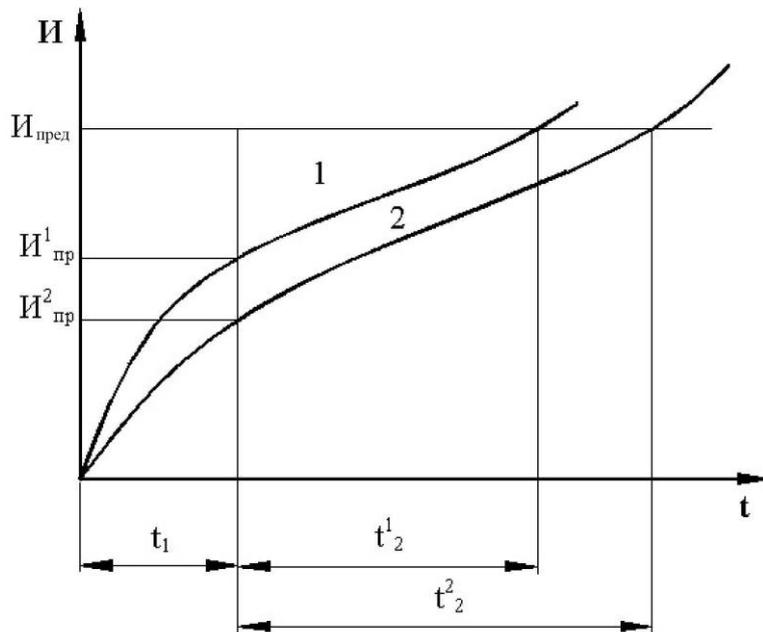


Рис. 1. Залежність технічного ресурсу від попереднього спрацювання I для поверхонь з вихідною шорсткістю: 1 – підвищеною; 2 – оптимальною; $I_{\text{пр}}^1$, $I_{\text{пр}}^2$ та $I_{\text{гран}}$ – прироблені та граничний зноси шорсткість.

По лінії ординат складено показники спрацювання, по лінії цис – час. Крива 1 азує наростання спрацювання поверхні підвищеною шорсткістю, а крива 2 з оптимальною шорсткістю. У період припрацювання t_1 перевищує спрацювання поверхні, яка має оптимальну шорсткість.

Оптимальною шорсткістю вважається така шорсткість, яку маємо після припрацювання і яка забезпечує мінімальне і рівномірне спрацювання у процесі тривалої експлуатації машин. Параметри оптимальної шорсткості

визначаються якістю мастила, умовами роботи поверхонь деталей, що труться, їх конструкцією і матеріалом. Зменшення початкового спрацювання в період припрацювання сприяє збільшенню періоду нормальної експлуатації з t_2^1 до t_2^2 .

Сідлоподібність цапфи і бочкоподібність вкладиша вальниці ковзання призводить до того, що рідинне тертя порушується і контакт сполучених деталей відбувається по найбільших вершинах нерівностей поверхонь. Це може зумовити «охоплення» нерівностей і, отже, збільшення контактних напруг, що, в свою чергу, зменшує надійність і довговічність роботи з'єднання.

Нерівності, будучи концентраторами напруг, знижують втомлювану міцність деталей. Так, при зменшенні шорсткості западин нарізаної або шліфованої нарізі болтів з $R_a = 1,0$ мкм до $R_a = 0,1$ мкм допустима гранична амплітуда циклу напруг збільшується на 25...50 %.

Шорсткість поверхні впливає також на втомлювану міцність деталей і на герметичність з'єднання. Вигладжування поверхонь (після точіння або шліфування) алмазними кінцевиками з радіусом сфери або циліндра 2...3 мм на 25...40 % підвищує втомлювану міцність і на 15...50 % стійкість до спрацювання деталей з легованих сталей (за рахунок створення залишкових напруг стиску і кращих параметрів шорсткості).

Стійкість поршневих пальців двигунів СМД-64 і Д-240, відновлених способом вібраційного деформування в 1,11 разів вище, ніж стійкість пальців, відновлених способом термічної обробки.

У нерухомих з'єднаннях шорсткість поверхонь деталей впливає на їх міцність. При запресовуванні вала в отвір відбувається часткове зрізання поверхонь, внаслідок чого зменшується дійсний натяг порівняно з розрахунковим.

Мікронерівності сприяють розвитку корозії металу. На грубо оброблених поверхнях корозія виникає і розповсюджується швидше.

Із сказаного випливає, що обґрунтоване призначення точності є

важливим фактором підвищення надійності і довговічності роботи машин, їх строку служби.

Література

1. Взаємозамінність та технічні виміри: навч. посіб. для вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, Д. В. Бабенко, С. І. Пастушенко, О. В. Гольдшмідт. – К.: Видавництво “Аграрна освіта”, 2006. – 335 с.

2. Практикум з дисципліни “Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання: навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл. освіти / [Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко та ін.; за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шебаніна.]. – К.: Видавництво „Аграрна освіта”, 2008. – 648 с.

3. Взаємозамінність, стандартизація та технічні вимірювання : підр. для вищ. навч. закл. освіти / Г. О. Іванов, В. С. Шебанін, Д. В. Бабенко, С. І. Пастушенко; за ред. Г. О. Іванова і В. С. Шебаніна – К.: Видавництво „Аграрна освіта”, 2010. – 503 с.

Влияние отклонений формы и расположения поверхностей волнистости и шероховатости на качество изделий и эксплуатационные показатели машин Шкворень М.С., Гнатъев А.П., Иванов А.А.,

Для обеспечения требуемой точности параметров изделия, его работоспособности и долговечности на рабочих чертежах деталей необходимо указывать не только предельные отклонения размеров, но и в необходимых случаях допуски формы и расположения поверхностей

Influence shape and position deviations of surfaces, waviness and roughness quality products and operational parameters of machines

Shvorin' M.S., Hnativ O.P., Ivanov H.O

In order to ensure the required accuracy of product parameters, its performance and durability on the working drawings of details necessary to specify not only tolerated dimensions, but also, where necessary, form and position tolerances surfaces.

УДК 624.15

**ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ГРУНТУ ПРИ ВИКОРИСТАННІ ТЕХНОЛОГІЇ NO-TILL**

*Ващинська О. - студентка групи М 2/1, Ксенік Л. – студентка
групи М2/3*

*Науковий керівник: Павлюченко І.С., асистент кафедри
загальнотехнічних дисциплін*

Миколаївський національний аграрний університет

*Нульовий обробіток ґрунту (NO-TILL) є сучасною, досить складною системою
землеробства, яка вимагає спеціальної техніки і дотримання технологій.*

Ключові слова: нульовий обробіток, збереження, відновлення

Ґрунт – жива біокосна система, яка складається з неживої скелетної частини та біологічного його компоненту. Вони тісно переплетені і взаємозалежні. В першу чергу в основі будь-якої роботи з ґрунтом базовими є його агрофізичні аспекти.

В Україні протягом останніх 20-30 років поступово склалася так звана комбінована система обробітку ґрунту, що передбачає використання різних способів і знарядь з урахуванням ґрунтово-кліматичних умов, вимог рослин і попередників. Ця система має чимало позитивних ознак, але варто звернути більше уваги на її недоліки.

Це – знеструктурення і ерозія ґрунтів, підвищені втрати органічної речовини як наслідок того, що верхній шар ґрунту занадто часто оброблюється і тривалий час перебуває у надмірно аерованому стані; переущільнення підорного і піднасінного (весною) шару як наслідок використання важких енергонасичених і колісних тракторів тоді, коли названі шари ґрунтів мають вологість, близьку до оптимальної, і тому найбільш вразливі до переущільнення; перевитрати пального через велику кількість окремих технологічних операцій.

Таким чином, екологічні й економічні причини потребують перегляду сучасної методології обробітку ґрунту, а також інтенсифікації наукових пошуків його здешевлення. Найвищого ефекту, за даними багатьох закордонних дослідників, можна досягти за умов застосування нульового обробітку.

Нульовий обробіток ґрунту (NO-TILL) є сучасною, досить складною системою землеробства, яка вимагає спеціальної техніки і дотримання технологій.

У порівнянні з традиційною технологією система нульового обробітку ґрунту має ряд таких переваг: економія ресурсів або зниження витрат, накопичення вологи у ґрунті, що особливо актуально в умовах степу і відповідно помітне зниження залежності урожаю від погодних умов. Незначне зниження урожайності за no-till технології компенсується за рахунок зниження витрат внаслідок чого підвищується рентабельність виробництва.

Література

1. 1. No-till – шаг к идеальному земледелию: Под ред. В.Батурина. – К.: Вид-во “Зерно”, ЗАТ “Гроші та світ”, 2007. – 128 с
2. Сайко В.Ф. Мінімальний та нульовий обробітки ґрунту, стан і перспективи їх запровадження в Україні / В.Ф. Сайко, А.М.Малієнко // Посібник українського хлібороба. Науково-вирбничий щорічник. – К.: Урожай, 2009. – С.178–188.
3. Рейкоски Д. Преимущества системы no-till в рамках почвозащитного земледелия / Д.Рейкоски, К.Е.Секстон // Посів по технологи no-till технології : Перев. с англ. – Днепропетровск, 2007. – С. 21–32.
4. Крижанівський В.Г. Щільність ґрунту на посівах гороху, пшениці озимої та буряків цукрових залежно від основного обробітку / В.Г.Крижанівський, П.В.Костогриз // Зб. наук. пр. Уманського НУС. – Умань, 2010. – Вип.74.– С.90–97.

*Улучшения технологических свойств почвы при использовании технологии no-till
Ващинского А. Ксеника Л. Павлюченко И.С
Нулевой обработки почвы (NO-TILL) является современной, достаточно сложной
системой земледелия, которая требует специальной техники и соблюдения технологий*

*Process improvement of soil properties of technology no-till Vashchyns'ka O. Ksenyk L.
Pavlyuchenko I.S.
Zero tillage (NO-TILL) is a modern, fairly complex system of agriculture, which requires
special equipment, and compliance technologies*

УДК 669.017:621.785

АЗОТУВАННЯ ЗОТУВАННЯ ЗУБЧАСТИХ КОЛІС

Вілянська А.В студентка групи М1/1

Полянський П.М. к.е.н., к.т.н., доцент Іванов Г.О.

Миколаївський національний аграрний університет

Для підвищення не тільки зносостійкості, а й головним чином межі витривалості все ширше піддають азотуванню деталі.

Ключові слова: азотування, високочастотний нагрів

Зуби шестерні в процесі експлуатації машин піддаються: 1) згину при прикладенні максимального крутного моменту або при різкому гальмуванні, внаслідок чого може відбуватися руйнування в ніжці зуба по галтелі; 2) згину при багатократних циклічних навантаженнях, що викликають втомне руйнування зуба в небезпечному перетині в ніжці зуба; 3) контактним напруженням на робочій поверхні в зоні зачеплення зубів; 4) зносу торцевих поверхонь при перемиканні передач. Основним критерієм працездатності шестерень є: контактна витривалість, витривалість при згині, стійкість до зношування і заїдання.

Зміцнюючі дію азотування обумовлено утворенням в поверхневому шарі дисперсних нітрідів легуючих елементів які відповідають вказаним вимогам.

Найбільшу твердість - після азотування надає сталі алюміній, який утворює в ній дисперсні нітриди (рис. 1).

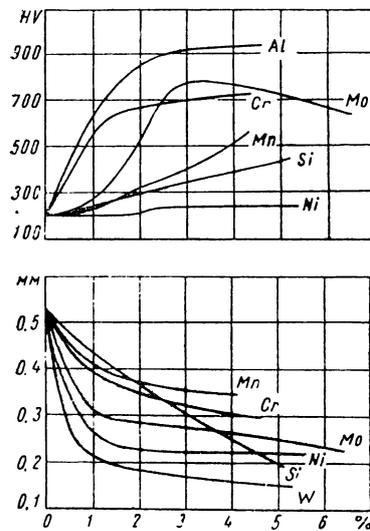


Рис. 1. Вплив легуючих елементів на поверхневу твердість і глибину азотованого шару

Первісне уявлення про роль частинок нітридів як «шипів», що перешкоджають ковзанню і підвищують твердість сталі, позначилося недостатнім у зв'язку з розвитком дислокаційної теорії будови реальних кристалів. Відповідно до теорії дислокацій, частки другої фази є перешкодами при пересуванні дислокації. Зустрічаючи на своєму шляху частинки другої фази, дислокації можуть або сповільнювати свій рух, або повністю припинитися. Якщо дислокації все ж минули (обігнули) частинку, то навколо останньої залишається петля дислокацій і, отже, поле подальших напруг. Наближаючись до таких ділянок, інші дислокації будуть відчувати гальмування; напруги, необхідної для подолання часток, навколо петлями, набагато більше, ніж при відсутності петель. Зміцнення сплаву буде тим більше, чим менше відрізки, на які може переміщатися дислокація, що безпосередньо пов'язано з дисперсністю утворених нітридів, тобто міжчастинковою відстанню. Коли більшість міжчасткових обсягів буде заповнено петлями (і буде під впливом полів напруг), настане стан максимального зміцнення.

Найбільш широко застосовується сталь 38ХМЮА. Ця сталь має високі механічні властивості, наскрізь прогартованість при діаметрі до 50 мм, набуває після гарту твердість НВ 420-480, а після відпустки при 600-625 °С твердість НВ 260-290.

Сталь 38ХМЮА рекомендується гартувати з 930 °С в маслі або воді, причому оптимальна міцність досягається при гарті у воді (рис. 2). Мінімальна крихкість азотованого шару на сталі 38ХМЮА, загартованої з 900 °С в маслі, досягається при відпустці на більш низьку твердість (HRC 25-27). Меншою крихкістю володіє азотований шар сталі, загартованої з 930 °С у воді. Високочастотний нагрів цієї сталі під загартування - забезпечує отримання більш тонкої структури, що сприяє суттєвому підвищенню в'язкості азотованого шару.

Наявність в сталі 38ХМЮА значної кількості алюмінію викликає ряд ускладнень в технології виплавки, а також в гарячій механічній і термічній обробках. У зв'язку з цим впроваджена у виробництво сталь 38ХВФЮА, яка не має у своєму складі молібдену та має 0,4-0,7% Al. У порівнянні зі сталлю 38ХМЮА ця сталь має таку ж міцність, в'язкість, прогартованість, але її твердість після азотування помітно нижче, а азотований шар менш крихкий.

Для підвищення не тільки зносостійкості, а й головним чином межі витривалості все ширше піддають азотуванню деталі, що працюють в умовах повторно-змінних навантажень і виготовлені з сталей 30Х2Н2ВФА, 18Х2Н4ВА, 30Х2Н2ВА, 40ХНВА, 40ХНМА, 30Х3ВА, 30ХНМФ, 30ХН3МФ, 30ХМФ та ін .

Поверхнева твердість цих сталей після азотування невелика і коливається в межах НВ 550-900, але прогартованість більшість з них вище, ніж у сталі 38ХМЮА, а азотований шар менш твердий і крихкий.

Азотуванням поліпшується леговані сталі, наприклад 40Х. Після азотування ці сталі отримують більш низьку твердість, ніж після цементації (HRC 50-58 при перекладі з НВ 10).

Поверхневий шар азотованого 38ХМЮА частіше розташовується тонка непротравлююча нітридна зона, яка складається з ϵ -і γ' -фаз або з ξ -, ϵ - і γ' -фаз. Під цією зоною знаходиться основна зона азотованого шару, що відрізняється при невеликому збільшенні від сорбітної структури серцевини сталі лише більшим травленням. Ця зона складається з α - і γ' -фаз; в тій її частині, яка примикає до нітридної кромки, іноді присутні нітриди заліза у вигляді тонких прожилок. Дисперсні нітриди легуючих елементів при зазвичай прийнятих збільшеннях мікроструктури не видні.

На підставі електронно-мікроскопічного дослідження прийшли до висновку, що в азотованому шарі сталі 38ХМЮА під впливом виділяються нітридів легуючих елементів відбувається дроблення блоків.

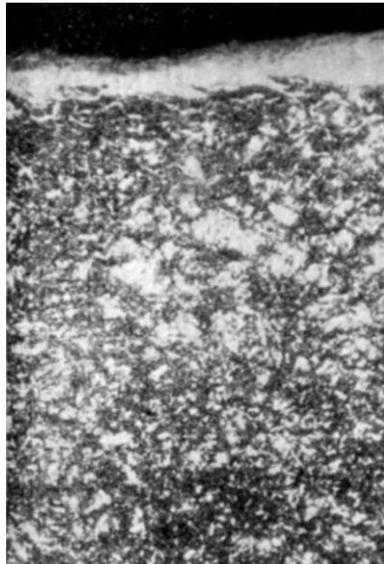


Рис. 2. Мікроструктура азотованого шару сталі 35ХМЮА, 520 °С. 48 год (X150)

Нітриди мають розміри близько 200-500 А і розташовуються переважно по межах цих блоків. Достовірних відомостей про величину і твердості нітридів алюмінію, що виділяються в сталі, немає.

При великому вмісті в сталі нітридоутворюючих легованих елементів нітридні фази можуть бути виявлені рентгенівським і мікроскопічним методами.

Азотований шар має високу твердість (Рис. 3) і зносостійкість. Зносостійкість азотованого сталі в 1,5-4 рази вище зносостійкості загартованих високовуглецевих, цементованих і навіть вище нітроцементованих сталей.

Азотування знижує в'язкість сталі, підвищує її міцність, послаблює вплив концентраторів напружень на зменшення межі витривалості сталі (рис. 3) і істотно підвищує межу витривалості, особливо тонких деталей і деталей, що працюють в деяких корозійних середовищах.

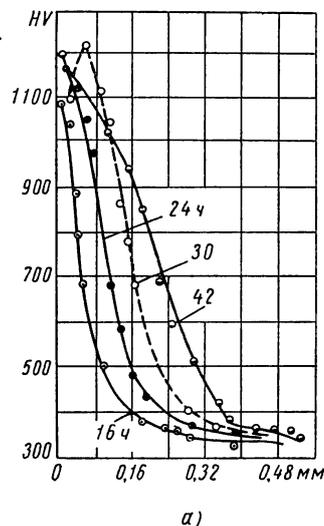


Рис. 3. Розподіл твердості і мікротвердості по глибині азотованих шарів у сталі 35ХМЮА, азотований при 520 °С

Азотований сталь володіє теплостійкістю, і її твердість зберігається після впливу високих температур (рис. 4). Наприклад, сталь 38ХМЮА зберігає свою твердість при нагріванні до 500-520 °С протягом декількох десятків годин. Ще більшу стійкість твердості протидії високих температур (до 600 °С) має аустенітна сталь. Однак при тривалій експлуатації в умовах високих температур азотований шар поступово розсмоктується, на поверхні утворюються оксиди і відбувається глибока дифузія кисню по нітридним прожилкам, що утворюється як у процесі азотування, так і при тривалому нагріванні під час експлуатації.

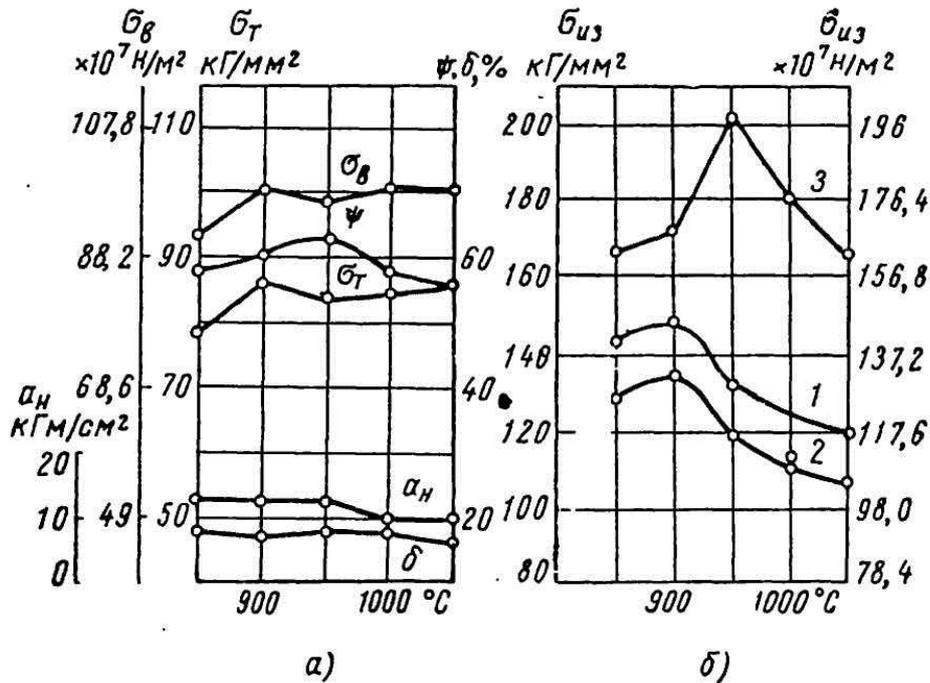


Рис. 4. Вплив температури гарту на різні механічні властивості азотованих пластинок із сталі 38ХМЮА, загартованих у воді (а), і на межу їх міцності при вигині (б) після гарту в маслі (криві 1 і 2) і загартування у воді (крива 3).

Література

1. Лахтин Ю.М. Металловедение й термическая обработка металлов. – М: – "Металлургия", 1986.
2. Минкевич А.Н. - Химико-термическая обработка металлов и сплавов. – М: – "Машиностроение", 1965.
3. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: «Металлургия», 1982.

Азотирование зубчатых колес Вилянский А.В Полянский П.М. Иванов Г.А.

Для повышения не только износостойкости, но и главным образом границы выносливости все шире подвергаются азотированию детали.

Nitriding gears Volyans'ka A.H Polyans'kyu P.M. Ivanov H.O

To improve not only durability but also mainly endurance limit is increasingly subjected to nitriding details.

УДК 621.822.6

АНТИФРИКЦІЙНІ СПЛАВИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВАЛЬНИЦЬ КОЧЕННЯ

Некрасов В.С. студент групи М5/М

Науковий керівник – канд. екон. наук, доцент Полянський П.М., канд.
техн. наук, доцент Іванов Г.О

Миколаївський національний аграрний університет

В статті проведений аналіз використання антифрикційних матеріалів для виготовлення вальниць кочення.

Ключові слова: визначення твердості, добавки, стійкість.

Антифрикційні сплави які використовуються для виготовлення вальниць кочення залежно від хімічного складу можна поділити на наступні групи: а) олов'яні і свинцеві бабіти; б) свинцеві бронзи; в) сплави на основі алюмінію або магнію; г) сплави на основі кадмію; д) сплави на основі цинку; е) сплави на основі срібла.

Сплави повинні витримувати високий питомий тиск та володіти наступними властивостями: низьким коефіцієнтом тертя; високою зносостійкістю поверхні; доброю теплопровідністю; стійкістю до корозії.

Вимоги 1 і 2 задовольняються тоді, коли поверхні вала і вкладиша розділені плівкою мастила. Якщо структура вкладиша неоднорідна і складається з твердих включень і м'якої основи (правило Шарпи), то після нетривалої роботи на поверхні вкладиша утворюється мікрорельєф - виступають тверді включення і між валом і вкладишем утворюється простір, в якому утримується мастило (рис. 1).

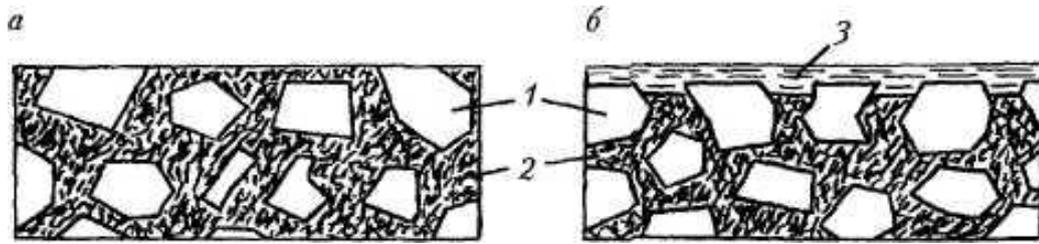


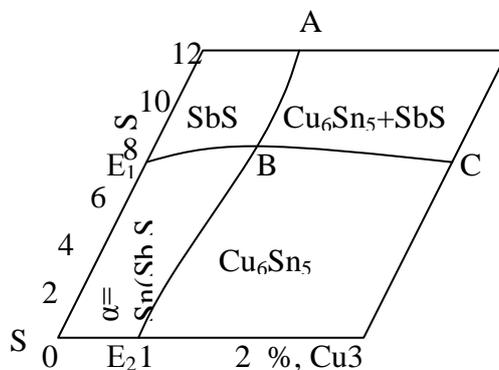
Рис. 1. Мікроструктура сплавів для вальниць кочення: а - до початку роботи; б - після нетривалої роботи; 1 - тверді включення; 2 - м'яка основа; 3 - мастило

Олов'яно-свинцеві бабіти.

Основу олов'яних і свинцевих бабітів складають м'які пластичні метали - олово і свинець. Мікроструктура цих бабітів найбільш повно задовольняє правило Шарпи. Висока пластичність основи сплаву забезпечує хорошу пристосованість його, а наявність твердих кристалів дозволяє витримувати високий тиск.

Найбільш поширеними добавками в олов'яних бабітах є сурма і мідь. Твердість свинцю - 3НВ, олова 5НВ, сурми 30НВ, евтектики Pb-Sb (7-8)НВ, тому найкращим є евтектичні сплави (16-18% Sb).

Внаслідок утворення α -твердого розчину сурми в олові твердість основи сплаву підвищується, але пластичність залишається досить високою. При вмісті 7,5% Sb і більше в структурі сплаву сплавляються тверді β -кристали з граткою хімічного з'єднання SbSn. Олово розчиняє в собі



невелику кількість міді, при 1% Cu кристалізується евтектика, що складається майже з чистого олова незначної кількості кристаликів хімічної сполуки Cu_6Sn_5 або CuSn .

Мал. 2. Будова трійникових сплавів Sn-Sb-Cu

Зазвичай в сплав вводять не менше 2% Cu, щоб запобігти ліквідацію легких кристалів SbSn. Таким чином структури промислових сплавів знаходяться правіше лінії E₂BA і в них завжди присутні голки хімічного з'єднання Cu₆Sn₅ на основі кристалів олов'яного твердого розчину і евтектики. Твердість кристалів Cu₆Sn₅ і SbSn значно вище, ніж у евтектики (відношення їх твердість 10:4:1). Цинк, миш'як і залізо також є шкідливими домішками в олов'яних бабітах, особливо якщо робоча температура вальниць кочення висока. Цим і пояснюється жорсткі обмеження вмісту перерахованих домішок в сучасних стандартах.

При робочих температурах, що не перевищують 80-90 °С, і відносно невисоких ударних навантаженнях цілком придатні свинцеві бабіти. Експлуатаційна стійкість їх не нижче, ніж у олов'яних бабітів. Дефіцит і дорожнеча олова призвела в останні роки до використання свинцевих бабітів в самих різних галузях машинобудування. У порівнянні з олов'яними і свинцеві бабіти володіють більшою твердістю і міцністю, але вони більш крихкі, менш теплопровідні і більш складні у виготовленні, тому їх використовують при значно менших навантаженнях, ніж свинцеві бабіти. Отже олов'яна основа в'язка, пластична і менш схильна до втомного руйнування.

Склад бабіту Б88 - 7,3...7,8% Sb, 2,5...3,5% Si, 0,8...1,2% Cd, 0,15...0,25% Ni, Sn - основа. Застосовуються для виготовлення важконавантажених вальниць кочення турбін, турбонасосів, турбокомпресорів.

Олов'яносвинцевосурмяний бабіт Б16 (16% Sn) дешевший олов'яносурмяного, а за якістю поступаються не набагато (Sn і Sb по 15-17%, основа Pb). Застосовуються для виготовлення середньонагружених вальниць кочення автомобільних моторів.

Кальцієві бабіти (БК) належать до системи Pb-Ca-Na. М'якої складовою є α-фаза (твердий розчин Na і Ca в Pb), твердими включеннями - кристали Pb₃Ca. Натрій та інші елементи, що вводяться в сплав,

підвищують твердість α -розчину. Бабіти БК володіють хорошими антифрикційними властивостями, менш крихкі і більш зносостійкі, ніж бабіти БС. Застосовуються на залізничному транспорті (вальниць кочення вагонів, колінчастого вала тепловозних двигунів і т. д.).

Свинцева бронза.

Розвиток авіаційного моторобудування зажадало значного збільшення питомої них тиску і швидкостей ковзання у вальниць кочення. В умовах погіршення температурного режиму виявилися непридатними навіть найкращі високоолов'яні бабіти з причини їх недостатньої міцності і опору втоми. Потреба в новому матеріалі, якісно відповідає підвищеним вимогам, була задоволена застосуванням свинцевої бронзи. Склад БрС30: 27-31% Pb; до 0,1% P; інше Cu.

Свинець практично не розчинний у твердій міді, і, відповідно структура усіх свинцевих бронз так само гетерогенна, як і бабітів, але, відмінністю, що в них основною масою в структурі є більш тверда мідь, в якій розташовані включення м'якого свинцю.

З числа всіх сплавів для вальниць кочення свинцювата бронза володіє найбільш високою теплопровідністю.

При підвищених температурах міцність свинцюватої бронзи не зазнає істотних змін (аж до 200 °С). Зниження твердості спостерігається, лише починаючи від 150 °С.

У порівнянні з іншими антифрикційними сплавами свинцюваті бронзи проявляють при терті більш низьку температур.

Більш висока теплопровідність, міцність при підвищених температурах і опір втоми ставлять свинцювату бронзу (особливо леговану оловом) на перше місце серед усіх сплавів для вальниць кочення, для найбільш потужних авіаційних, танкових, автомобільних моторів і дизелів.

Сплави на основі кадмію.

У міднокадмієвих сплавах основними кристалами є кристали хімічного з'єднання $CuCd_3$ які розташовані в евтектиці $Cd+\epsilon$, що служить

м'якою основою. Срібло, розчиняється у кадмії в декількох відсотках, підвищуючи твердість м'якої основи. Згідно потрійній діаграмі, сплави зі складом до 1,2% Cu і до 2,5 Ag, складаються з евтектики і кристалів твердого розчину срібла в кадмії. Сплави, що містять понад 1,2% Cu і до 2,5% Ag складаються з евтектики і кристалів хімічного з'єднання $CuCd_3$.

Визначення твердості окремих структурних складових за допомогою алмазного вістря показало, що опорні кристали кадмієві сплавів мають лише трохи більшу твердість, ніж кристали олов'яних бабітів, і, таким чином, їх дія на вал досить м'яке.

Твердість кадмієвих сплавів в області робочих температур висока і набагато вище, ніж у олов'яних бабітах. Робоча температура вальниць кочення не повинна перевищувати 80 °C.

Особливістю кадмієвих сплавів є схильність до корозії в мастильних маслах, що містять кислоти, а присутність магнію підсилює корозію. Для підвищення корозійної стійкості наносять на робочу поверхню сплаву електролітичним шляхом індій і відпалюють при 170 °C з метою дифузії; у присутності 0,2 % індію в поверхні шарі сплаву опір корозії значно підвищується. Кадмієві сплави володіють високим коефіцієнтом лінійного розширення: $\alpha=28-30 \cdot 10^{-6}$. Усадка їх досягає 0,9%.

Кадмієві сплави нагріваються менше, ніж бабіт з 80% олова, і навантаженість їх значно вище.

За даними науково-дослідних робіт кадмієві сплави поступаються за навантаженості свинцевої бронзи, але вони значно менше зношують вал і, таким чином, є проміжними за властивостями і працездатністю між олов'яним бабітом і свинцевою бронзою. Вони добре пристають до сталевому корпусу вкладиша і мають значно більш високу межу втоми, ніж бабіт, але поступаються в цьому відношенні свинцевої бронзі.

Сплави кадмію з міддю і сріблом застосовуються для вальниць кочення автомобільних моторів.

Сплави з легких металів.

Сплави з легких металів можуть бути поділені на наступні основні групи: сплави на основі Al-Cu, Al-Si, Al-Sb, Al-метал залізної групи.

Сплави Al-Cu містять від 4 до 15% Cu. Вони складаються з кристалів твердого розчину міді в алюмінію і евтектики алюмінію з хімічним з'єднанням $CuAl_2$. кристал $CuAl_2$ є твердою структурної складової цих сплавів.

У сплавах Al-Si від 12 до 20 % Si, твердої структурної складає кристали кремнію; в сплавах Al-Sb - кристали хімічного з'єднання AlSb, в сплавах алюмінію з металами залізної групи опорними кристалами є хімічне з'єднання Al_3Fe або Al_3Ni .

Опорні кристали алюмінієвих сплавів мають досить високу твердість, причому найбільшою твердістю відрізняються кристали кремнію. Більшість запропонованих сплавів містить ще інші метали, що вводяться в невеликій кількості.

Зміна властивостей алюмінієвих сплавів у інтервалі робочих температур вальниць кочення (до 150 ° C) не значні.

Алюмінієві сплави мають високу теплопровідність і великим коефіцієнтом лінійного розширення. Лише сплави з високим вмістом кремнію мають коефіцієнт лінійного розширення майже такий же, як і у бронз. Алюмінієві сплави витримують великий питомий тиск.

Алюмінієві сплави мають значно більшу твердістю, ніж олов'яні бабіти, і для роботи в парі з ними рекомендується мати сталеві шийки підвищеної твердості, а робочу поверхню вальниці кочення ретельно і гладко обробленої. При цих умовах вальниця кочення і шийка зношуються рівномірно і незначно. Другою особливістю алюмінієвих сплавів є їх високий коефіцієнт лінійного розширення, у зв'язку з чим вальниця кочення повинен мати зазор більше звичайного (до 0,1 мм) і збірка повинна бути особливо ретельною. При невиконанні цих умов зазор може зникнути і настане передчасних заїдання.

Найбільше застосування на практиці мають сплави мідноалюмінієві, залізоалюмінієві і нікельоалюмінієві, які володіють хорошими ливарними властивостями.

Сплави АО3-1 і АО9-2 (Sn - 9%, Сі - 2%) рекомендуються для вальниць кочення верстатів, невідповідальних і мало-навантажених деталей літака і для інших вальниць кочення товщиною не більше 10 мм, сплави АО20-1, АН2.5 (Ni - 2,5%) - для отримання біметалічної стрічки зі сталлю методом прокатки що працюють в умовах середнього навантаження не більше 200-300 МПа і коловою швидкістю 15-20 м/с з добрим змащенням.

Цинкові сплави.

Твердої структурної складової в цих сплавах є кристали хімічного зієднання міді з цинком, основою сплаву служить м'яка евтектика з вкрапленнями свинцю. Твердість цих сплавів НВ 60-100 кг/мм². Присутність олова в сплаві надає антифрикційні властивості і здатність добре припаюватися до сталі.

Сплав, що містить 10% Cu і 5% Al, складається з кристалів багатих міддю, і евтектики, а сплав з 10% Al і 5% Cu має в якості твердої фази кристал багатих алюмінієм, а основа є евтектика.

Збільшення вмісту міді сприяє підвищенню твердості і опору стисненню і зменшує опір удару. Цинкові сплави легко пресуються, після чого їх пластичні властивості значно підвищуються.

При підвищенні температури механічні властивості цинку різко знижуються. Твердість цинкових сплавів при підвищенні температури до 100 °С зменшується вдвічі, в той час як твердість свинцевої бронзи майже не змінюється.

Великий коефіцієнт лінійного розширення цинку $\alpha=29,76 \cdot 10^{-6}$ повинен прийматися до уваги при виготовленні вальниць кочення, потрібно збільшений зазор. Зниження механічних властивостей при

підвищенні температури, призведе до застосовувати цинкових сплавів при температурі вальниць кочення не вище 80 °С.

Цинкові сплави ЦАМ10-5, ЦАМ5-10, ЦАМ9 експлуатуються в умовах середніх навантажень, але за своїми антифрикційним властивостями вони значно поступаються олов'яній бронзи. По опору займають положення між бабітами і олов'яними бронзами.

Сплави на основі срібла.

Срібло, яке є м'яким, пластичні металом, застосовується у вальниць кочення на більш потужних авіаційних моторів. Вальниця кочення готується або шляхом електролітичного осадження срібла на робочу поверхні вкладиша, або шляхом виливки. Робочий шар вальниць кочення, виготовлених шляхом електролізу, містить не менше 99,75% срібла. Попередньо на сталевий корпус вкладиш з маловуглецевої сталі наноситься тонкий шар міді або нікелю, потім вкладиш покривається сріблом і відпалюється при 500 °С на протязі години. Після остаточної механічно обробки робоча поверхня срібної вальниці кочення покривається шаром свинцю товщиною в 20-30 мікрон.

Фізичні і механічні властивості антифрикційних сплавів для виготовлення вальниць кочення

Сплав	Властивості				
	Коефіцієнт лінійного розширення $\alpha = 10^{-6}$	Теплопровідність, кал/см·сек·град	Твердість по Бринелю НВ, кг/мм ²	Опір втоми, кг/мм ²	Границя міцності на розтяг σ_B , кг/мм ²
Лите срібло	20,5	1	26-35	4,5	
Б83 ол83			-		7
Б16 ол16			30		7,8
БрС30			30	2,8	3,8
АО9-2		-	50-60		78-105
ЦАМ10-5	27	0,24	95-100		28-30

Самозмазуючі вальниці кочення отримують методом порошкової металургії з матеріалів різної композиції: залізо-графіт, залізо-мідь (2-3%) - графіт або бронза-графіт. Графіту вводять 1-4%. Після спікання утворюється 15-35% пір, які заповнюються маслом. Масло і графіт

змащують поверхні тертя. Такі вальниці кочення працюють при невеликих швидкостях ковзання (до 3 м/с), відсутності ударних навантажень, їх встановлюють у важкодоступних для змащення місцях.

Металофторопластові вальниці кочення. Їх виготовляють з металофторопластова стрічки (МФПл).

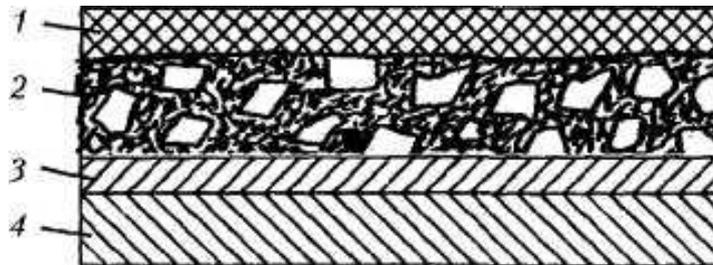


Рис. 3. Схема металофторопластова стрічки МФПл

Стрічка складається з 4-х шарів:

- 1-й шар - спрацьований, виконаний з фторопласту, наповненого дисульфідом молібдену (25% по масі); товщина шару 0,01 ... 0,05 мм (для великих зносів 0,1 ... 0,2 мм).

- 2-й шар (-0,3 мм) - бронзофторопластовий. Являє собою шар пористої бронзи БрО10Ц2, отриманий спіканням часток порошку сферичної форми. Пори заповнюються сумішшю фторопласта з 20% Рь.

- 3-й шар (0,1 мм) утворений міддю. Він забезпечує міцність зчеплення бронзового пористого шару з 4-м шаром.

- 4-й шар являє собою сталеву основу зі сталі марки 08 кп, товщина 1-4 мм

Комбіновані матеріали використовують у вузлах тертя, що працюють без мастильного матеріалу.

Література

1. Лахтин Ю.М. Металловедение й термическая обработка металлов. – М: – "Металлургия", 1986.

2. Минкевич А.Н. - Химико-термическая обработка металлов и сплавов. – М: – "Машиностроение", 1965.

3. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: «Металлургия», 1982.

4. Чудаков Е.А. Энциклопедический справочник машиностроения. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1947.

Антифрикционные сплавы для изготовления подшипников качения Некрасов В.С. Полянский П.М., Иванов Г.А.

В статье проведен анализ использования антифрикционных материалов для изготовления вальцов качения

Antifriction alloys production rolling bearing Nyekrasov V.S Polyans'kyu P.M., Ivanov H.O

The article analyzes the use of anti-friction materials for the manufacture of rolling libertines.

УДК 620.178.7:669.14

МЕТАЛОКЕРАМІЧНІ ФРИКЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ

Владимиров О.С. студент ТЕК Е2/1

Науковий керівник – канд. екон. наук, доцент Полянський П.М

Миколаївський національний аграрний університет

В роботі розглянуто ефективність використання металокерамічних матеріалів та сплавів.

Ключові слова: зносостійкість, корозостійкість, теплопровідність

Металокераміка або порошкова металургія - галузь технології, яка займається виготовленням металевих порошків і виробів з них. У практиці знаходять застосування порошки майже всіх металів і великої кількості сплавів.

Для одержання металевих порошків застосовують фізико-механічні і фізико-хімічні способи. До перших відносять механічне подрібнення

(різанням, на бігунках, в кульових або вихрових млинах та ін.), лиття в воду, перемішування розплаву при кристалізації, розпилювання його повітрям або парою (іноді одночасно з механічним впливом); до других - відновлення оксидів, руд або солей, електроліз водних розчинів або розплав середовищ, термічна дисоціація карбонітів, дифузія і хімічна реакції при нагріванні порошків металів і неметалів, хімічне подрібнення (міжкристалічна корозія), електроерозія.

Металеві порошки в пропорціях перемішують в змішувальній камері барабанного або відцентрового типу, в кульових або вібраційних млинах.

Вироби з порошкової шихти (пресування) отримують пресуванням на гідравлічних, механічних та спеціальних автоматичних пресах одностороннього та двостороннього дії.

Об'єм (висота) засипки зменшується при пресуванні в 2,5-4 рази. Висота пресовки для забезпечення відносної рівної щільності її не повинна перевищувати товщину стінок більш ніж в 15-17 разів, а діаметр пресування - понад 4 раз. Тиск пресування 1000-10 000 кг/см², при цьому величина бічного тиску становить 25-30% тиску пресування.

Тиск випресовки виробів з прес-форми становить 5-65% тиску пресування - залежно від висоти виробу.

Основними компонентами металокерамічних фрикційних матеріалів є - мідь, олово, свинець і графіт. Ряд сплавів мають також залізо, кремній і цинк. Типовий хімічний склад фрикційних сплавів: 60-75% Cu, 5-10% Sn, 6-15% Pb, 5-8% графіту, до 2% Si, до 10% Fe.

Внаслідок невисокого опору розриву і зрізу металокерамічні фрикційні матеріали наносяться на сталеву основу (диск або стрічку) тонким шаром товщиною від 0,25 до 8-10 мм і іноді до 6 мм.

Металокерамічні фрикційні матеріали володіють високими експлуатаційними властивостями, зносостійкістю і корозостійкістю.

Найбільш поширений вид виробів - пористі залізграфітові і бронзографітові втулки. Застосовують також пористі залізні, бронзові,

залізо міднографітові і чавунні сплави. Типова структура бронзографіта твердий розчин Cu-Sn з включеннями вільного графіту, залізографіта - перліт з включеннями фериту і цементиту.



Мал. 1

Вироби з фрикційних матеріалів використовують у вигляді накладок на сталю підставу гальмівного елемента мал. 1. Допускають гальмування з високими швидкостями при великих навантаженнях: 30-500 м/сек до 20 кгГ/см² - без змащення; 50-70 м/сек до 70 кгГ/см² - з мастилом. Склад

створюється на мідній або залізною основі з добавками Sn, Pb, графіту, Сі, Fe, Zn, Si, SiO₂. Властивості фрикційних матеріалів наведено в табл. 1. Фрикційний шар гальмівних дисків спікають разом зі сталевим підставою під тиском або попередньо спіканні деталі приклеюють (приклепують) до основи.

Таблиця 1.

Властивості фрикційних металокерамічних матеріалів

Параметри	На мідній основі	На залізній основі
Щільність, г/см ³	5,8-6,0	6,0-6,2
Твердість НВ	18-25	25-35
Опір зрізу, кг/мм ²	6-7	22-23
Опір стиску, кг/мм ²	25-28	100-120
Коефіцієнт тертя по сталі в суху	0,26-0,30	0,26-0,32
Коефіцієнт тертя в маслі	0,1-0,12	0,1-0,12
Коефіцієнт лінійного розширення при 20-500 °С, 1/град	(17,6-32,0)10 ⁻⁴	-
Теплопровідність при 100-600 °С, кал/(см·сек·град)	0,095-0,1	-
Максимально допустима робоча температура, °С	300	700

Література

1. Лахтин Ю.М. Металловедение и термическая обработка металлов. – М: – "Металлургия", 1986.
2. Минкевич А.Н. - Химико-термическая обработка металлов и сплавов. – М: – "Машиностроение", 1965.
3. Гуляев А.П. Металловедение. – М.: «Металлургия», 1982.
4. Чудаков Е.А. Энциклопедический справочник машиностроения. – М.: Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1947.

Металлокерамических фрикционных материалов Владимиров А.С. Полянский П.М
В работе рассмотрена эффективность использования металлокерамических материалов и сплавов.

Metal-ceramic friction materials Vladymyrov O.S Polyans'kyu P.M
The paper considers the effectiveness of the use of metal-ceramic materials and alloys.

УДК 620.179.112/075.8

ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПАЛИВНИХ НАСОСІВ ВИСОКОГО ТИСКУ ШЛЯХОМ НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ ТА ЇХ МОДЕРНІЗАЦІЇ

С.М. Бурик, студент групи ЗМ 6/1 маг

С.М. Воробйов, студент групи ЗМ 6/1 маг

А.П. Галєєва, кандидат педагогічних наук, доцент

Д. Д. Марченко, кандидат технічних наук, асистент

Миколаївський національний аграрний університет

В статті приведені результати дослідження довговічності розподільних ПНВТ з наявного ремонтного фонду. Теоретично і експериментально обґрунтовано спосіб відновлення працездатності ПНВТ шляхом модернізації і нанесення покриттів для продовження їх ресурсу.

Ключові слова: паливні насоси, модернізація, покриття, двигун, ресурс

У сучасних економічних умовах перед сільськогосподарськими підприємствами стоять завдання виробництва високоякісної продукції і зниження її собівартості. При цьому в структурі виробничих витрат найбільшу долю (25..30 %) займають витрати на паливо, зниження яких дозволить зменшити собівартість вироблюваної продукції.

Специфіка виконання різноманітних сільськогосподарських операцій машинно-тракторними агрегатами (МТА) характеризується тим, що до 90% загального часу енергозасобу цих МТА, як правило, дизельні, працюють на несталіх режимах.

Значний внесок у розвиток і вдосконалення існуючих систем живлення, розробку принципово нових конструкцій насосів і форсунок, нових способів відновлення і ремонту прецизійних деталей паливної апаратури, методів контролю, випробування і оцінки технічного стану вузлів і деталей паливної апаратури внесли такі учені, як А. В. Николаенко, В. В. Антіпов, Р.М. Баширов, Ф.Х. Бурумкулов, В.Н. Бугаїв, І.І. Габітов, А.С. Денисов, Б. П. Загородських, П. М. Кривенко, В. П. Лялякін, Ю. В. Неговор, Е. А. Пучіні, В. І. Черноіванов, Б. Н. Файнлейб, В. М. Юдін, Ю. М. Хаширов і інші вчені.

Створення необхідних властивостей робочих поверхонь ПП пропонується нанесенням тонкоплівкових алмазоподібних покриттів, що володіють високою мікротвердістю, низьким коефіцієнтом тертя, а також що перешкоджають схоплюванню контактуючих поверхонь. Слід зазначити, що на початку експлуатації по запропонованих варіантах поверхневий шар деталей ПП має однакові властивості, які визначаються природою тонкоплівкового покриття, формованого методом ФПУ.

Для підвищення працездатності ПП і паливного насоса в цілому пропонується зміцнення робочих поверхонь плунжерних пар, що поступають в якості запасних частин, шляхом нанесення тонкоплівкових алмазоподібних покриттів за допомогою устаткування ФПУ-111. Дослідження структури і складу тонкоплівкових покриттів проводили за допомогою металографічного мікроскопа Axiovert 40 MAT і рентгенофлуоресцентного аналізатора X-Арт М.

Результати багатofакторного експерименту показали (рис. 1), що відносна зносостійкість пари тертя (С) з тонкоплівковим покриттям обох

зразків, порівняно зі швидкістю зношування пар тертя (А) і (В), відповідно в 9 і 5 разів нижче. Із зміною швидкості відносного переміщення в межі 0,5...2 м/с при тиску $P = 20$ МПа, $P = 70$ МПа і $P = 120$ МПа збільшення зносостійкості пари тертя (С) відносно пари тертя (А) склало з 8,31 до 9,66 разу, з 9,54 до 10,81 разу і з 10,65 до 11,49 разу відповідно.

Проведення порівняльних досліджень циклової подачі і експериментальних ПП залежно від оборотів кулачкового валу паливного насоса і положення рейки представлено на рис. 2.

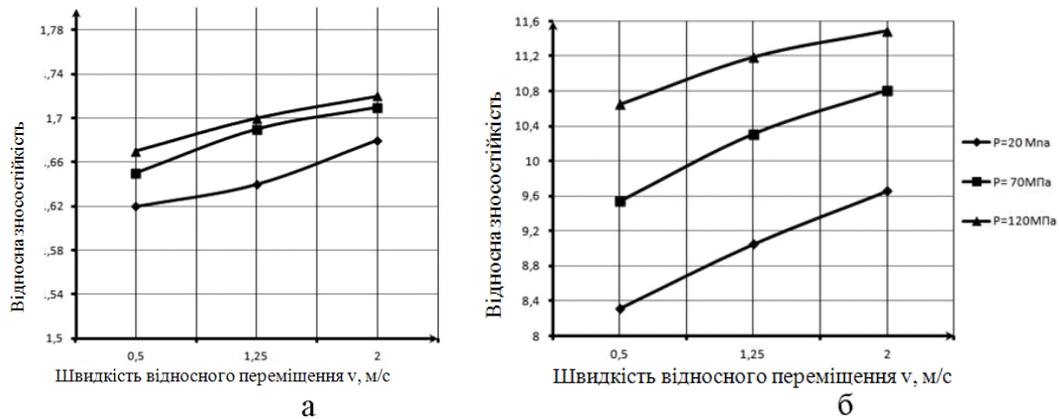


Рис. 1. Залежність відносної зносостійкості зразків k_{AB} (а) і k_{AC} (б) від швидкості їх відносного переміщення

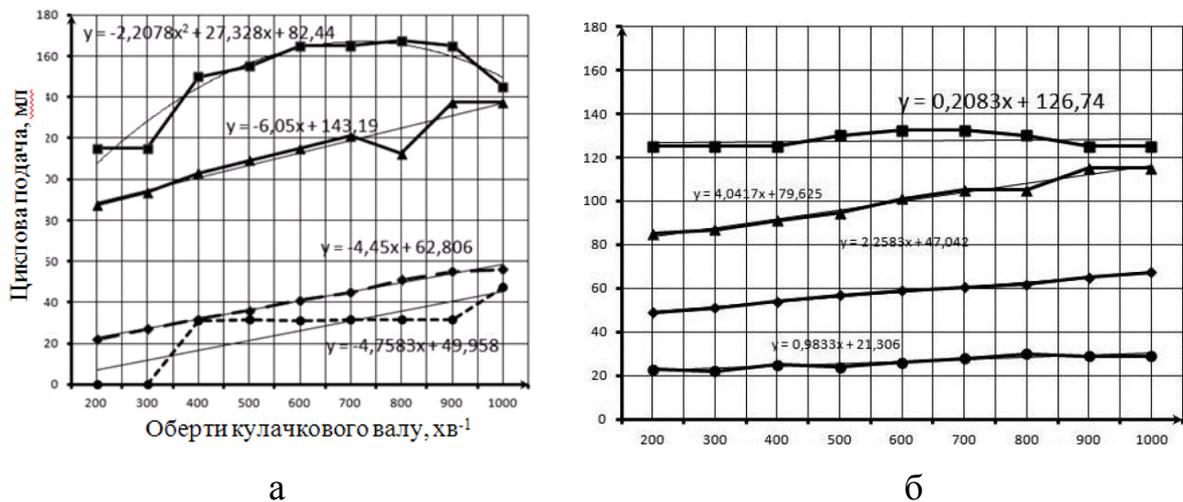


Рис. 2. Зміна циклової подачі плунжерних пар, що випускаються (а) і експериментальних (б), при різному положенні рейки

Дослідження, при конструктивній зміні ПНВТ, включали: статистичний аналіз технічного стану плунжерних пар розподільного

ПНВТ ремонтного фонду; визначення зносу плунжерних пар на оптиметрі ИКВ і нутромірі НІ, а також на кругломірі типу КД; визначення витоків палива по зонах зносу; визначення чинників, що впливають на пускову подачу при здійсненні технічного рішення по виявленню залишкового ресурсу плунжерних пар розподільного типу; вибір варіанту технічного рішення по відновленню працездатності і модернізації розподільного ПНВТ дизеля; зняття характеристики уприскування палива; прискорені стендові і експлуатаційні випробування відновлених і модернізованих розподільних ПНВТ.

Встановлено, що ресурс плунжерної пари розподільного типу обмежується зносом в окремих зонах: у втулки - біля наповнювальних і розподільних отворів, у плунжера - на верхньому торці, біля розподільних і відсічних каналів, у дозатора - у верхній частині.

Способом зменшення цих витоків є відносно зміщення зон зносу втулки і плунжера, заздалегідь оброблених спеціальним чином для отримання з них ремонтних деталей. Для здійснення способу пропонується модернізувати конструкцію ПНВТ НД 22/6 шляхом установки двох послідовно сполучених плунжерних пар ремонтного фонду, причому перша пара тільки нагнітає паливо, а друга - тільки розподіляє. Ці функції забезпечуються відповідною зміною конструкції кулачкового валу, який забезпечується стандартним кулачком від ПНВТ НД 21/4, другий має постійний радіус.

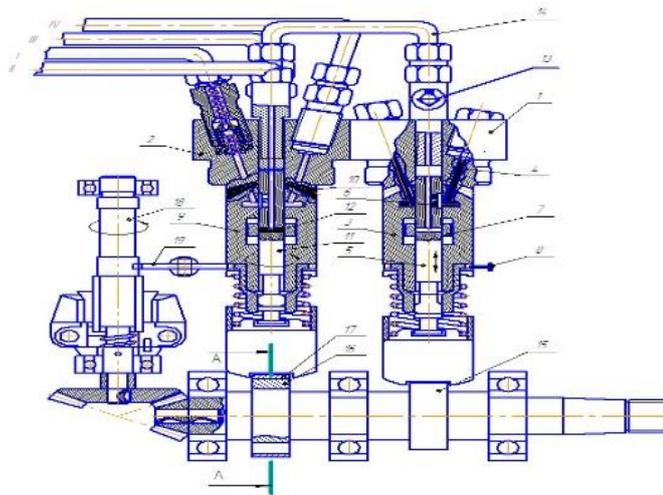


Рис. 3. Схема модернізації ПНВТ НД-22

Робота модернізованого насоса (рис. 3) відбувається таким чином: паливо через центральний канал першої плунжерної пари і через нагнітальний клапан поступає в центральний канал другої плунжерної пари, потім через розподільні канали цієї втулки подається до форсунок двигуна. Для зменшення витоків в першій плунжерній парі, в якій здійснюються тільки зворотно-поступальні рухи плунжера, останній заздалегідь обертається відносно втулки на 36° і фіксується від розвороту; при цьому розподільні канали плунжера заглушені, а дозатор перевертається. У другій секції плунжер здійснює тільки обертальний рух, що забезпечує розподіл палива; відсічкою каналу плунжера і наповнювальні канали втулки заглушені.

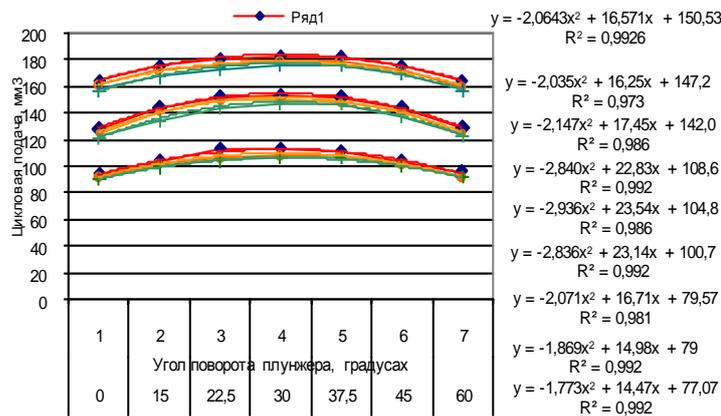


Рис. 4. Графіки зміни циклової подачі від кута повороту плунжера з увігнутим (ряд 1), з тангенціальним (ряд 4) і з опуклим (ряд 7) профілями кулачкових валів при різному технічному стані плунжерних пар:

№3 - з допустимим зносом; № 2 - з міжграничним значенням (знос більший за допустимий); № 1 - з граничним зносом

У паливних насосах НД використовуються кулачкові вали з тангенціальним і дуговим (увігнутим) профілем, тому для обґрунтування варіанту модернізації кулачкового валу вивчений вплив профілю кулачка на циклову подачу плунжерної пари зі зносом. Результати представлені на рис. 4, з якого виходить, що максимальне значення пускової подачі

досягається при вугіллі повороту плунжера відносно наповнювальних вікон втулки $30^{\circ} \dots 37,5^{\circ}$ і використання увігнутого профілю кулачка, тобто профілю куркулька серійного насоса НД-21/4.

Аналізом експериментальних даних і теоретичних кривих розподілу площі зносу в зоні нагнітання (втулка, плунжер), в зоні розподілу (втулка, плунжер) і в зоні відсічення (дозатор, плунжер), встановлено, що відносне відхилення знаходиться в межах 2,3...11%. Отримані емпіричні рівняння дозволяють описувати форму зносу проміжку в поперечному перерізі плунжера, втулки і дозатора і тим самим скоротити об'єм розрахунків і вимірів, обмежуючись визначенням ширини зношеної ділянки.

Таким чином, встановлено, що плунжер, втулка і дозатор мають резерв залишкового ресурсу у вигляді незношених ділянок поверхні прихованої частини, які рекомендується використовувати при ремонті для відновлення працездатності плунжерних пар зі зношеними ділянками втулки і дозатора в такті нагнітання, що досягається попереднім поворотом плунжера навколо власної осі на необхідний кут.

Література

1. Іванов В. А. Концепція ремонту плунжерних пар паливної апаратури / В. А. Іванов // Міжнародний техніко-економічний журнал. - 2010. - № 5.- С. 69-72.
2. Іванов В. А. Обґрунтування способу відновлення працездатності плунжерних пар паливних насосів розподільного типу. / В. А. Іванов, // Праці ДЕРЖНІТКИ. - М., 2011.- С. 61-62.
3. Кулаків М. М. Збільшення ресурсу зношених насосних секцій паливних насосів розподільного типу / М. М. Кулаків, В. А. Іванов, В. Г. Лебедев // Праці Чуваської державної сільськогосподарської академії. - Чебоксари, 2004. - Т. 19. - С. 75-78.
4. Лебедев П. А. Дослідження гідравлічної щільності плунжерних пар, поступаючих в якості запасних частин / А. Т. Лебедев, П. А.

Лебедев // Актуальні проблеми науково-технічного прогресу в АПК: збірка наукових статей по матеріалах V Міжнародної науково-практичної конференції. - Ставрополь: АГРУС, 2010. - С. 150-154.

Повышение долговечности топливных насосов высокого давления путем нанесения покрытия и их модернизации С.М. Бурик, С.М. Воробйов, А.П. Галеева, Д. Д. Марченко

В статье приведены результаты исследования долговечности распределительных ТНВД из имеющегося ремонтного фонда. Теоретически и экспериментально обоснована способ восстановления работоспособности ТНВД модернизации и нанесения покрытий для продолжения их ресурса.

Increased durability of the fuel injection pump by coating and modernization S.M. Burik, S.M. Vorobyov, A.P. Galeeva, D.D. Marchenko

The article presents the results of a study of the durability of the existing distribution pump repair fund. Theoretically and experimentally substantiated method of restoring pump efficiency upgrades and application of coatings to extend their life.

УДК 621.793.1

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА ТЕХНОЛОГІЙ
НАНЕСЕННЯ ПОКРИТТІВ НА ДЕТАЛІ МАШИН З
МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ НАДІЙНОСТІ**

В.О. Дейнега, студент групи ЗМ 6/1 маг

Д.С. Ужва, студент групи ЗМ 6/1 маг

Д.Д. Марченко, кандидат технічних наук, асистент

Миколаївський національний аграрний університет

В статті запропоновані комбіновані технології, що включають відновлення робочих поверхонь, МДО, як зміцнюючу обробку, і технологічні прийоми, що дозволяють підвищити довговічність рухливих з'єднань і деталей машин з покриттями, мають істотне значення для різних галузей машинобудування.

Ключові слова: покриття, деталі, зміцнення поверхонь, антифрикційні властивості

Надійність роботи машин і механізмів визначається в першу чергу якісним станом робочих поверхонь деталей, що входять, цілеспрямовано формуються на фінішних операціях технологічних процесів (геометрична точність, макро - і мікрогеометрія, фізико-механічні властивості матеріалу, напружено-деформований стан поверхневого шару). Створення на робочих поверхнях композиційних покриттів на металевій матриці дозволяє успішно вирішити завдання створення поверхонь тертя з певним комплексом необхідних експлуатаційних параметрів по надійності, зносостійкості, контактній витривалості і втомній міцності, а застосування тонких покриттів є дуже перспективним напрямом, що відкриває широкі можливості управління фізико-механічними властивостями контактуючих поверхонь.

В зв'язку з цим важливими і актуальними для технології машинобудування являються вдосконалення відомих і розробка нових, науково обґрунтованих, технічно доступних і економічно доцільних технологічних процесів обробки робочих поверхонь деталей для підвищення їх експлуатаційних характеристик. Незважаючи на успіхи в цих областях низька важливих теоретичних і практичних запитань не знайшла своє віддзеркалення в технологічних процесах отримання біметалічних шарів і композиційних покриттів.

Завдання визначення оптимальної товщини покриття і тисків в зоні контакту вирішується з наступних передумов:

- твердість основи в 2...3 рази перевищує твердість покриття;
- контакт твердих тіл при малих навантаженнях визначається шорсткістю поверхонь (радіусом виступів r , максимальною величиною мікронерівностей R_{max}), завтовшки покриття Δ , завглибшки впровадження мікронерівностей h_0 , при цьому вводяться обмеження: відносне проникнення $h_0/\Delta < 1$, відносне впровадження $h_0/r \ll 1$, відносний радіус мікронерівностей по відношенню до товщини покриття $r/\Delta < 40$;
- фізико-механічні властивості покриття по товщині однакові;

- впровадження максимальних виступів за межі середньої лінії профілю приймається критичним;

- тиск в області контакту мікровиступів з покриттям залежно від глибини впровадження визначається наступними співвідношеннями: $p_{rk} = 3,4\sigma_m$, $p_{rp} = 0,5(p_{rk} + p_{rp \max})$, де p_{rk} и p_{rp} - відповідно тиску менше і більше критичного значення; $p_{rp \max}$ - тиск, що створюється найбільшою мікронерівністю.

На рис. 1 представлені результати розрахунків і експериментальних досліджень кривих "напруження - деформація" для мідьвмісних покриттів приповерхневих шарів залежно від концентрації компонентів (розрахунок проводився на ЕОМ).

Аналіз моделі показав можливість оптимізації фізико-механічних властивостей біметалічного шару за рахунок зміни концентрації різних добавок в основному складі спецрідини.

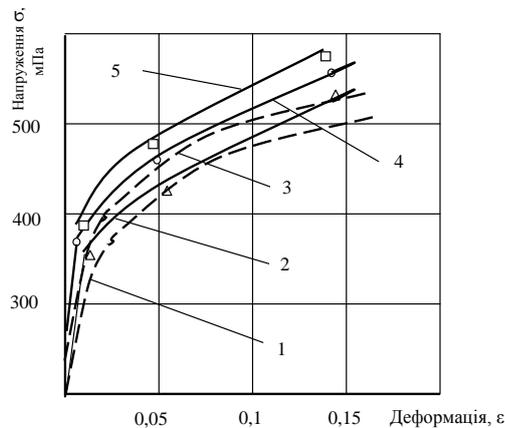


Рис. 1. Залежність «напруження - деформація» для двоконцентного приповерхневого шару мідьвмісного покриття при різній концентрації компонентів (одноосне розтягнення):

- 1 - розрахункова крива при $c_1 = 98\%$, $c_2 = 2\%$; 2 - експериментальна крива;
- 3 - теоретична крива; 4 - експериментальна крива при $c_1 = 75\%$, $c_2 = 25\%$;
- 5 - експериментальна крива (срібне покриття)

Основний напружено-деформований стан поверхневого шару формується на першому переході. На першому переході, при попередній

зміцнюючій обробці відбуваються зміцнення поверхні (перехід "а"), процес активізації поверхні і формування в поверхневому шарі сприятливої залишкової напруги, яка чинить істотний вплив на експлуатаційні властивості робочих поверхонь.

Модель напружено-деформованого стану поверхні деталі дозволяє оптимізувати механічні властивості поверхневого шару основи. Рішення задачі про напружено-деформований стан поверхневого шару розглядалося на прикладі впровадження сферичного індентора в напівпростір пружнопластичності, в припущенні, що дотична напруга, діюча на майданчику контакту, паралельна координатним площинам і дорівнюють нулю, при цьому нормальна напруга в контакті є головною (рішення зводиться до плоского завдання).

При рішенні задачі про напружено-деформований стан поверхневого шару основи використовувалися: принцип незалежності дії сил, основні закономірності механіки суцільних середовищ і принцип прямої нормалі. Повна деформація в зоні контакту представлена у вигляді лінійної залежності від глибини її поширення $\varepsilon_n = e_n + d_n z$. Застосовуючи теорію течії, приріст повної деформації складався як сума приростів пружної і пластичної деформацій $\Delta\varepsilon = \Delta\varepsilon^e + \Delta\varepsilon^p$. На підставі вищесказаного, отримана залежність для визначення напруги в поверхневому шарі на n-му кроці вантаження :

$$\sigma_n = \frac{E_n}{(1-\mu)} \left\{ C_n + d_n z - \frac{1}{2} \sum_{j=1}^{n-1} \left[\text{sign}(\sigma_j) \Delta\varepsilon_{i(j)}^p \right] - 0,5 \text{sign}(\sigma_n) \Delta\varepsilon_{i(j)}^p \right\}.$$

З умов рівноваги напруги на оброблюваній поверхні

$$\int_0^h \sigma(z) dz = 0, \quad \int_0^h \sigma(z) z dz = 0,$$

визначаємо значення C_n і d_n .

Розподіл залишкової напруги показаний на рис. 2, з якого видно, що розрахункові епюри якісно відповідають експериментальним кривим, а максимум напруги розташований у поверхні.

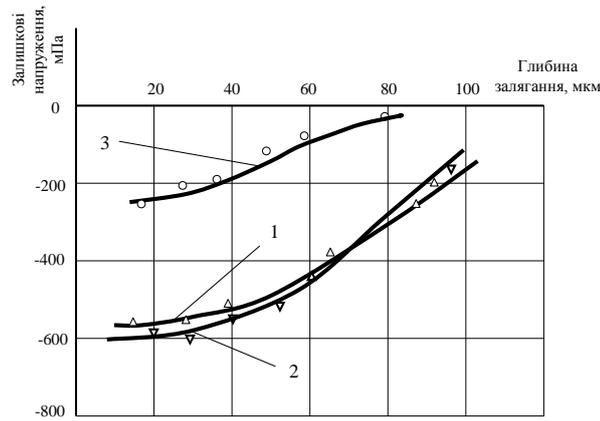


Рис. 2. Епюри залишкових напружень, розраховані з використанням програмного комплексу ANSYS для інструментів:
 1 - ролик (зосереджене навантаження) - один прохід;
 2 - ролик (зосереджене навантаження) - три проходи;
 3 - щітка (розподілене навантаження)

Запропонована методика розрахунку залишкової напруги з використанням програми ANSYS дозволяє визначити параметри і динаміку формування напружено-деформованого стану біметалічного матеріалу після зміцнюючої обробки.

Утворення і збільшення кількості нерозчинних продуктів корозії під покриттям призводить до виникнення розтягуючої напруги в стінках опуклості (рис. 3), що утворюється.

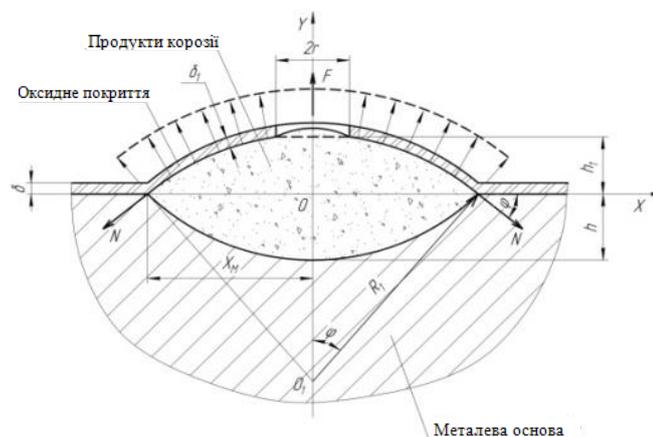


Рис. 3. Схема виникнення опуклості на оксидному покритті під впливом тиску продуктів корозії металевої основи

Рівнодійна сила F тиску P урівноважується реакцією N в контурі загальної зони контакту радіусу x_m . Коли зусилля N створюють напругу, що перевищує межу міцності матеріалу покриття, відбувається його руйнування. Як показано в роботі, умову руйнування покриття можна записати у виді:

$$p \geq \frac{\sigma \delta}{R_1},$$

де σ - межа міцності покриття, Па;

δ_1 - товщина стінки опуклості, що утворилася, м;

R_1 - радіус опуклості, м.

Теоретичні і експериментальні дослідження дозволили встановити, що корозійна стійкість виробів з алюмінієвих сплавів із захисними покриттями, сформованими МДО, залежатиме від наскрізної пористості останніх. Розміри пір коливаються від 2 до 6 мкм. Руйнування покриття відбувається в місцях його відриву в зоні одиничної пори при висоті «меніска» більше 76...80 мкм і діаметрі від 1,3 до 1,8 мм. Розбіжність розрахункових і експериментальних даних склала не більше 5%.

Показано, що пористість покриття 14...15% збільшує здатність навантаження рухливого з'єднання «сталь - покриття, сформоване МДО» в 1,3 рази, наповнення пір покриття олією веретенним АУ - в 1,8 рази, а фрикційно-механічне нанесення на його поверхню мідного шару - в 2,8 рази.

Дослідженнями встановлено, що наявність в відхиленнях показників твердості і міцності пов'язані зі структурою. Так при мінімальній кількості графіту (< 8%) та наявності цементиту (> 4%), появи нагромаджень неметалевих включень коерцитивна сила зростає > 19 А/см та перевищує вимоги ТУ по твердості (> 269 НВ). Наявність пор та появи фериту знижують твердість (< 217НВ) і цим показникам відповідає коерцитивна сила на рівні < 15,9 А/см.

Література

1. Коломійченко, А.В. Дослідження міцності зчеплення мідного шару з поверхнею МДО-покриття [Текст]/А.В. Коломійченко, Н.В. Тітов // Збірка мат. міжнародній науково-практичній конференції «Наукові дослідження і їх практичне застосування. Сучасний стан і шляхи розвитку 2010». - Одеса: Видавництво Черномор, 2010.-С.48-50.
2. Коломійченко А.В. Зміцнення мікродуговим оксидуванням деталей з алюмінієвих сплавів, відновлених наплавленням [Текст] / А.В. Коломійченко // Simpozion stiintific jubiliar cu participare internationala. "Lucrari stiintifice" .- Universitatea Agrara de Stat din Moldova, FMAA, Chisinau, 2000.-С.229-232.
3. Пат. 2147323 Російська Федерація, 3 25 D 11/06. Електроліт для мікродугового анодування алюмінію і його сплавів [Текст] / Ю. А. Кузнєцов, А. В. Коломійченко, В. Н. Хромов [та ін.]. - № 99110977/02; заявл. 17.05.1999 ; опубл. 10.04.2000 Бюл. № 10. - 6 с.

Исследования и разработка технологий нанесений покрытий на детали машин с целью повышения их надежности В.О. Дейнега, Д.С. Ужва, Д.Д. Марченко

В статье предложены комбинированные технологии, включающие восстановление рабочих поверхностей, МГО, как упрочняющую обработку, и технологические приемы, позволяющие повысить долговечность подвижных соединений и деталей машин с покрытиями, имеющих существенное значение для различных отраслей машиностроения.

Research and development of technology for coating machine parts in order to improve their reliability V.O. Deynega, D.S. Uzhva, D.D. Marchenko

In the article, combined technologies, including the restoration of working surfaces, the IHO as hardening treatment and processing methods that improve the durability of mobile connections and machine parts with coatings that are essential for the various branches of engineering.

УДК 621.9.025.74

ПІДВИЩЕННЯ ЯКОСТІ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН ЗА ДОПОМОГОЮ РІЗАЛЬНОГО І АБРАЗИВНОГО ІНСТРУМЕНТІВ

С.А. Канахов, студент групи ЗМ 6/1 маг

А.М. Рябий, студент групи ЗМ 6/1 маг

А.П. Галєєва, кандидат педагогічних наук, доцент

Д.Д. Марченко, кандидат технічних наук, асистент

Миколаївський національний аграрний університет

В статті запропоновані феноменологічні моделі, зв'язуючи фізико - механічні характеристики нового інструменту з параметрами його пресування і спікання. Розроблена методика складання рецептури початкової абразивної суміші для поширеного заповнення прес-форм з метою отримання рівномірного розподілу зерен електрокорунду білого основною, великою і дрібною фракцій за усім обсягом інструменту.

Ключові слова: різальний інструмент, змінні пластини, модифікація абразивного інструменту, хонінгування.

В умовах сучасної ринкової економіки, дефіциту виробництва сільськогосподарської техніки в Росії, її інтенсивного старіння, зниження купівельної спроможності підприємств по оновленню машинно-тракторного парку істотне значення придбаває максимальне використання наявних резервів по його відновленню і ремонту. Собівартість відновлених деталей не перевищує 50 - 70% ціни нових, а ресурс - 80 - 90%.

У структурі товарного фонду на вторинному ринку уживаної техніки важливе місце займають вузли і агрегати списаної техніки (двигуни внутрішнього згорання, паливні насоси високого тиску Гідропневмоагрегати та ін.). Така ситуація характерна не лише для вітчизняного агропромислового комплексу. Великий розвиток отримала система відновного ремонту в економічно розвинених країнах (США, Німеччина та ін.), на ринку яких продається уживаних тракторів в середньому в 3 рази більше, ніж нових. Техніку реалізують після якісного ремонту і обслуговування, при цьому її вартість складає приблизно 30% від первинної.

При виготовленні модифікованого однокомпонентного абразивного інструменту використовувався електрогідравлічний прес «Удар-20», принцип дії якого полягає в перетворенні електричної енергії в механічну за допомогою електричного розряду в рідину. Величина енергії розряду складає $E=20$ кілоджоулів, що при часі розряду $t = 4 \cdot 10^{-4}$ с. дає значення потужності розряду $N=50$ МВт.

Після пресування зразки піддавалися високотемпературному спіканню в електровакуумній печі марки СШВЭ - 1.25/25 - 46, в якій створюється вакуум 10^{-5} Па і максимальна температура нагріву - до 250°C .

Визначення щільності отриманого після спікання абразивного інструменту здійснювалося методом гідростатичного зважування на аналітичних вагах моделі ВЛР-200.

Визначення твердості модифікованого абразивного інструменту проводилося на приладі Роквеллу за шкалою В. Статистична обробка полягала у визначенні достатньої кількості дослідів, оцінці точності вимірів.

При аналізі розподілу абразивних зерен по розмірах для різної зернистості по ГОСТ Р 52381-2005 і ГОСТ 3647- 80 побудовані графічні залежності для зернистості F100, P120 і M40, представлено на рис. 1.

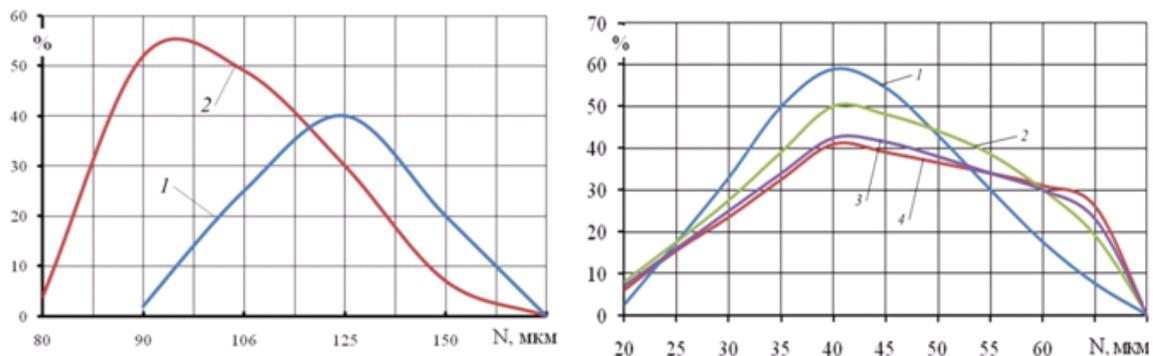


Рис. 1. Залежності для зернистості F100, P120 і M40

При аналізі залежностей встановлено, що ГОСТ передбачає значна кількість зерен більшої фракції, ніж основна в об'ємі стандартного інструменту (для мікрошліфпорошків M40 до 12% при високому вмісті зерен основної фракції (індекс В), до 27% при допустимому вмісті зерен основної фракції (індекс Д); для зернистості F100, P120 від 20% до 30%). Показано, що при створенні стандартного абразивного інструменту у

складі початкової абразивної суміші ГОСТ передбачено, що розмір великої фракції перевищує розмір основної фракції в 1,55...1,7 рази. Ці вимоги ГОСТ зберігаються і для мікрошліфпорошків М10 - М5, де кількість зерен великої фракції знаходиться в межах 20...30%. Відмічено, що при створенні однокомпонентного абразивного інструменту, що отримується методом ударного пресування з подальшим високотемпературним спіканням, кількість великих зерен в об'ємі інструменту значно зменшена, про що свідчить графічна залежність, представлена на рис. 2, але розмір великої фракції перевищує розмір основної фракції в 1,4...1,5 разу. З аналізу цієї залежності видно, що кількість великих зерен зменшилася на 13%. Проте при хонінгуванні поверхні гільзи циліндра таким інструментом велика вірогідність появи глибоких рисок-подряпин на «дзеркалі» гільзи, що значно послабляє її експлуатаційні можливості.

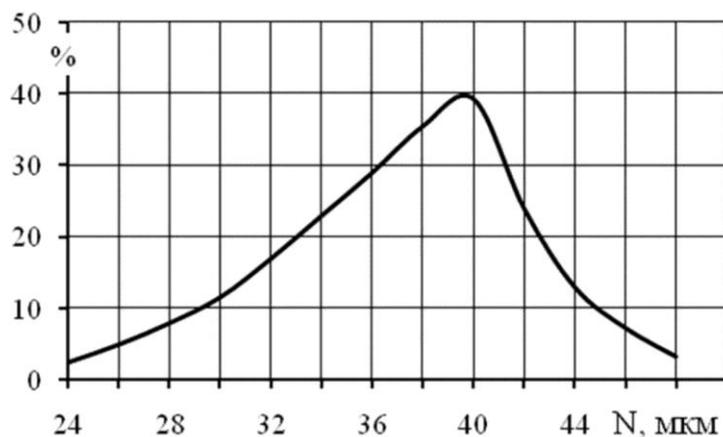


Рис. 2. Крива розподілу розмірів зерен в однокомпонентному абразивному інструменті (початковий розмір зерен - 120 мкм)

Мікрошліфпорошків зернистістю М40 : криві розподіли розмірів зерен в інструменті з: 1-високим; 2 - підвищеним; 3-нормальним; 4 - допустимим вмістом зерен основної фракції в його об'ємі.

Щліфувальних порошоків зернистістю Б100, Р120 (зернистість №12 по ГОСТ 3647 - 80): 1 - для зернистості Б100; 2 - для зернистості Р120.

З метою підвищення рівномірності розподілу розмірів зерен в тілі інструменту запропонований спосіб виготовлення однокомпонентного абразивного інструменту з додатковим дробленням різальних абразивних зерен електрокорунду білого шляхом додавання зерен карбиду бору в початкову абразивну суміш(далі - модифікованого однокомпонентного

абразивного інструменту). Відмітна особливість способу полягає в тому, що змішування порошків електрокорунду білого і карбіду бору було не рівномірним за усім обсягом інструменту, а робилося шарами з урахуванням того, що при проходженні ударної хвилі через усю висоту пресування її енергія затухає до низу пресування і відповідно, зменшується міра дроблення зерен електрокорунду білого і карбіду бору.

Для визначення напруги в процесі вільного різання пластиною зі вставкою з твердого сплаву був зроблений порівняльний розрахунок ПДВ методом кінцевих елементів в програмному комплексі ANSYS DesignSpace для однорідної пластини з твердого сплаву і форми вставки типу «квадрат». Досліджувалося поєднання вставки твердого сплаву T15K6 з основою пластини із Сталі 60 при різній геометрії різальної частини і що становлять сили різання : $P_y = 1000 \text{ Н}$, $P_x = 500 \text{ Н}$. В результаті отримано збільшення напруги розтягування майже в 2 рази для пластини зі вставкою (рис. 3). Для зменшення цієї напруги була запропонована фігурна вставка, верхня поверхня якої співпадає з положенням нульової лінії напруги. Розрахунок на ПДВ пластинів з фігурною вставкою за тих же умов показав, що напруга підвищилася трохи в порівнянні з однорідною пластиною з твердого сплаву і сталі значно менше, ніж у пластинів з прямокутною вставкою (рис. 4).

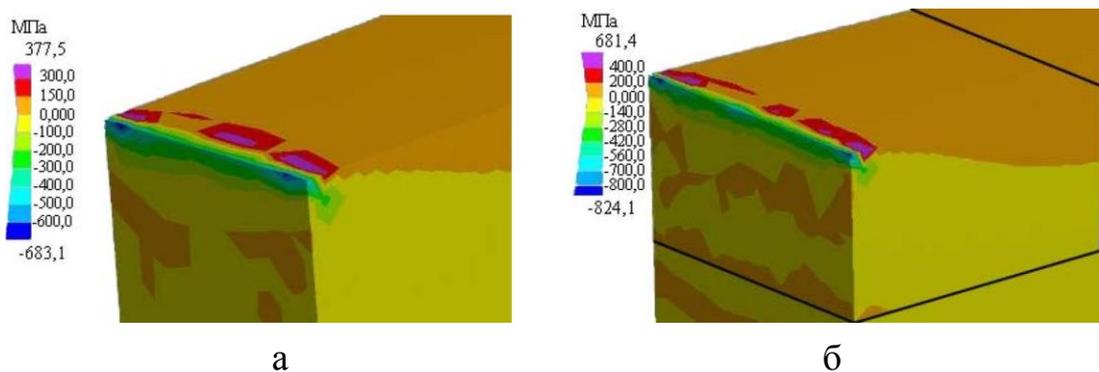


Рис. 3. Розрахунок ПДВ однорідної пластини (а) і пластини зі вставкою (б):

$$\alpha=7 ; \gamma=0$$

Розрахункова міцність пластинів з фігурною вставкою підвищилася в порівнянні з конструкцією складених пластинів з квадратною вставкою,

оскільки тут було використано умову рівномірності форм леза інструменту.



Рис. 4. Порівняння максимальної нормальної напруги

При виготовленні розробленої конструкції складеного різального інструменту з фігурною вставкою були підібрані оптимальні режими виготовлення : тиск при пресуванні 600 МПа, температура спікання 1150°C і час спікання 1,5 години. Вони забезпечували мінімальну пористість, максимальну щільність, необхідну мікротвердість і в теж час невеликий розмір зерна.

Для кращої взаємодії матеріалів вставки(твердий сплав Т15К6) і основи пластини(що складається з порошку заліза 96%, графіту 1,5% і міді 2,5%) на межу розділу матеріалів додавалася невелика кількість порошку міді. В результаті були отримані якісні зразки складених композиційних різальних пластинів (рис. 5).



Рис. 5. Складена різальна пластина для відрізного різця

Для визначення ефективності застосування розробленого складеного різального інструменту розрахована собівартість виготовлення цього різального інструменту. Оскільки виготовлення, що входять в технологічний процес, складеної різальної пластини технологічні операції змішування порошкоподібних компонентів, сушки, пластифікування, пресування, спікання аналогічні як при виготовленні складених, так і при

виготовленні однорідної різальної пластини, то ефект визначався на основі економії інструментальних матеріалів і з урахуванням додаткових витрат енергії, матеріалів і праці, необхідних для виготовлення складеного різального інструменту в порівнянні з виготовленням пластини з однорідного матеріалу.

Література

1. Дуреев В.В., Ретюнський О.Ю. Методика виготовлення равнопрочних СМП зі зменшеним змістом твердого сплаву // Ресурсозберігаючі технології в машинобудуванні: Матеріали 2-ої міжрегіональної науково-практичної конференції з міжнародною участю. - Алт. держ. техн. ун-та, 2002. - С.189.
2. Дуреев В.В., Ретюнський О.Ю. Методика проектування і виготовлення равнопрочних композиційних СМП методом селективного лазерного спікання(СЛС) // Труды VIII міжнародній науково-практичній конференції студентів, аспірантів і молодих учених "Сучасні техніка і технології". - Томськ: Изд.ТПУ - Т2. - С. 106-107.
3. Honing with increase in the cutting speed / Yu. N. Polyanchikov, A. L. Plotnikov, O. A. Kursin, M. Yu. Polyanchikova, A. V. Leshukov // Russian Engineering Research. - 2008. - № 7. - P. 727-728.
4. Теслярів А. Л., Полянчикова М. Ю. Підвищення рівномірності розподілу різальних зерен по розмірах в абразивному інструменті при новому способі виготовлення / А. Л. Теслярів, М. Ю. Полянчикова // Методи підвищення технологічних можливостей металообробного устаткування з ЧПУ: сб. науч. тр. - Уфа : УГАТУ. - 2010. - С. 177-180.
5. Полянчикова М. Ю. Отримання однокомпонентного абразивного інструменту з поліпшеною структурою // Інструмент і технології. - 2010. - С. 65-67.

Повышение качества обработки деталей машин с помощью режущего и абразивного инструмента С.А. Канахов, А.М. Рябой, А.П. Галеева, Д.Д. Марченко

В статье предложены феноменологические модели, связывая физико - механические характеристики нового инструмента с параметрами его прессования и спекания. Разработана методика составления рецептуры начальной абразивной смеси для послойного заполнения пресс-форм с целью получения равномерного распределения зерен электрокорунда белого основной, большой и мелкой фракций по всему объему инструмента.

Improving the quality of machining by the cutting machine and the abrasive tool

S.A. Kanahow, A.M. Riaboy, A.P. Galeeva, D.D. Marchenko

The paper proposed a phenomenological model, linking the physical - mechanical characteristics of the new instrument with the parameters of its pressing and sintering. The technique of formulating initial abrasive mixture for stratified filling the molds with a view to obtaining a uniform distribution of grains fused white primary, large and small fractions of the whole volume of the instrument.

УДК 629.424.1:621.436

**УДОСКОНАЛЕННЯ ОЧИЩЕННЯ ПАЛИВА З МЕТОЮ
ПІДВИЩЕННЯ РЕСУРСУ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ПАЛИВНИХ
НАСОСІВ ДИЗЕЛІВ**

Є.І. Мордецький, студент групи ЗМ 6/1 маг

Д.Д. Марченко, кандидат технічних наук, асистент

Миколаївський національний аграрний університет

В статті приведені результати порівняльних випробувань впливу міри очищення палива від води в паливній системі трактора на зносостійкість плунжерних пар та запропоновано конструктивне рішення проточного водовідділювача.

Ключові слова: водовідділювач, дизельне паливо, ресурс, плунжерна пара, паливний насос

Ефективність роботи автотракторних дизелів, їх рівень надійності, потужності і економічні показники, значною мірою залежать від стану паливної апаратури. У сільському господарстві при експлуатації тракторів

і комбайнів з усіх відмов до 50 % доводиться на паливну систему. Встановлено, що більшість відмов системи живлення дизеля відбуваються в результаті використання забрудненого і обводнючого палива.

Відповідно до вимог державних і галузевих стандартів дизельне паливо повинне мати добру фільтрованість і не містити механічних домішок і води. Проте при транспортуванні, зберіганні, заправці і особливо експлуатації машин відбувається забруднення і обводнення дизельного палива.

Паливний проточний водовідокремлювач (рис. 1) має корпус 1, який виконаний із склопластика, стойок до дії нафтопродуктів і має електроізоляційні властивості. Корпус має в подовжньому перерізі трапецеїдальну форму, на торці меншої основи розташований вхідний штуцер 2 для подання неочищеного палива з бака від фільтру грубого очищення. У середині корпусу вмонтовані сітчасті електроди 3, 7. На торці більшої основи розташований верхній вихідний штуцер 6 для подання очищеного палива до паливного насоса. У нижній частині є штуцер 4 для зливу води, з водозбірника 5.

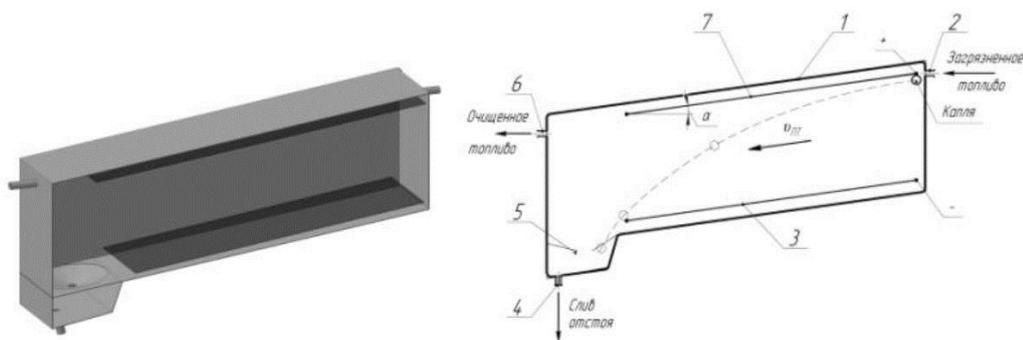


Рис. 1. Паливний проточний водовідокремлювач

Для створення хаотичного руху часток води дисперсної фази, тобто збільшення вірогідності їх зіткнення і, отже, коалесценції, паливний потік пропускається через неоднорідне електричне поле, створене в системі сітчастих електродів. Неоднорідність електричного поля обумовлюється тим, що сітчастий електрод є сукупністю тонких провідників,

рівновіддалених один від одного. Відстань між провідниками набагато менша, ніж відстань між електродами, т. е. використовуються еквідистантні електроди.

У «ближній області» поля навколо кожного провідника створюється потенціал, який можна розглядати як аналогічний потенціалу системи «Провідник - площина». В ролі площини розглядається протилежний електрод. Поблизу провідників напруженість електричного поля, яка є градієнтом потенціалу, істотно змінюється. При видаленні від сітки, згідно з принципом суперпозицій, потенціали усіх провідників складаються, і вплив кожного з них окремо на загальне поле стає несуттєвим.

Висновки полюсів сітчастих електродів підключені до виведень помножувача напруги. Помножувач напруги змонтований на чотирьох діодах і чотирьох конденсаторах, при цьому паралельно кожній окремо взятій парі діодів включений один конденсатор (перетворювач постійного струму).

Помножувач напруги, у свою чергу, сполучений з обмоткою високої напруги трансформатора, що підвищує, обмотка ж низької напруги трансформатора сполучена з обмоткою статора генератора Г-306Б1, постійна напруга 3600 В на обмотці генератора підтримується за допомогою регулятора напруги РР-362Б.

Проточний водовідокремлювач працює таким чином: потік палива через вхідний отвір поступає між електродами-сітками, на виведення яких подається постійна напруга 3600 В. Мікроскопічні краплі води, що знаходяться в паливі, спочатку заряджаються позитивно. При включенні напруги позитивно заряджені частки води прагнуть до негативного електроду, і одночасно забезпечується коалесценція крапель води.

Далі, отримавши від електроду негативний заряд, краплі відштовхуються і рухаються у бік позитивного електроду, по дорозі зливаючись з протилежно зарядженими краплями, при цьому беручи участь в русі потоку палива. Рухаючись від сітки до сітки і долаючи

міжелектродний простір, краплі збільшуються в розмірах і осідають на поверхні нижнього електроду і потім скачуються у водозбірник. У кінці кожної зміни робиться злив води з водозбірника через штуцер.

Пропонується встановлювати проточний водовідокремлювач незалежно від схем паливних систем, тупиковою, замкнутою або проточною, після фільтру грубого очищення.

Температуру палива заміряли за допомогою потенціометра КСП-4. Виміри проводили на неодруженому ході трактора і під навантаженням при виконанні різних сільськогосподарських робіт в умовах літньої експлуатації. Результати вимірів показали, що температура палива, що поступає в проточний водовідокремлювач, змінюється залежно від температури навколишнього повітря до 60°C і що при такій температурі палива, що поступає, проточний водовідокремлювач працює до 80 % змінного часу. Для з'ясування впливу температури фільтрованого палива на роботу водовідокремлювача встановлювали крани для узяття проб палива до і після проходження проточного водовідокремлювач. Значення коефіцієнтів повноти водовідокремлення обчислювали по ГОСТ 14146-79, результати обчислень приведені на рис. 2.

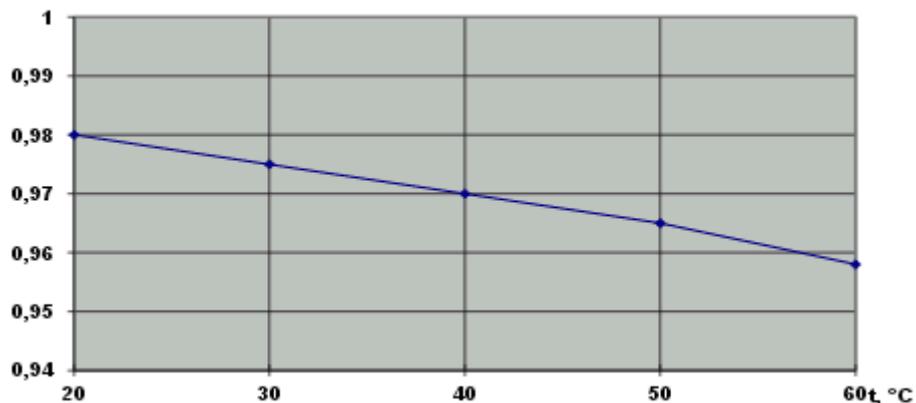


Рис. 2. Коефіцієнт повноти водотделення залежно від температури палива, що поступає

З графіку видно, що температура палива трохи впливає на водовідокремлення. Так, при підвищенні температури палива з 20 до 60°C

величина коефіцієнта повноти водовідокремлення залишалася на рівні 0,98-0,96.

Проведені порівняльні випробування зносу по впливу води в дизельному паливі на знос плунжерних пар показали, що наявність води в паливі негативно впливає на працездатність плунжерних пар і знижує їх зносостійкість в 1,2-1,35 рази.

Література

1. Епишин Г. А. Вплив води і механічних домішок на знос прецизійних деталей дизельної паливної апаратури / Г. А. Епишин, П. В. Кузин, С. В. Абрамов // Вісник Саратовського госагроуніверситета ім. Н. И. Вавилова. - 2008. - № 8. - С. 58-63.
2. Загородских Б. П. Експрес-оцінка вмісту води в дизельному паливі / Б. П. Загородских, В. А. Абрамов, П. В. Кузин // Вісник Саратовського госагроуніверситета ім. Н. И. Вавилова. - 2011. - № 7. - С. 50-52.
3. Кузин П. В. Очищення дизельного палива від води в процесі експлуатації транспортних засобів / П. В. Кузин, В. А. Абрамов // Проблеми економічності і експлуатації двигунів внутрішнього згорання матеріали Межгосуд. науч.-техн. семінару, Саратов, 24-25 травня 2006 р. / ФГОУ ВПО «Саратовський ГАУ». - Саратов, 2007. - Вып. 19. - С. 227-230.

Совершенствование очистки топлива в целях повышения ресурса плунжерных пар топливных насосов дизелей Е.И. Мордецкий, Д.Д. Марченко

В статье приведены результаты сравнительных испытаний влияния степени очистки топлива от воды в топливной системе трактора на износостойкость плунжерных пар и предложено конструктивное решение проточного водоотделителя.

Improving the cleaning of fuel in order to improve resource plunger fuel pumps of diesel engines. E.I. Mordecki, D.D. Marchenko

The results of comparative tests of the impact of the fuel from the purity of water in the fuel system of the tractor on the plunger wear and suggested a constructive solution flow separator.

УДК 631.332

ВІБРАЦІЙНИЙ ВИСІВНИЙ АПАРАТ СІВАЛКИ

Усенко С.Ю., студент групи М6/1

А.П. Галєєва, кандидат педагогічних наук, доцент

Миколаївський національний аграрний університет

У статті розглянуто типи висівних апаратів зернових сівалок. Проаналізовано їх переваги та недоліки. Запропоновано конструкцію вібраційного висівного апарату з невеликою площею контакту поверхні заслінки з насінням.

Ключові слова: висівний апарат, вібрація, параметри вібрації, вібраційний висів.

Постановка проблеми . Рядовий висів зернових культур потребує сталості потоку насіння, що виходить з висівного апарату, тобто потік повинен йти без розривів та пульсацій. Усі елементи сівалки, які забезпечують транспортування насіння у борозну (насінепровід, сошник), в кращому випадку, зберігають сталість створеного потоку. Тому висівний апарат, який формує потік, є найбільш відповідальною частиною сівалки. Класичним та найбільш поширеним є катушковий висівний апарат, але особливості його конструкції не дозволяють збільшувати ширину захвату сівалки звичайним збільшенням їх кількості. Частковим рішенням цієї проблеми було створення зчіпок з декількох сівалок. З часом були розроблені сівалки з централізованим пневматичним висівним апаратом. Така конструкція дозволяла значно збільшити ширину захвату без значного ускладнення конструкції, але деякі агротехнічні вимоги, зокрема нерівномірність висіву між апаратами, не завжди дотримувалися. У зв'язку з цим актуальною є проблема розроблення конструкції висівного апарату, який би дозволив збільшувати ширину захвату сівалки без погіршення якості її роботи, покращити рівномірність висіву та уникнути травмування насіння.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Досліди А. Мачкаріна показали, що вібраційний висівний апарат, що працює в режимі «без підкидування», дає пульсацію потоку насіння. Тому він запропонував на виході з апарату застосовувати вирівнювач потоку. Це ускладнює конструкцію. Крім того, для визначення найбільшої середньої швидкості руху насіння взагалі рекомендується використовувати експериментальну номограму, оскільки різноманітність фізико-механічних властивостей насіння не дає можливості достатньо точно визначити цей параметр теоретично.

З урахуванням перелічених недоліків та переваг нами було запропоновано конструкцію вібраційного висівного апарату (рис. 1). Він включає бункер для насіння і заслінку з накладкою з пружного еластичного матеріалу і приводом в коливальний рух, на середній частині нижньої кромки однієї з протилежних стінок пружна накладка відсутня, а привід виконаний у вигляді кривошипно-шарнірного механізму.

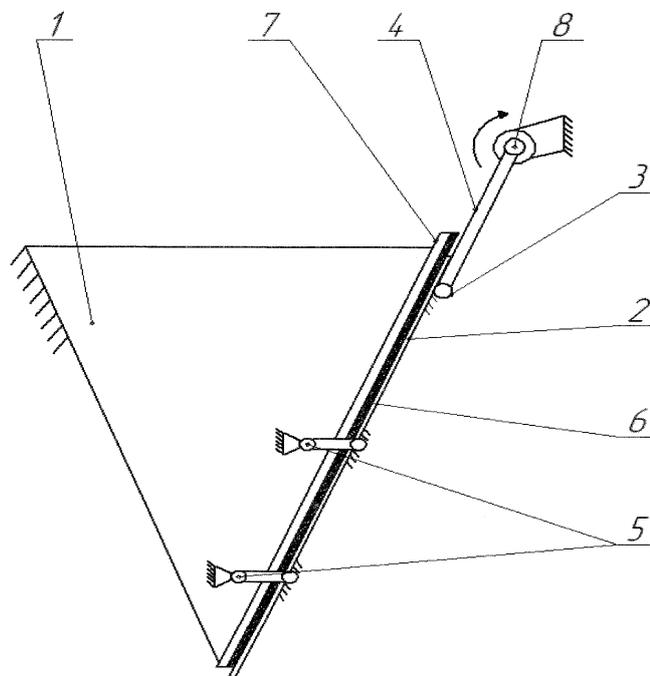


Рис.1. Загальний вигляд висівного апарата з механічним приводом :

1 – бункер для насіння; 2 – вібродозатор; 3 – рухома стінка;

4 – шатун; 5 – шарніри; 6 – пружна прокладка;

7 – відігнуті кромки; 8 – кривошип

На Рис.1 схематично показаний загальний вигляд висівного апарата з механічним приводом в момент максимального відкриття висівної щілини. Бункер для насіння 1, дві стінки якого виконані у вигляді рівнобедрених трикутників з відігнутими назовні під прямим кутом кромками 7 для кріплення пружної прокладки 6 в зоні контакту нерухомої і рухомої частин бункера і дві - у вигляді рівнобоких трапецій, причому одна з трапецієподібних стінок рухлива і виконує функцію вібродозатора 2, а нижня кромка нерухомої стінки також відігнута назовні під прямим кутом для кріплення пружної прокладки 6, що заповнює простір між рухомою і нерухомою частинами бункера, що утворюється при роботі апарату, причому на середній частині нижньої кромки прокладка відсутня - це необхідно для утворення висівної щілини при роботі апарата. Всі стінки розташовані під кутами до горизонтальної площини, в півтора - два рази більшими, ніж кут природного укосу насіння. Вібродозатор 2 кріпиться до бункера за допомогою шарнірів 5 і приводиться в рух шатуном 4 при обертанні кривошипа 8. Шатун 4 кріпиться до рухомої стінки бункера шарніром 3.

Пропонований висівний апарат працює наступним чином: при обертанні кривошипа 8 стінка 2 бункера для насіння 1 здійснює складний рух, що поєднує зворотньо-поступальний з криволінійною траєкторією. При русі стінки вниз зазор збільшується, між вібродозатором 2 і відігнутими назовні кромками бункера виникає простір, який заповнює пружна прокладка, закріплена на відігнутих кромках стінок, що межують з вібродозатором. Висівна щілина між рухомою 3 і нерухомою частинами бункера 1 утворюється при русі рухомої стінки 3 бункера 1 вниз за рахунок відсутності прокладки на середині відігнутої нижньої кромки стінки бункера. Відкриття висівної щілини максимальне при знаходженні шарнірів в положенні, коли їх довгі осі паралельні горизонтальній площині. Норма висіву може регулюватися зміною величини переміщення

рухомої стінки 3, зміною частоти її коливань, а також зміною ширини висівної щілини і кута нахилу стінок бункера до горизонтальної площини.

Висновки: Запропоновано принципову схему вібраційного висівного апарату рядового висіву. Представлений апарат дає змогу економніше втрачати дрібносім'яний матеріал з мінімальним травмуванням, підвищити рівномірність висіву.

Література:

1. Мачкарин А.В. Повышение эффективности выращивания зерновых с разработкой и обоснованием оптимальных параметров сеялки прямого посева: дисс. на соискание научн. степени канд. техн. наук: 05.20.01 / Мачкарин Александр Викторович. — Мичуринск : Мичуринский аграрный университет, 2006. — 242 с.
2. Вибрации в технике. Вибрационные машины и процессы : справочник. — М. : Машиностроение, 1981. — Т 4. — 152 с.
3. Блехман И.И. Вибрационное перемещение / И.И. Блехман, Г.Ю. Джанелидзе. — М. : Наука, 1964. — 410 с.
4. Заика П.М. Вибрационное перемещение твердых и сыпучих тел в сельскохозяйственных машинах / Петр Михайлович Заика. — К. : УСХА, 1998. — 199 с.

Вибрационный посевные аппараты сеялки Усенко С.Б., Галеева А.П.

В статье рассмотрены типы высевальных аппаратов зерновых сеялок. Проанализированы их преимущества и недостатки. Предложена конструкция вибрационного высевального аппарата с небольшой площадью контакта поверхности заслонки с семенами.

Seed sowing device vibrating Usenko S.B. Galeeva A.P.

The article discusses the types of seeding apparatuses of cereal seed drills. Analyzed their advantages and disadvantages. The construction of the sowing machine vibration with a small flap surface area of contact with the seed.

УДК 631.355

**ОБГРУНТУВАННЯ РОБОЧИХ РЕЖИМІВ ВІБРАЦІЙНОГО
КОПАЧА КОРЕНЕПЛОДІВ ЦУКРОВОГО БУРЯКУ**

С.М. Шкідін, студент групи ЗМ6/2, Бондарчук А.А, Варзацький В.В

Науковий керівник – к.п.н., доцент А.П. Галєєва

Миколаївський національний аграрний університет

*Запропонована нова конструкція копача коренеплодів цукрового буряку.
Обгрунтовано робочі режими роботи копача.*

Ключові слова: цукрові буряки, вібраційний копач, кінематика руху, робоче русло.

Збирання є однією з найбільш трудомістких операцій при обробітку цукрового буряка. Початок збирання цукрового буряка залежить від біологічних чинників її розвитку, погодних умов, готовності збиральних, навантажувальних і транспортних засобів, термінів пуску цукрових заводів. Збирання доводиться на осінні місяці в цей час йде інтенсивний ріст коренеплодів і накопичення в них цукру, але складність полягає в тому що цей період характеризується підвищеною вологістю ґрунту. Бурякозбиральні машини при цьому втрачають працездатність із-за налипання частинок ґрунту на робочі органи. Збільшуються ушкодження і втрати коренеплодів, а також їх забрудненість.

Проведений огляд робочих органів бурякозбиральних машин показав, що більше працездатними в умовах підвищеної вологості ґрунту є лемішні робочі органи, які використовуються на багатьох зарубіжних комбайнах, а останнім часом і на вітчизняних. Для роботи в цих умовах дискові копачі і вильчасті необхідно доукомплектувати складними механізмами очищення робочих органів. Лемішні вібраційні копачі працюючі в трьох площинах, забезпечують найбільш якісне руйнування зв'язків коренеплоду з ґрунтом, проте в цьому випадку збільшується

ширина русла, а отже збільшується об'єм ґрунту, що сепарується, що у свою чергу може викликати ушкодження коренеплодів.

Тому розробка високоефективних бурякозбиральних машин для сільськогосподарських товаровиробників, спрямована на підвищення якості коренеплодів при збиранні цукрового буряка в умовах підвищеної вологості ґрунту, є дуже актуальним завданням.

Для усунення недоліків в роботі вібраційного копача, що проявляються в умовах підвищеної вологості ґрунту нами запропонований долотоподібний вібраційний копач коренеплодів (рис. 1), принцип роботи якого полягає в наступному: привід робочих органів здійснюється від валу відбору потужності трактора через кривошипний механізм 2 і шатун 3, передається обертальний рух на провідну зірочку 4, сполучену за допомогою ланцюгової передачі 5 з веденою зірочкою 6, а з неї на вузол вібрації 7. При русі агрегату по рядку здійснюється викопування коренеплодів, при цьому передня частина робочого органу, виконана у вигляді двох долотоподібних розпушувачів 9, розпушує ґрунт, а робоча і задня частина копача, виконана у вигляді прутків 10, робить витягання коренеплодів і сепарацію ґрунту. Зниження площі контакту робочої частини копача з ґрунтом сприяє підвищенню його працездатності в умовах підвищеної вологості. Вузол вібрації, виконаний у вигляді коливної шайби, забезпечує збільшення амплітуди коливання в подовжній, поперечній і вертикальній площинах.

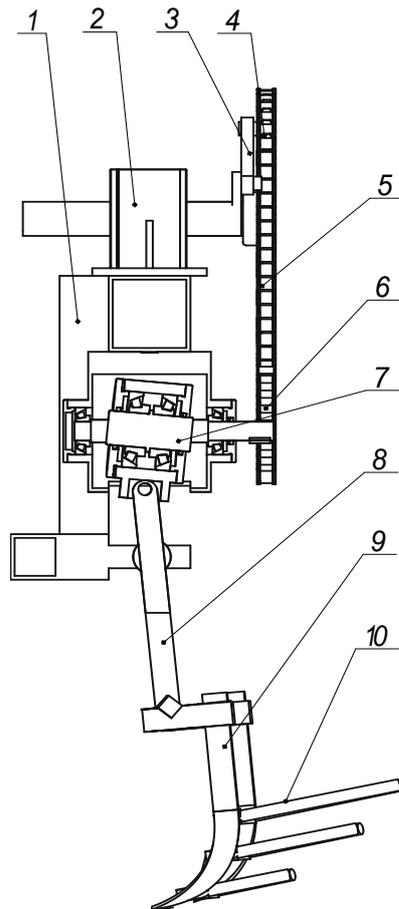


Рис. 1. Вібраційний, що копає коренеплодів:

- 1 – рама; 2 – кривошипний механізм; 3 – шатун; 4 – привідна зірочка;
 5 – ланцюг; 6 – ведена зірочка; 7 – вузол вібрації; 8 – шатун;
 9 – долотоподібна стійка; 10 – пруток

Для ефективної роботи представленого вібраційного копача необхідно оптимізувати його режими.

Переміщення точки передньої частини робочого органу (рис. 2) можна виразити рівняннями:

$$\begin{cases} x = vt + a \sin \beta + b_1 \cos \omega t; \\ y = a \cos \beta + b_2 \cos \omega t; \\ z = b_3 \sin \omega t. \end{cases} \quad (1)$$

де v – швидкість машини, м/с;

ω – кутова швидкість, рад/с;

a – відстань від передньої частини робочого органу до осі рядка, м;

b_1, b_2, b_3 – амплітуда коливання в напрямі ox, oy, oz , м;

t – час, с;

β – кут повороту робочого органу, рад.

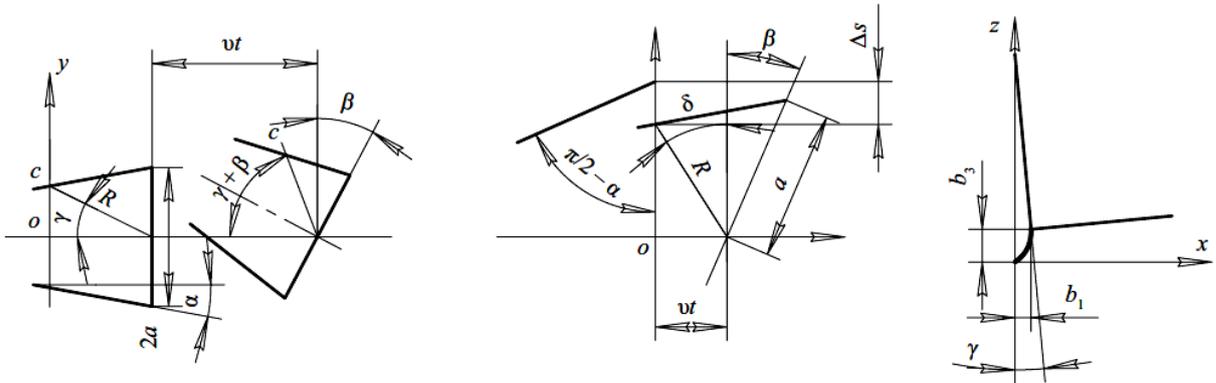


Рис. 2. Кінематика руху робочого органу

Переміщення будь-якої точки робочого русла описується системою рівнянь

$$\begin{cases} x = vt + R \cos \varphi - R \cos(\beta + \varphi) + b_1 \cos \omega t; \\ y = R \sin(\beta + \varphi) + b_2 \cos \omega t; \\ z = R \frac{\cos \varphi}{\cos \alpha} \sin \omega t. \end{cases} \quad (2)$$

де l – довжина прутка робочого органу, м;

γ – кут нахилу робочого органу у вертикальній площині, паралельній

Руху агрегату, град;

φ – кут між віссю рядка і віссю, що проходить через центр обертання копача і точку робочого русла, град.

Кут β визначувався через кутову швидкість ω , радіус кривошипа r і відстань від точки кріплення робочого органу L (див. рис. 1).

Уявимо, що $K = R / L$, отже

$$\begin{aligned} \sin \beta &= K \sin \omega t \left(1 + K^2 \sin^2 \omega t\right)^{-1/2}; \\ \cos \beta &= \left(1 + K^2 \sin^2 \omega t\right)^{-1/2}. \end{aligned} \quad (3)$$

Швидкість і прискорення передньої частини робочого органу:

$$\begin{cases} \dot{x} = v + a(\sin \beta) - b_1 \omega \cos \omega t; \\ \dot{y} = a(\cos \beta) - b_2 \omega \sin \omega t; \\ \dot{z} = b_3 \omega \cos \omega t. \end{cases} \quad (4)$$

$$\begin{cases} \ddot{x} = a(\sin \beta) - b_1 \omega^2 \cos \omega t; \\ \ddot{y} = a(\cos \beta) - b_2 \omega \sin \omega t; \\ \ddot{z} = -b_3 \omega^2 \cos \omega t. \end{cases} \quad (5)$$

Швидкість і прискорення будь-якої точки робочого русла:

$$\begin{cases} \dot{x} = v + R \cos \varphi (\cos \beta) + R \sin \varphi (\sin \beta) - b_1 \omega \cos \omega t; \\ \dot{y} = R \sin \varphi (\cos \beta) + R \cos \varphi (\sin \beta) - b_2 \omega \sin \omega t; \\ \dot{z} = R \omega \frac{\cos \varphi}{\cos \alpha} \cos \omega t. \end{cases} \quad (6)$$

$$\begin{cases} \ddot{x} = -R \cos \varphi (\cos \beta) + R \sin \varphi (\sin \beta) + b_1 \omega^2 \cos \omega t; \\ \ddot{y} = R \sin \varphi (\cos \beta) + R \cos \varphi (\sin \beta) - b_2 \omega \sin \omega t; \\ \ddot{z} = -R \omega^2 \frac{\cos \varphi}{\cos \alpha} \cos \omega t. \end{cases} \quad (7)$$

де $\sin \beta = (1 + K^2 \sin^2 \omega t)^{2/3} K \omega \cos \omega t;$

$$\cos \beta = -K^2 \omega^2 (1 + K^2 \sin^2 \omega t)^{2/3} \sin \omega t \cos \omega t;$$

$$\sin \beta = -\frac{K^2 \omega^2 [1 + K^2 (3 - 2 \sin^2 \omega t)] \sin \omega t}{\sqrt{(1 + K^2 \sin^2 \omega t)^5}};$$

$$\cos \beta = -\frac{K^2 \omega^2 [\cos 2\omega t - K^2 (1 + 2 \cos^2 \omega t) \sin^2 \omega t]}{\sqrt{(1 + K^2 \sin^2 \omega t)^5}}.$$

Аналіз рівнянь показує, що у міру видалення точок робочої поверхні від точки O зростають амплітуди коливання в усіх трьох площинах. Швидкість і прискорення робочих поверхонь істотно зростають, що свідчить про високі динамічні показники робочого органу.

Література

1. Брей, В.В. Исследование и разработка процесса извлечения из почвы корней сахарной свеклы: автореф. дис.... канд. техн. наук 05.06.01 / В.В. Брей. — Киев, 1972. — 31 с.

2. Дробышев, И.А. Повышение эффективности использования свеклокопателя путем разработки лемешного вибрационного копача: автореф. дис.... канд. техн. наук 05.20.01, 05.20.03 / И.А. Дробышев. — Мичуринск, 2005. — 28 с.

Обоснование рабочих режимов вибрационного копателя корнеплодов сахарной свеклы
Шкідін С.М., А.П.Галеєва.

Предложенная новая конструкция копателя корнеплодов сахарной свеклы. Обоснованы рабочие режимы работы копателя.

Obgruntuvannya working rezhimiv vibratsiynogo sharelifter koreneplodiv sugar beets
A.P. Galeeva, S. Shkidin

The proposed new construction digger sugar beet. Justified the operation modes of the digger.

УДК 631.355

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ І ОЧИЩЕННЯ КОРЕНЕПЛОДІВ КОРМОВИХ БУРЯКІВ

С.В. Камінський, студент групи ЗМ6/1 Ветлов М.І., Галадим С.В.

Науковий керівник – к.п.н., доцент А.П. Галєєва

Миколаївський національний аграрний університет

Проведено аналіз різних технічних пристроїв для транспортування і очищенню корнеплодів кормових буряків на основі яких запропоновано нове конструктивне рішення.

Ключові слова: кормові буряки, очищення корнеплодів, ворох, продуктивність.

Збирання кормових буряків – складний технологічний процес, який включає наступні операції: видалення гички; витягання корнеплодів з

грунту; очищення їх від ґрунтово-рослинних домішок і транспортування останніх за допомогою транспортноочисних елементів у бункери бурякозбиральних машин.

У конструкції механізмів, призначених для витягання коренеплодів з ґрунту, застосовують підкопуючі лемеша і дискові копачі. Враховуючи, що викопані коренеплоди несуть на собі велику кількість ґрунту і домішок, вони проходять багатократне очищення на сепаруючих пристроях коренезбиральних машин. Використовують комбінації різних типів сепаруючих пристроїв (очисні шнеки, пруткові транспортери, турбіни, що обертаються та ін.)[2].

Відомі способи транспортування і очищення коренеплодів, які реалізуються різними коренезбиральними машинами, і які включають наступні операції: подачу вороху викопаних коренів кормових буряків на сепаруючі робочі органи, розосередження на них, подальша його сепарація від домішок і вантаження в транспортні засоби [1, 3].

Проте при проведенні збиральних робіт в несприятливих погодних умовах, якість очищення різко погіршується. Зрештою збільшується забрудненість коренеплодів і як наслідок це призводить до зниження їх приймальної вартості.

Недоліком вищеперелічених способів є невисока якість і продуктивність очищення. Попри те, що ворох викопаних коренеплодів досить довго (до 30 с) знаходиться на різних за принципом дії сепаруючих робочих органах, коренеплоди рухаються по них хаотично. Взаємодія кожного кореня цукрового буряка з очисним робочим органом не завжди забезпечується через значний шар ґрунту, тому їх очищення найчастіше нерівномірне. У інших випадках частина з них травмується через надмірний контакт з очисними робочими органами, а частина залишається взагалі неочищеною.

Тому метою цієї роботи є підвищення якості очищення коренеплодів від домішок. Для досягнення поставленої мети пропонується пристрій для транспортування і очищення коренеплодів, який передбачає додаткову

активізацію вороху всередині струшувача, а зовні, знизу – обдування стислим повітрям, уловлювання і відведення дрібних ґрунтових і рослинних домішок.

Цей пристрій (рис. 1) має подавальний транспортер 1, струшувач вороху 2, який встановлений на пружних опорах 3 і кінематично пов'язаний з механізмом 4 його коливальних рухів. Всередині струшувача 2 встановлений активатор 5, який складається з привідного валу і лопатей, кінці яких виконані у вигляді гребінок з еластичного матеріалу. Нижня частина струшувача 2 складається з пар привідних щіток 6, які мають зустрічний обертальний рух і складаються з пучків еластичного ворсу. Внизу на одній із сторін струшувача 2 встановлений вентилятор 7, який створює горизонтальний потік стислого повітря. З іншого боку струшувача 2 встановлений уловлювач рослинних залишків і дрібних ґрунтових домішок 8. У нижній частині пристрою під кутом до горизонту встановлені дві пальчасті очисні гірки 9.

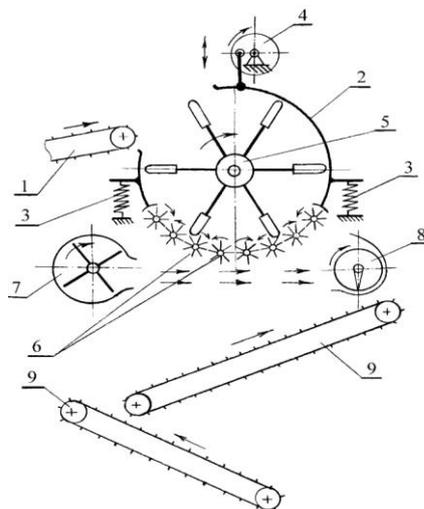


Рис. 1. Пристрій для транспортування і очищення коренеплодів:

1 – транспортер; 2 – струшувач; 3 – опора; 4 – механізм; 5 – активатор;
6 – привідні щітки; 7 – вентилятор; 8 – уловлювач домішок; 9 – очисник

В процесі роботи пристрою подавальний транспортер 1 подає ворх очищуємий коренеплодів всередину струшувача 2. При цьому ворох потрапляє в простір між двох лопатей активатора 5. Оскільки активатор 5

встановлений на привідному валу, то він транспортує ворох, який відразу під дією сил інерції потрапляє на внутрішню круглу поверхню струшувача 2. У нижній частині кінців лопатей активатора 5 ворох простягається по поверхні, яка утворена парами привідних щіток 6 з еластичного ворсу. Оскільки струшувач 2 здійснює коливальні рухи в подовжньо-вертикальній площині, то ворох ефективно розділяється на компоненти, які виносяться за межі струшувача 2 в нижній його частині.

Далі ворох проходить крізь горизонтальні потоки стислого повітря, які створюються вентилятором 7. Коренеплоди як тіла, які мають значну питому вагу, проходять крізь потік стислого повітря і падають на полотно першої очисної пальчастої гірки 9. Дрібні ґрунтові домішки і рослинні залишки захоплюються потоками стислого повітря, потрапляють на уловлювач 8, який їх збирає і відводить своїм шнековим транспортером за межі зони очищення.

Якщо з струшувача 2 вниз випадають не зруйновані міцні ґрунтові домішки або камені, то вони також проходять крізь стисле повітря і також потрапляють на першу пальчасту очисну гірку 9. Оскільки названі домішки не можуть скачуватися вниз по поверхні очисної гірки 9, то вони захоплюються її пальцями, рухаються вгору і там покидають зону очищення.

Коренеплоди скачуються по поверхні першої пальчастої очисної гірки 9 вниз. Для остаточного очищення коренеплодів від домішок нижче встановлена друга очисна пальчата гірка 9, принцип роботи якої аналогічний описаному вище.

Застосування цього пристрою дозволить повністю розосередити очищуєний ворох, на коренеплоди, ґрунтові і рослинні домішки. При цьому повне розосередження вороху досягається завдяки тому, що встановлений усередині струшувача активатор порівняно невеликими порціями просуває всередині ворох, який рухається із самого початку по нерухомій стінці струшувача, а потім по поверхні, яка утворена парами

щіток з еластичним ворсом. Оскільки активатор захоплює ворох і повідомляє йому обертальний рух, то це створює для нього нормальне прискорення і, як наслідок, нормальні сили інерції. Таким чином, активатор створює умови подачі вороху на поверхню, утворену парами щіток з еластичним ворсом не загальним потоком, а порівняно невеликими порціями, які рухаються прискорено під дією сил інерції. Примусове (механічне) проштовхування лопатями активатора вороху по поверхні, яка утворена щітками з еластичним ворсом сприятиме не лише якісному відділенню налиплого на поверхні коренеплодів ґрунту, але і створить умови для їх ефективного захоплення парами щіток з еластичним ворсом. При цьому кінці лопатей активатора можуть мати гребінчасту (пальчасту) поверхню, яка також сприятиме активації вороху всередині струшувача і збільшить міру розосередження вороху і його розділення на компоненти. Покидаючи внутрішню поверхню струшувача, ворох повністю розосереджується і падає вниз з різною швидкістю падіння. Далі нижня зовнішня поверхня струшувача обдувається горизонтальним потоком стислого повітря, яке сприяє тому, що ґрунтові і рослинні домішки повністю здуваються і уловлюються за допомогою спеціального уловлювача, що виносить їх за межі очищення. Коренеплоди як тіла, які мають значну питому вагу і велику швидкість падіння фактично не захоплюються стислим повітрям і, падаючи вниз, потрапляють на поверхню пальчастої очисної гірки, по якій скачуються на іншу пальчасту очисну гірку. У разі випадання зі струшувача міцних ґрунтових домішок великого розміру або каменів вони також можуть не захоплюватися горизонтальним потоком стислого повітря, а тому разом з коренеплодами падають вниз і також потрапляють на поверхню пальчастої очисної гірки. Проте на поверхні пальчастої очисної гірки міцні ґрунтові домішки і камені ефективно сепаруватимуться, оскільки коренеплоди скачуватимуться по поверхні гірки вниз, а міцні ґрунтові домішки і камені (оскільки вони не здатні котитися по похилій площині) підніматимуться

полотном гірки вгору і там покинуть зону очищення. Якщо у складі пристрою, що реалізовує цей спосіб, знаходяться дві очисні гірки, то сепарація вороху буде майже стовідсотковою. Окрім цього слід підкреслити, що активація вороху всередині струшувача і одночасні його коливальні рухи сприятимуть ще більшому розосередженню вороху, який надалі буде легко відсепарований горизонтальним потоком стислого повітря і очисною пальчастою гіркою (чи комбінацією, що складається з двох гірок).

Література

1. Аванесов Ю.Б. Бурякозбиральні машини / Ю.Б. Аванесов // М.: Колос, 1979. – 251 с.
2. Гуреев І.І. Сучасні технології обробітку і збирання кормового буряка. Практичне керівництво / І.І. Гуреев // Видавництво 2-е, перераб. і доп. - М.: Друкарське місто, 2011. – 256 с.
3. Погорілий Л.В. Бурякозбиральні машини. Конструювання і розрахунок. / Л.В. Погорілий // К: Техніка, 1983. – 38 с.

Устройство для транспортировки и очистки корнеплодов кормовой свеклы С.В. Каминский, Ветлов М.И., Галадим С.В. А.П. Галеева

Проведен анализ различных технических устройств для транспортировки и очистке корнеплодов кормовой свеклы на основе которых предложено новое конструктивное решение.

A device for conveying and cleaning root crops of fodder beet S.V. Kaminsky, Vetlov MI, Haladym S.V., A.P. Galeeva

Analysis of various technical devices for transportation and clean fodder beet root crops on which the proposed new constructive solution.

УДК 631.431

**ДОСЛІДЖЕННЯ ТЯГОВОГО ОПОРУ ПАСИВНИХ РОБОЧИХ
ОРГАНІВ КОМБІНОВАНОГО ҐРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ**

А.М. Парня, студент групи ЗМ6/2, Зелинський С.В., Капуста В.М.

Науковий керівник – к.п.н., доцент А.П. Галєєва

Миколаївський національний аграрний університет

Запропонована нова конструкція комбінованого знаряддя для дрібного осіннього смугового обробітку ґрунту. Досліджено тяговий опір пасивних робочих органів та їх складові.

Ключові слова: обробіток ґрунту, тяговий опір, пасивні робочі органи, комбіноване знаряддя.

Забезпечення оптимальних властивостей ґрунту багато в чому визначається ефективністю її розуцільнення в осінньо-зимовий період. Це досягається осіннім механічним обробітком ґрунту з тим, що подальшим її природнім розуцільненням промороженням за наявності необхідної кількості вологи.

Ефективним сучасним видом осінньої механічного обробітку ґрунту з мінімальним рівнем механічної дії є дрібний суцільний обробіток, що розуцільнює верхній, найбільш ущільнений, шар ґрунту. Для реалізації цього способу не завжди застосовні, при дрібному осінньому обробітку ґрунту, існуючі схеми виконуваних профілів оброблюваних інтервалів і відповідні сільськогосподарські машини та знаряддя. Тому дослідження, спрямовані на підвищення ефективності процесу того розуцільнення ущільненого ґрунту комбінованим знаряддям при дрібному осінньому смуговому обробітку ґрунту та подальшого природного розуцільнення промороженням, є актуальними і мають важливе наукове та господарське значення.

З метою зниження енергоємності технологічного процесу затримання вологи у верхніх шарах ґрунту, шляхом нарізання розпушеної смуг, що мають V-подібні та прямокутні перерізи нижньої і

верхньої половин цієї смуги відповідно, нами розроблена конструктивна схема комбінованого ґрунтообробного знаряддя, загальний вид якого наведено на рис. 1.

Запропоноване комбіноване знаряддя складається з рами 1, опірно-регулювальних коліс 2, право- і левообробних лемешів 3, розміщених в два ряди в шаховому порядку. Позаду і збоку лемешів розміщені однобічні розпушувальні лапки 4. Ззаду знаряддя шарнірно кріпиться каток 5 з розпушувально-мульчуючими елементами 6.

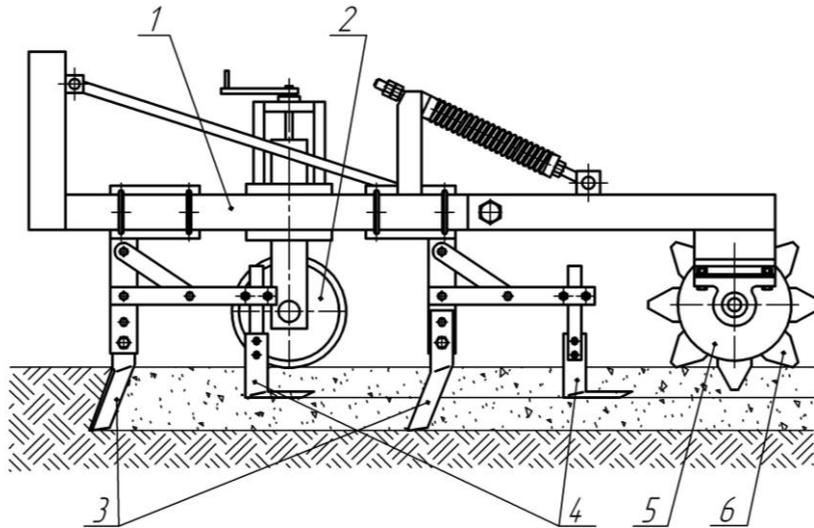


Рис. 1. Схема запропонованого комбінованого знаряддя для дрібного осіннього смугового обробітку:

1 – рама; 2 – колесо опірно-регулювальне; 3 – лемеші похилі право- і лівооберткові; 4 – лапки односторонні розпушувальні; 5 – каток; 6 – елемент розпушувально-мульчуючий

Технологічний процес роботи запропонованого комбінованого знаряддя здійснюється таким чином. При русі перший ряд правообробних похилих лемешів 3 і вслід рухаючий перший ряд однобічно-розпушуючих лапок 4, підрізає і розпушує шар ґрунту на встановлену глибину, формуючи ліві бічні стінки розпушуваних смуг. Вслід за першими рядами правообробних лемешів 3 і однобічно-розпушуючих лапок 4, просуваються другі ряди лівообробних лемешів і однобічних-

розпушуючих лапок, що формують праві стінки розпушуваних смуг. Каток 5, своїми розпушувально-мульчуючими елементами 6, кришить великі грудки на розпушених ділянках, подрібнює та перемішує солому з ґрунтом на нерозпушених ділянках, утворюючи при цьому вирівняний мульчований шар ґрунту.

Тяговий опір переднього похилого лемеша

$$P_{ОПЛ} = P'_{ПЛ} + P''_{ПЛ}, \quad (1)$$

де $P'_{ПЛ}$ – тяговий опір верхньої частини до лінії сколу, Н;

$P''_{ПЛ}$ – тяговий опір нижньої частини похилого лемеша, нижче лінії сколу, Н.

Тяговий опір верхньої частини до лінії сколу

$$P'_{ПЛ} = P'_{лез} + P'_{деф} + P'_{инр}, \quad (2)$$

де $P'_{лез}$ – зусилля на різання лезом, Н;

$P'_{деф}$ – зусилля на деформацію і сколювання, Н;

$P'_{инр}$ – зусилля на подолання інерції шару ґрунту, Н.

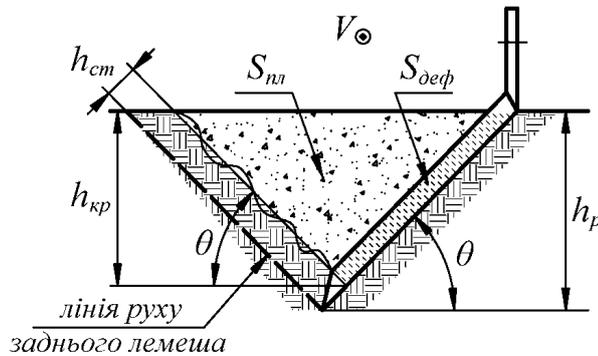


Рис. 2. Схема параметрів розпушеного шару

Складові тягового опору верхньої частини переднього лемеша, з урахуванням конструктивно-технологічних параметрів (рис. 2) і експериментально певних властивостей ґрунту визначаються виразами:

$$P'_{лез} = \int_0^{h_{кр}} (2 + 57,7 \cdot h_i - 21,2 \cdot h_i^2) \cdot 10^6 \cdot s \cdot \cos \beta' \cdot \frac{dh}{\sin \nu \cdot \sin \theta}, \quad (3)$$

- де $h_{кр}$ – глибина ходу різальної кромки, де спостерігається скол ґрунту, м;
 h_i – i -а глибина ґрунтового шару, м;
 s – товщина різальної кромки похилого лемеша, м;
 β' – робочий кут кришіння похилого лемеша, град;
 ν – кут постановки похилого лемеша до напрямку руху, град;
 θ – кут нахилу лемеша в поперечній площині, град;

$$P'_{деф} = \tau \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin(\beta' + 2\varphi')}{\cos \varphi' \cdot \cos\left(\frac{\beta' + \varphi + \varphi'}{2}\right)} \cdot \frac{h_{кр} \cdot b \cdot \sin \beta'}{\sin \theta \cdot \sin \nu}, \quad (4)$$

- де τ – гранична напруга сколюванню (зрушенню), Н/м²;
 φ – кут внутрішнього тертя ґрунту, град;
 φ' – кут тертя ґрунту об сталь, град;
 b – ширина похилого лемеша, м;

$$P'_{инр} = \frac{h_{кр}^2 \cdot tg \theta \cdot \rho \cdot V^2 \cdot \sin^2 \nu \cdot (\sin \beta + tg \varphi' \cdot \sin \nu (ctg^2 \nu + \cos \beta))}{(ctg \beta - tg \varphi' \cdot \sin \nu)}, \quad (5)$$

- де ρ – щільність ґрунту, кг/м³;
 V – швидкість руху похилого лемеша, м/с;
 β – конструктивний кут кришіння похилого лемеша, град.

Тяговий опір нижньої частини похилого лемеша

$$P''_{ПЛ} = P''_{лез} + P''_{деф}, \quad (6)$$

- де $P''_{лез}$ – зусилля на різання лезом, Н;
 $P''_{деф}$ – зусилля на деформацію (зім'яття), Н.

Складові тягового опору нижньої частини переднього лемеша відповідно визначаються виразами:

$$P''_{лез} = \int_{h_{кр}}^{h_p} \left(2 + 57,7 \cdot h_i - 21,2 \cdot h_i^2\right) \cdot 10^6 \cdot s \cdot \cos \beta' \cdot \frac{dh}{\sin \nu \cdot \sin \theta}, \quad (7)$$

$$P''_{деф} = \frac{q \cdot b^2 \cdot (h_p - h_{кр}) \cdot \sin \beta' \cdot \sin(\beta' + \varphi)}{6 \cdot \sin^2 \nu \cdot \sin \theta \cdot \cos \varphi}, \quad (8)$$

де h_p – максимальна глибина ходу різальної кромки, м;

q – коефіцієнт об'ємного зім'яття ґрунту, Н/м³.

Задній похилий леміш розпушує ґрунт, зрізуючи стружку завтовшки h_{cm} (рис. 3.2), при цьому його тяговий опір визначається виразом

$$P_{ЗПЛ} = P_{лез} + P_{деф} + P_{ин}, \quad (9)$$

де $P_{лез}$ – зусилля на різання лезом, Н;

$P_{деф}$ – зусилля на деформацію і сколювання, Н;

$P_{ин}$ – зусилля на подолання інерції пласта ґрунту, Н.

Враховуючи особливості роботи заднього лемеша, складові тягового опору визначаються виразами:

$$P_{лез} = \int_0^{h_p} (2,98 \cdot h_i - h_i^2) \cdot 10^6 \cdot s \cdot \cos \beta' \cdot \frac{dh}{\sin \nu \cdot \sin \theta}, \quad (10)$$

$$P_{деф} = \tau \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin(\beta' + 2\varphi')}{\cos \varphi' \cdot \cos\left(\frac{\beta' + \varphi + \varphi'}{2}\right)} \cdot \frac{h_p \cdot h_{cm}}{\sin \nu \cdot \sin \theta}, \quad (11)$$

$$P_{ин} = \frac{V^2 \cdot \rho \cdot \sin^2 \nu \cdot (\sin \beta + \operatorname{tg} \varphi' \cdot \sin \nu (ctg^2 \nu + \cos \beta))}{ctg \beta - \operatorname{tg} \varphi' \cdot \sin \nu} \cdot \frac{h_p \cdot h_{cm}}{\sin \nu \cdot \sin \theta}. \quad (12)$$

Односторонню розпушувальну лапку утворюють дві робочі поверхні (рис. 3), тому її загальний тяговий опір

$$P_{лан} = P'_{лан} + P''_{лан}, \quad (13)$$

де $P'_{лан}$ – опір вертикальної робочої частини односторонньої розпушувальної лапки, Н;

$P''_{лан}$ – опір горизонтальної робочої частини односторонньої розпушувальної лапки, Н.

Опір $P'_{лан}$ вертикальної робочої частини односторонньої розпушувальної лапки, працюючої як двогранний клин, визначиться виразом

$$P'_{лан} = P'_{лез.л} + P'_{деф.л} + P'_{инр.л}, \quad (14)$$

де $P'_{лез.л}$ – опір різанню лезом вертикальної робочої частини одnobічної розпушувальної лапки, Н;

$P'_{деф.л}$ – опір деформації вертикальній робочій частині одnobічної розпушувальної лапки, Н;

$P'_{инр.л}$ – опір інерції пласта ґрунту від вертикальної робочої частини односторонньої розпушувальної лапки, Н.

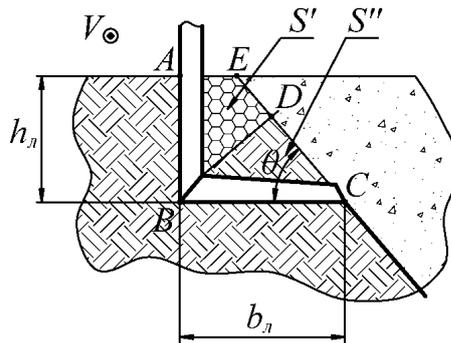


Рис. 3. Схема до визначення площі сколу ґрунту односторонньою розпушувальною лапкою

З урахуванням геометричних параметрів одnobічної розпушувальної лапки та твердості ґрунту, що реально змінюється, по глибині, складові опори вертикальної робочої поверхні лапки визначаються по виразах:

$$P'_{лез.л} = \int_0^{h_l} (2 + 57,7 \cdot h_i - 21,2 \cdot h_i^2) \cdot 10^6 \cdot s_l \cdot \cos \beta'_l \cdot dh; \quad (15)$$

$$P'_{деф.л} = \tau \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin(\beta'_l + 2\varphi')}{\cos \varphi' \cdot \cos\left(\frac{\beta'_l + \varphi + \varphi'}{2}\right)} \cdot \frac{4 \cdot h_l \cdot b_l - 2 \cdot h_l^2 \cdot ctg \theta - b_l^2 \cdot tg \theta}{4}; \quad (16)$$

$$P'_{инр.л} = \frac{4 \cdot h_l \cdot b_l - 2 \cdot h_l^2 \cdot ctg \theta - b_l^2 \cdot tg \theta}{4} \cdot \rho \cdot V^2 \sin \beta'_l \cdot tg(\beta'_l + \varphi'), \quad (17)$$

де h_l – глибина розпушування одnobічною розпушувальною лапкою, м;

s_l – товщина різальної кромки леза лапки, м;

β'_l – робочий кут кришіння вертикальної робочої поверхні односторонньої розпушувальної лапки, град;

ρ – щільність ґрунту, кг/м³;

b_l – ширина захвату одnobічної розпушувальної лапки, м;

V – швидкість руху лапки, м/с.

Опір $P''_{\text{лап}}$ горизонтальної робочої частини одnobічної розпушувальної лапки, працюючої як тригранний клин з горизонтально розташованою різальною кромкою, визначиться виразом

$$P''_{\text{лап}} = P''_{\text{лез.л}} + P''_{\text{деф.л}} + P''_{\text{ін.л}}, \quad (18)$$

де $P''_{\text{лез.л}}$ – опір різанню лезом горизонтальної робочої частини одnobічно-розпушувальної лапки, Н;

$P''_{\text{деф.л}}$ – опір деформації горизонтальній робочій частині одnobічної розпушувальної лапки, Н;

$P''_{\text{ін.л}}$ – опір інерції шару ґрунту від горизонтальної робочої частини одnobічної розпушувальної лапки, Н.

З урахуванням конструктивно-технологічних параметрів одnobічної розпушувальної лапки та експериментальних даних зміни твердості ґрунту по глибині, складові опори горизонтальної робочої поверхні лапки визначаються по виразах

$$P''_{\text{лез.л}} = \left(2 + 57,7 \cdot h_i - 21,2 \cdot h_i^2\right) \cdot 10^6 \cdot \frac{b_l}{\sin v_l} \cdot s_l \cdot \cos \beta', \quad (19)$$

$$P''_{\text{деф.л}} = \tau \cdot \frac{\cos \varphi \cdot \sin(\beta'_l + 2\varphi')}{\cos \varphi' \cdot \cos\left(\frac{\beta'_l + \varphi + \varphi'}{2}\right)} \cdot \frac{1}{4} \cdot b_l^2 \cdot \text{tg} \theta, \quad (20)$$

$$P''_{\text{ін.л}} = \frac{b_l^2 \cdot \text{tg} \theta}{4} \cdot \frac{\rho \cdot V^2 \cdot \sin^2 v_l \cdot \left(\sin \beta''_l + \text{tg} \varphi' \cdot \sin v_l \left(\text{ctg}^2 v_l + \cos \beta''_l\right)\right)}{\left(\text{ctg} \beta''_l - \text{tg} \varphi' \cdot \sin v_l\right)}. \quad (21)$$

де v_l – кут в плані односторонньої розпушувальної лапки, град;

β''_l – робочий кут кришіння вертикальної робочої поверхні односторонньої розпушувальної лапки, град.

Дані досліджень показують, що при збільшенні робочої швидкості тяговий опір похилих лемешів і однобічних розпушуючих лапок збільшуються по нелінійній залежності. Більша частина енерговитрат доводиться на передній ряд похилих лемешів у складі комбінованого знаряддя. На основній робочій швидкості (2,12 м/с) тяговий опір переднього похилого лемеша при глибині розпушування 0,16 м складає 1400 Н.

На однобічну розпушувальну лапку доводиться менше всього енерговитрат: на глибині розпушування 0,08 м її тяговий опір на основній робочій швидкості склав 510 Н.

Література

1. Савельев Ю.А. Осенью – полосовое рыхление / Ю.А. Савельев, П.А. Ишкин // Сельский механизатор, 2007. – № 10. – С. 20.
2. Ишкин П.А. Повышение эффективности разуплотнения почвы комбинированным орудием при мелкой осенней полосовой обработке: автореф. дис. канд. техн. наук / П.А. Ишкин. Пенза, 2008. – 19 с.

Исследование тягового сопротивления пассивных рабочих органов комбинированных почвообрабатывающих орудий А.П. Галеева, А.М. Парня, Зелинський С.В., Капуста В.М.

Предложенная новая конструкция комбинированного орудий для мелкого осеннего полосового возделывания почвы. Исследовано тяговое сопротивление пассивных рабочих органов и их составляющие.

Research of hauling resistance of passive working organs of the combined instruments is for till of soil A.P. Galeeva, A. Parnya, Zelynskyy C.B, Kapusta V.M.

The offered new construction of the combined instruments is for shallow autumn band till of soil. Hauling resistance of passive working organs and their constituents are investigational.

УДК 631.355

**ДОСЛІДЖЕННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ ВИСІВУ НАСІННЯ
РОЗПОДІЛЬНИКАМИ ВЕРТИКАЛЬНОГО ТИПУ**

В.Ю. Мороз, студент групи ЗМ6/2, Керціцький О.О., Кривенко А.М.

Науковий керівник – к.п.н., доцент А.П. Галєєва

Миколаївський національний аграрний університет

*Запропонована конструкція розподільника насіння пневматичної сівалки.
Досліджено нерівномірність висіву насіння розподільниками вертикального типу.*

Ключові слова: посів, розподільник насіння, рівномірність розподілу, робоча поверхня.

Виробництво зерна є основною галуззю агропромислового виробництва, призначеною забезпечити населення продуктами харчування, тваринництво – кормами, промисловість – сировиною. У технології виробництва зерна особливе місце займає посів, що виконується залежно від регіональних умов різними сівалками, яких повинна об'єднувати єдина вимога: енерго- і ресурсозбереження, що супроводжується якістю посіву.

Серед основних чинників, що впливають на якість посіву пневматичними сівалками централізованого висіву, являється досконалість розподільника насіння, що забезпечує рівномірне розміщення на полі насінного матеріалу по площі живлення. Нерівномірність висіву в рядах доходить до 15 % при агротехнічному допуску 3-4 %, що знижує врожайність сільськогосподарських культур. У зв'язку з цим дослідження, спрямовані на вдосконалення процесу посіву пневматичними сівалками, є актуальними, мають важливе наукове і практичне значення.

З метою підвищення рівномірності розподілу насінневого матеріалу по відповідним патрубкам і зниження ушкодження часток матеріалу за рахунок зниження втрат тиску нами запропонована нова конструктивна схема розподільника насіння, загальний вид якого наведено на рис. 1.

Запропонований розподільник потоку насіння складається з центрального підвідного трубопроводу 1, в якому він спочатку виконаний гофрованим 2 для змішування потоку матеріалу з повітрям після відведення, відвідних патрубків 3 і кришки 4. Кришка 4 розподільних голівки виконана таким чином, що дозволяє контролювати процес висіву, а також зробити очищення у разі забивання, вона легко знімається та встановлюється. Кришка розподільника (рис. 1, а, б), закріплюється до корпусу розподільної голівки в 4-х кутах. Кришка (рис. 1, а) зроблена таким чином, що закріплюється до відвідних патрубків в трьох місцях під кутом 120° .

Робоча поверхня розподільника – відбивач 5 і внутрішня сторона корпусу розподільної голівки 6, яка має форму поверхні обертання навколо осі симетрії підвідного трубопроводу.

Запропонований розподільник потоку насіння працює таким чином. Насінневий матеріал разом з повітряним потоком рухається по центральному трубопроводу 1. Спочатку після відведення відбувається змішування насіння з повітрям, далі на відстань більше $15D$ (D – діаметр підвідного трубопроводу) відбувається рівномірний розподіл насіння по перерізу трубопроводу, до відбивача 5. Насіння, досягнувши робочої поверхні 6 відбивача 5 голівок, переміщається по ній до відвідних патрубків 3, при цьому на будь-якій ділянці робочої поверхні голівки 5, 6 тиск насіння на цю поверхню залишається постійним і не досягає значення, при якому відбуваються налипання на робочу поверхню 5 і їх ушкодження.

При виведенні рівняння лінії криволінійної стінки розподільника насіння прийняті наступні допущення:

- повітряний потік рухається прямолінійно і насіння не чинить впливу на потік;
- внутрішню поверхню розподільника вважаємо абсолютно гладкою (рис. 2).

Для виведення рівняння криволінійної твірної виходимо з умови постійності градієнта тиску вздовж потоку:

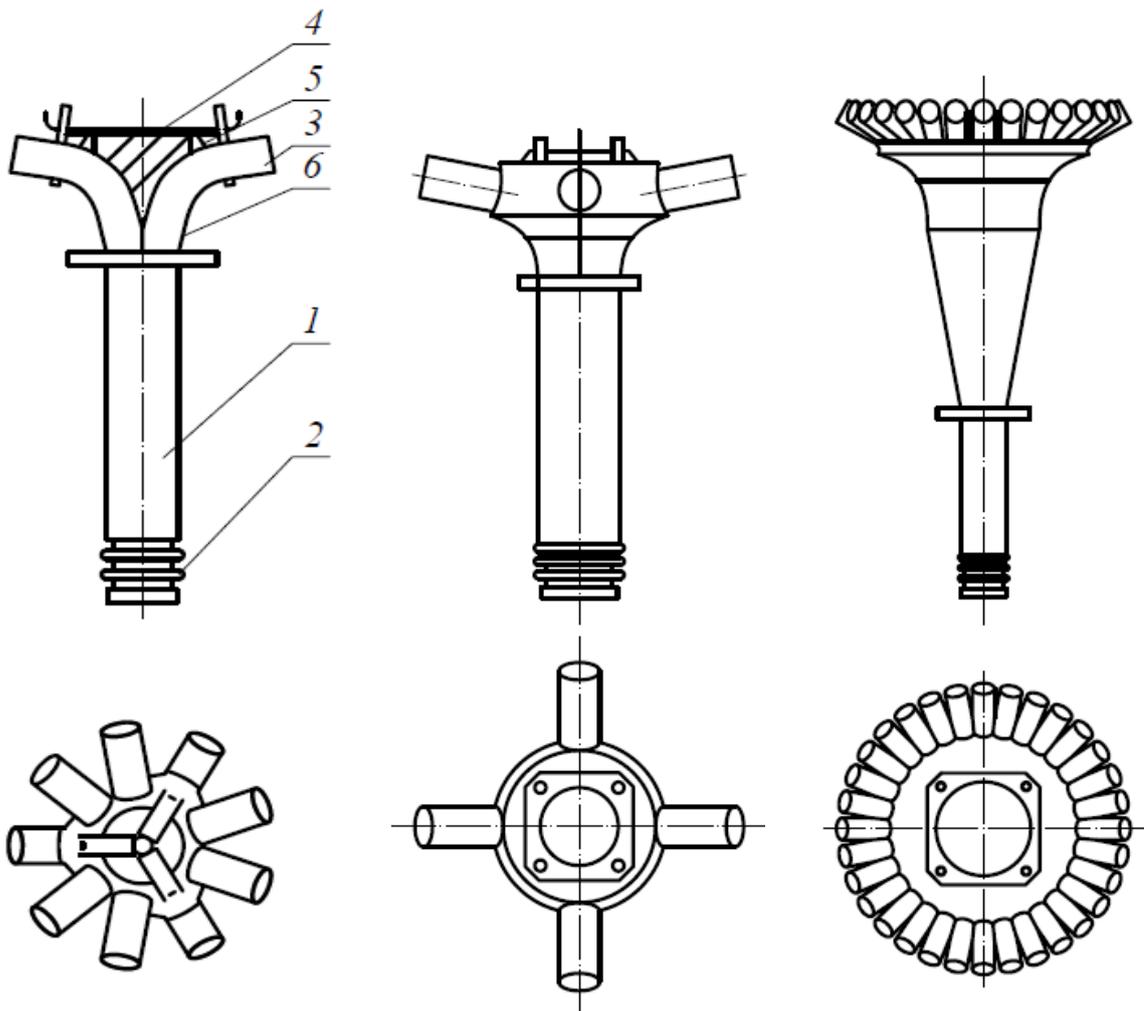
$$\frac{dP}{dx} = const = \frac{P_1 - P_2}{l} = C, \quad (1)$$

де $\frac{dP}{dx}$ – градієнт тиску вздовж потоку;

P_1 і P_2 – статичний тиск на вході і виході з розподільника, Па;

l – висота робочої поверхні розподільника, м;

C – постійна.



а

б

в

Рис. 1. Схема запропонованої конструкції розподільника насіння;

а – на дев'ять сошників; б – на 4 сошники; в – на 32 сошники; 1 – центральний підвідний трубопровід; 2 – гофрована частина трубопроводу; 3 – відвідні патрубки; 4 – кришка; 5 – відбивач; 6 – внутрішня сторона корпусу розподільної голівки

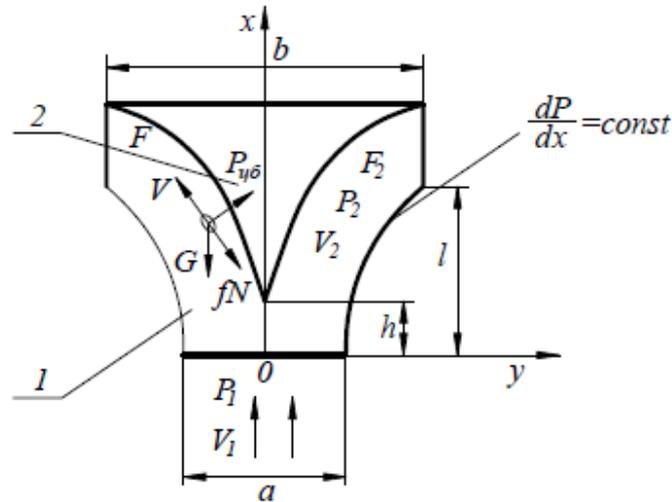


Рис. 2. Робоча поверхня розподільника з криволінійними стінками і відбивачем:

1 – корпус розподільника; 2 – відбивач

Використовуємо рівняння Бернуллі, яке встановлює зв'язок між статичним тиском в повітряному потоці та швидкісним тиском (втрати тиску не враховуються внаслідок малої довжини відвідних патрубків):

$$P_1 - P_2 = \frac{\rho V_2^2}{2} - \frac{\rho V_1^2}{2}, \quad (2)$$

де V_1 – швидкість повітря на вході в розподільник, м/с;

V_2 – швидкість повітря на виході з розподільника, м/с;

ρ – щільність повітря. $\rho = 1,22 \text{ кг/м}^3$.

Згідно з рівнянням нерозривності струменя повітряного потоку маємо:

$$V = \frac{F_2 \cdot V_2}{F}, \quad (3)$$

де V – швидкість повітряного потоку в довільній площині, м/с;

F – поперечний переріз голівки розподільника в довільній площині, м^2 ;

F_2 – поперечний переріз голівки на виході розподільника, м^2 .

Після підстановок (2), (3) в (1) і відповідних математичних перетворень з урахуванням параметрів конструкції: a , b , l , отримано рівняння твірної робочої поверхні перерізу розподільника:

$$y = \frac{b}{2 \cdot \sqrt[4]{1 + \left[\left(\frac{b}{a} \right)^4 - 1 \right] \cdot \frac{x}{l}}}, \quad (4)$$

де y – відстань від вхідної частини розподільника до довільної площини, м;

b – діаметр вихідної частини розподільника, м;

a – діаметр вхідної частини розподільника, м;

x – відстань від вихідної частини розподільника до довільної площини, м;

l – висота робочої поверхні розподільника, м.

На рис. 3 представлені криві перерізи поверхні розподільника побудованих по отриманому рівнянню (4) при різному технологічному виконанні сівалки для насіннепроводів кількістю 32 (поз. 1), і на 4 і 9 насіннепроводів (поз. 2 і 3) при двоступінчатому розподілі.

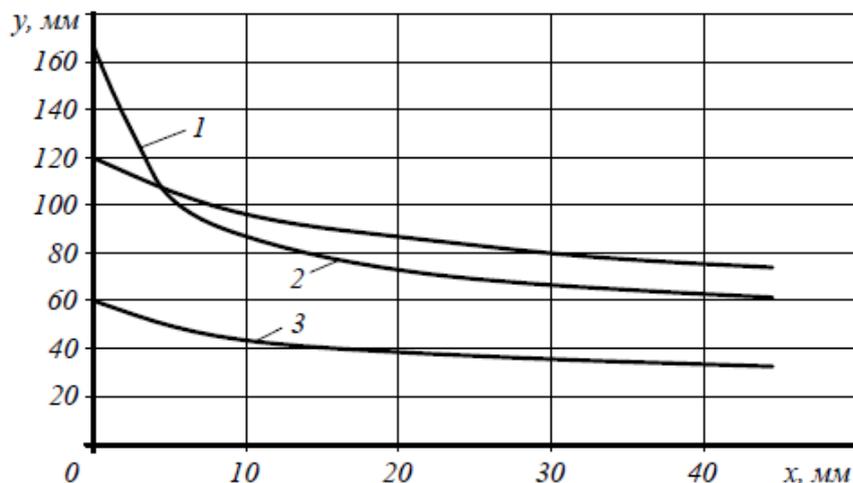


Рис. 3. Криві перерізів поверхонь розподільників:

1 – при $a = 105$ мм, $b = 330$ мм, $l = 80$ мм; 2 – при $a = 120$ мм, $b = 240$ мм,

$l = 110$ мм; 3 – при $a = 60$ мм; $b = 120$ мм; $l = 65$ мм

Виконання відбивача і розподільника по рівнянню (4) дозволяє зробити тиск насіння на цю криву постійним, підвищити рівномірність розподілу повідвідних патрубках, а також понизити ушкодження насіння при ударі об відзеркалювальну поверхню та втрати натиску в розподільнику.

Література

1. Сентюров А.С. Распределение семян в пневматических централизованных высевающих системах / А.С. Сентюров // Технологические основы механизации обработки почвы и посева сельскохозяйственных культур комбинированными машинами: сб. науч. тр. / БСХА. – Горки, 1987. – С. 63-68.

2. Астахов В.С. Анализ распределителей семян для пневматических сеялок / В.С. Астахов // Тракторы и сельскохозяйственные машины. – №5. – С. 31-33.

3. Астахов В.С. Совершенствование пневматических высевающих систем сеялок / В.С. Астахов. – Горки, 2007. – 148 с.

Исследование неравномерности высева семян распределителями вертикального типа А.П. Галеева, В.Ю. Мороз, Керцицкий О.О., Кривенко А.М.

Предложенная конструкция распределителя семян пневматической сеялки. Исследована неравномерность высева семян распределителями вертикального типа.

Research of unevenness of sowing of seed by distributors of vertical type A.P. Galeeva, V.Moroz, Kertsitsky O.O., Kravchenko A.M.

Offered construction of distributor seed of pneumatic seeder. The unevenness of sowing of seed is investigational by the distributors of vertical type.

УДК 631.331

**МОДЕРНІЗАЦІЯ КОНСТРУКЦІЇ СОШНИКА ДЛЯ
РІЗНОГЛИБИННОГО ПОСІВУ БАШТАННИХ КУЛЬТУР**

Я.С. Гешко, студент групи ЗМ6/2, Лазов О.Л., Мащенко М.Ю.

Науковий керівник – к.п.н., доцент А.П. Галєєва

Миколаївський національний аграрний університет

Запропонована конструкція сошника для різноглибинного посіву баштанних культур. Приведена теорія взаємодії сошника з ґрунтом.

Ключові слова: посів, баштанні культури, сошник, стійкість ходу.

Підвищення врожайності баштанних культур є основною метою при рішенні більшості завдань, пов'язаних з удосконаленням технологічних процесів і робочих органів сільськогосподарських машин. Одним з найважливіших етапів обробітку баштанних культур є посів насіння. Посів повинен забезпечити найбільш сприятливі умови для проростання насіння і подальшого розвитку рослин, що сприяє збільшенню польової схожості і врожайності баштанних культур. Ці умови створюються при правильному визначенні термінів посіву, норми висіву, площі живлення рослин і технології закладення насіння в ґрунт. Закладення насіння в ґрунт є завершальною стадією посіву, при якій відбувається безпосередня дія на ґрунт – середовище знаходження насіння з метою створити умови для найбільш сприятливого проростання насіння. Тому сошники являють собою одну із головних частин будь-якої сівалки.

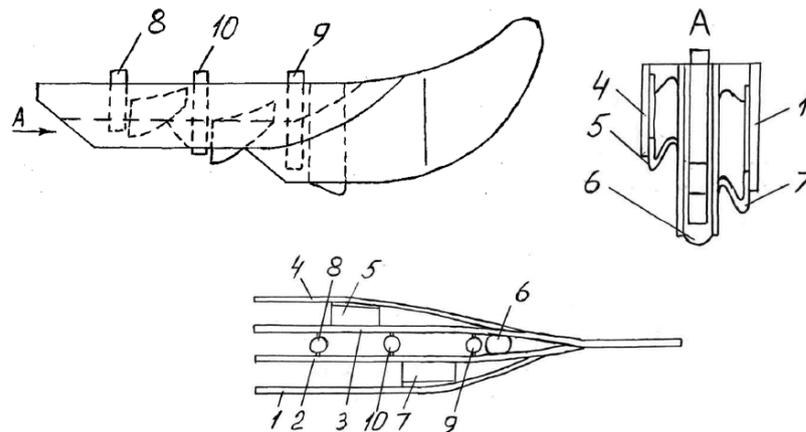


Рис. 1. Схема сошника:

1, 2, 3, 4 – щоки; 5, 6, 7 – наральники; 8, 9, 10 – напрямні

З метою забезпечення укладання насіння баштанних культур за один прохід на різну глибину в один рядок нами проведено удосконалення конструкції сошника (рис. 1), що складається з щік 1, 2, 3, 4, між якими розміщені наральники 5, 6, 7, причому лівий і правий наральники 5, 7 виконані із скосом у бік центрального наральника 6, розташовані на різній висоті в порівнянні з нижнім зрізом центрального наральника 6 і закруглені в місці з'єднання з центральними щоками 2, 3. За наральниками 5, 6, 7 розміщені напрямні 8, 9, 10. Щока 2 має зріз до рівня щоки 1, а щока 3 – до рівня щоки 4 [2].

Висоту додаткових наральників 5, 7 виконують, відповідно, на два і чотири сантиметри менше нижнього зрізу основного наральника 6.

Закладення насіння сошником робиться таким чином. Насіння з висіваючого апарату падає у відповідний насіннепровід і далі по напрямних 9, 10, 8 укладаються по черзі за наральниками 6, 7, 5. Насіння, подане у борозенку, освічену наральником 6, закривається вологим шаром ґрунту, обрушеним наральником 7. По цьому шару подається друге насіння, яке так само закривається наральником 5. Далі подається третє насіння, яке закривається спочатку вологим ґрунтом за рахунок косого

зрізу сошника, а потім загортачами. Присипаний шар ґрунту ущільнюється колесом, а поверхня поля мульчується шлейфом.

Для визначення параметрів сошника розглянемо його взаємодію з ґрунтом.

Сошник у вигляді клину занурений в ґрунт і рухається в ній на постійній глибині і з постійною швидкістю v . Клин в кожній точці зіткнення з ґрунтом давить на її частки по нормалі (рис. 2).

Для забезпечення ковзаючого переміщення ґрунту по поверхні щоки сошника максимальне значення кута установки напрямляча γ , повинно бути менше $90 - \varphi$, де φ – кут тертя ґрунту об сталь, який залежить від стану і типу ґрунтів. За умови $\gamma > 90 - \varphi$ станеться сгружування ґрунту перед сошником.

Розглянемо частку ґрунту m на денній поверхні, яка стикається з точкою A поверхні клину і на яку діють сила тертя F і сила $N = -P_x$, де P_x – бічний тиск сипкого матеріалу, рівний з урахуванням кута α укладання часток

$$P_x = \frac{mg}{2tg\alpha}. \quad (1)$$

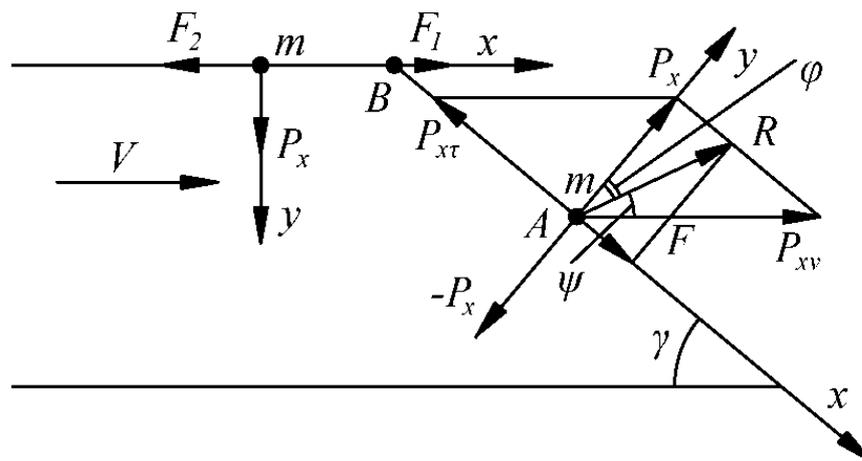


Рис. 2. Переміщення ґрунту під дією сошника

Враховуючи, що $P_{xt} = P_x tg\psi$ і $P_{xv} = P_x cos\psi$ диференціальне рівняння руху частки m має вигляд

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{mg}{2 \operatorname{tg} \alpha} \operatorname{tg} \varphi - \frac{mg}{2 \operatorname{tg} \alpha} \operatorname{tg} \psi; \quad m \frac{d^2 y}{dt^2} = 0. \quad (2)$$

Після перетворення вираз (2) і інтеграції отримаємо

$$v_x = \frac{gt}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (3)$$

Звідси переміщення частки

$$x = \frac{gt^2}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (4)$$

Після того, як частка сошника m досягне при переміщенні точки B клину, вона рухатиметься уздовж щік сошника. На неї діють сила F_1 , рівна $F_1 = P_x \operatorname{tg} \varphi$, і сила тертя F_2 сусідніх часток ґрунту, діюча в протилежну сторону, рівна $F_2 = P_x \operatorname{tg} \varphi_1$, тут φ_1 – кут тертя між ґрунтовими частками, або

$$F_1 = \frac{mg}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha}; \quad F_2 = \frac{mg}{2} \cdot \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (5)$$

Рівняння руху частки по щоках сошника має вигляд (тут вісь x спрямована уздовж щік)

$$m \frac{d^2 x}{dt^2} = \frac{mg}{2 \operatorname{tg} \alpha} \frac{\operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \alpha} - \frac{mg}{2} \frac{\operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \alpha}. \quad (6)$$

Після перетворень вираження (3.47) отримаємо

$$V_x = \frac{gt}{2 \operatorname{tg} \alpha} (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \varphi_1) + C. \quad (7)$$

При $t = 0$ переміщення уздовж щік сошника $x = 0$. Враховуючи, що частка ґрунту при вступі на щоку мала швидкість вздовж щік

$$V_0 = \frac{gt}{2} \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \alpha} \cos(90 - \psi) = \frac{gt}{2} \frac{\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \psi}{\operatorname{tg} \alpha} \sin \psi, \quad (8)$$

знайдемо

$$\begin{aligned} V_x &= \frac{gt}{2 \operatorname{tg} \alpha} (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \psi) + \frac{gt(\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \psi) \sin \psi}{2 \operatorname{tg} \alpha} = \\ &= \frac{gt}{2 \operatorname{tg} \alpha} [(\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \psi) + (\operatorname{tg} \varphi - \operatorname{tg} \psi) \sin \psi], \end{aligned} \quad (9)$$

Звідси отримаємо

$$x = \frac{gt^2}{4tg\alpha} [(tg\varphi - tg\psi) + (tg\varphi - tg\psi)\sin\psi]. \quad (10)$$

Виключаючи t з рівнянь (3.51) і (3.52), знайдемо

$$V_x = \sqrt{\frac{xg[(tg\varphi - tg\psi) + (tg\varphi - tg\psi)\sin\psi]}{tg\alpha}}. \quad (11)$$

Як тільки частка пройде обріз щік сошника, вона почне падати вниз. На неї діятимуть вага mg і сила опору середовища. Зважаючи, що початкова вертикальна швидкість падіння дорівнює нулю і висота падіння незначна, не враховуватимемо опір середовища. Тоді отримаємо рівняння руху часток у виді

$$m\frac{d^2x}{dt^2} = 0; \quad m\frac{d^2y}{dt^2} = mg. \quad (12)$$

Вирішуючи ці рівняння, отримаємо

$$y = \frac{gx^2}{2V_{x0}^2}. \quad (13)$$

Підставивши значення $V_{x0} = V_x$ з виразу (11) в рівняння (13) отримаємо

$$y = \frac{xgtg\alpha}{(tg\varphi - tg\psi_1) + (tg\varphi - tg\psi)\sin\psi}. \quad (14)$$

Тепер можна знайти швидкість

$$V_y = \frac{gx}{V_{x0}} = \sqrt{\frac{xgtg\alpha}{(tg\varphi - tg\psi_1) + (tg\varphi - tg\psi)\sin\psi}}. \quad (15)$$

Результуюча швидкість падіння частки

$$v = \sqrt{v_{x0}^2 + v_y^2}. \quad (16)$$

Частки ґрунту, віддалені від граничного шару, сповзають по похилих, що складають кут укладання або природного відкосу α .

На частку діють вага, складова якої $mg\sin\alpha$ примушує частку переміщатися по похилій поверхні. Цьому руху протидіє сила тертя $F = mg\cos\alpha\varphi_1$. Рівняння руху частки:

$$x = v_{x0}t; \quad y = \frac{1}{2}gt^2 \cos\alpha(tg\alpha - tg\varphi_1) = \frac{1}{2v_{x0}^2}gx^2 \cos\alpha(tg\alpha - tg\varphi_1). \quad (17)$$

Тепер можна знайти вертикальну складову швидкості

$$v_y = \frac{gx\cos\alpha}{v_{x0}}(tg\alpha - tg\varphi_1). \quad (18)$$

Таким чином, ця конструкція сошника виключає забивання його ґрунтом, забезпечує отримання рівномірної глибини закладення насіння, а отже, стійких сходів і гарантованих урожаїв просапних культур в ґрунтово-кліматичних умовах з різко континентальним кліматом.

Література

1. Мартынов И.С. Пути повышения всхожестисемян бахчевых культур / И.С. Мартынов // Вестник ВГСХА: наука и высшее профессиональное образование / ВГСХА. – Волгоград, 2006. – №1. – С. 118-120.
2. Шапуров М.Н. Влияние разноглубинного посева на урожайность арбузов / М.Н. Шапуров // Известия НАУ: наука и высшее профессиональное образование. – 2008. – № 4 (12). – С. 193-202.

*Модернизация конструкции сошника для разноглубинного посева бахчевых культур
А.П. Галеева, Я.С. Гешко, Лазов А.Л., Мащенко М.Ю.*

Предложена конструкция сошника для разноглубинного посева бахчевых культур. Приведенная теория взаимодействия сошника с почвой.

*Modernisation of construction of vomer is for sowing of water-melon cultures on different depth
A.P. Galeeva, J. Geschko, Lazor O.L., M.Y. Mashchenko*

The offered construction of vomer is for sowing of water-melon cultures on a different depth. The brought theory over co-operation of vomer with soil.

УДК 631.355.06

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ СТЕБЕЛ КУКУРУДЗИ
ІНТЕГРОВАНИМ РІЗАЛЬНИМ АПАРАТОМ**

О.О. Євко, студент групи ЗМ6/1 Михайлов В.О., Онищенко В.В.

Наукові керівники – к.п.н., доцент А.П. Галєєва,

Миколаївський національний аграрний університет

В роботі проведено аналіз процесу різання і факторів, які впливають на нього. Проведено апроксимацію даних дослідження зусилля різання стебел кукурудзи на маятниковому копрі в динамічних умовах. Визначено спосіб перерізання стебел, який забезпечує найменше зусилля різання інтегрованим різальним пристроєм

Ключові слова: кукурудзозбиральна машина, різання стебел, експеримент, качановідокремлювальний апарат.

У відомих конструкціях вітчизняних і зарубіжних кукурудзозбиральних машин широко застосовують апарати зі зворотно-поступальним, обертальним і, рідше, з коливальним рухом ріжучих елементів, але всі їх можна поділити на апарати з механічним і інерційним підпором стебел в момент їх різання.

Апарати з інерційним підпором стебел механічних протирізальних (підпірних) елементів не мають, тому швидкість руху ріжучих елементів у цих апаратів значно перевищує швидкість ріжучих елементів з механічним підпором. Підвищення швидкостей різання дозволяє ефективно використовувати інерційний опір стебел, що закріплені на корені, удару ріжучих елементів у момент різання, що замінюють у цих апаратах механічний підпір стебел.

До недоліків апаратів з інерційним підпором відноситься те, що ріжучі апарати даного виду здатністю самоочищення не володіють, тому при підвищених швидкостях руху досить часто забиваються. В конструкціях широкозахватних жниварок вимагають складних механізмів

приводу ріжучих елементів і мають підвищену енергоємність. Ріжучі апарати цього типу використовуються лише в потокових кукурудзозбиральних машинах і тут важливе місце відіграє ціленаправленість руху стебла.

Апарати з механічним підпором стебел мають ріжучі і механічні протирізальні (підпирні) елементи. Ріжучі елементи виконують рухливими, а протирізальні - переважно нерухомими. Зрізання стебел у цих апаратів відбувається при порівняно невеликих швидкостях ріжучих елементів.

До недоліків слід віднести кількість подвійних зрізів на пожнивних залишках. Подвійний зріз відбувається в тому випадку, коли стебло не перерізається повністю при одному ході ножа і дорізається зворотнім рухом ножа, що збільшує висоту зрізання і втрати стебел на ґрунті, які складають 9,5%. Середнє значення висоти зрізу при збільшенні швидкості руху збирального агрегату від 3,8 до 10,8 км/год збільшується до 14 см, що визвано згинанням стебел після прокатування вальцями до моменту зрізання і частковим напрямленням їх в зону повз протирізальних пластин.

Для усунення вищевказаних недоліків, на базі проблемної лабораторії Миколаївського НАУ, по вдосконаленню основних робочих органів збиральних машин, проводились дослідження процесу різання стебел кукурудзи в динамічних умовах на маятниковому копрі, а також оптимізація геометричних параметрів копра для встановлення необхідної швидкості різання.

Досліджувалось різання стебел кукурудзи з одно- та двостороннім протирізальним елементом. Гострота леза (товщина різальної кромки) при випробуваннях знаходилась в межах 50-100 мкм. Зазор між різальною і протирізальною частинами пристрою не повинен перевищувати 1-2 мм. Довжину різання витримують у межах 50-100 мм. Напрямок зрізу - упоперек стебла (перпендикулярно волокнам).

Експеримент проводився відповідно методиці, яка детально описана у відповідних джерелах. Для встановлення відповідності отриманої моделі

експериментальним результатам проводилась перевірка її адекватності за допомогою критерію Фішера та перевірка її відтворюваності за критерієм Кохрена.

Була проведена апроксимація експериментальних даних зусилля різання від діаметру стебла кукурудзи, який зменшується від кореня до суцвіття. Результати цього аналізу представлені у вигляді залежностей при різній вологості стебел для процесу різання з одиничним та подвійним підпором стебел кукурудзи (рис. 1).

У результаті проведених дослідів встановлено, що при швидкості ножа 2—10 м/с і гострому лезі, вертикально стояче одиночне стебло не перерізається в суворо вертикальному положенні. При зустрічі ножа зі стеблом в момент удару відбувається одночасне зростання зусиль в ножі і розтягування стебла. У момент різання ніж багаторазово вдаряє стебло зі зменшенням амплітуди і частоти удару. При достатньому вигини стебла, коли сила інерції надасть необхідний опір подальшому відхиленню стебла, останній починає зрізатися ножем.

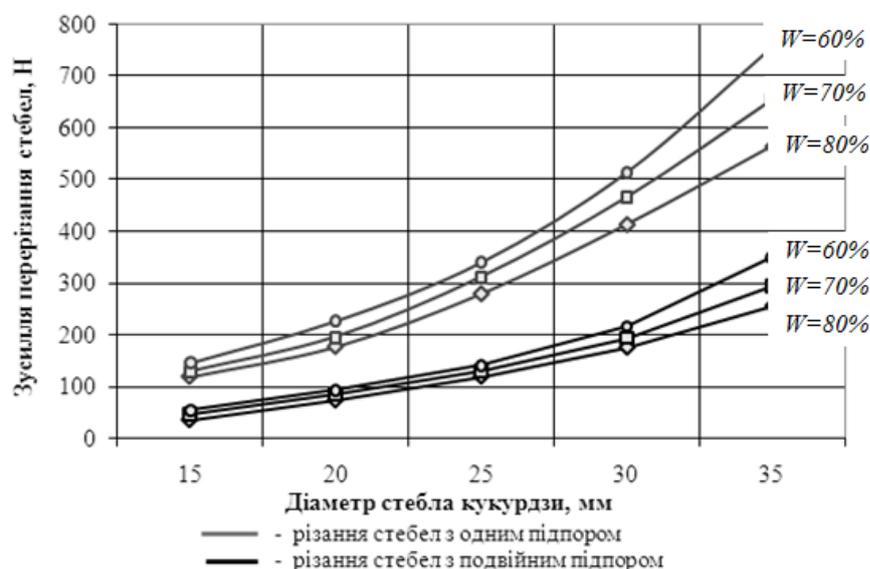


Рис. 1. Апроксимація експериментальних даних для гібриду «Арабіка»

Аналізуючи дані апроксимації можна зробити висновок про відтворюваність та адекватність даних експериментів. Математичні моделі

описують закони зміни зусилля різання (y) від діаметру стебел кукурудзи (x) в залежності від вологості стебел.

Зріз групи стебел, які не мають опори, невпорядкований щодо вигину і зусилля різання, а зріз стебла, що має дві опори, відбувається стабільно, швидко якісно і при менших зусиллях.

За даними різних джерел, коефіцієнт пружності при зрізі стебла, що має дві опори, в сотні разів більше коефіцієнта пружності стебла при його консольному закріпленні. Отже, стеблу, яке спирається на дві опори, досить прогнутися на досить незначне значення, щоб реакція пружних сил була достатньою для його зрізу при дуже малій швидкості ножі.

В результаті проведених досліджень була розроблена принципово нова схема адаптованого одновальцевого качановідокремлювального апарату з інтегрованим різальним пристроєм (рис. 2).

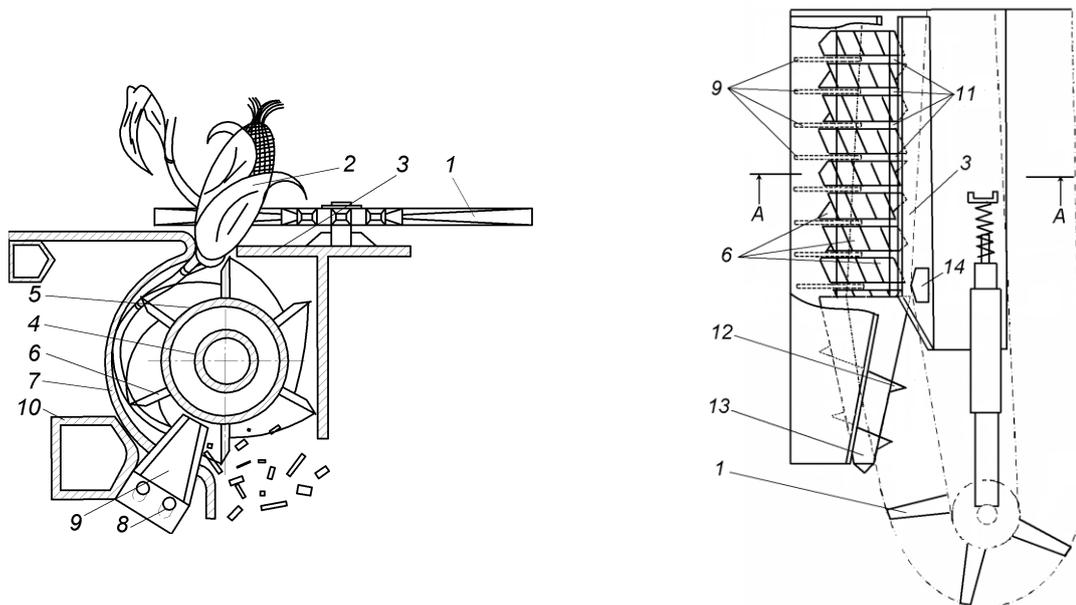


Рис. 2. Схема адаптованого качановідокремлювального апарату:

- 1 - подавальний ланцюг з лапками; 2 – качан кукурудзи; 3 - стріперна пластина; 4 - протягувальний валець, 5 - насадка; 6 - загострені протягувальні ребра; 7 – кожух; 8 - регулювальні пази; 9 – система ножів; 10 – рама; 11 – пази в протягувальному вальці, для заходу ножів; 12 – шнекові рифи; 13 – заводний конус; 14 – натяжний пристрій

Апарат працює наступним чином. Стебла кукурудзи подавальним ланцюгом з лапками 1 та шнековими рифами 12 заводного конуса 13 заводяться в простір 2 стріперної пластини 3, відстань якої менша середнього діаметру качана. Протягувальний валець 4, обертаючись в кожусі 7, протягує стебла та заводить їх в простір між основою кожуха та стріперною пластиною 3. При протягуванні стебло щільно затиснене між рифами 6 протягувального вальця 4 та кожухом 7. Рифи виконані у вигляді одновиткової спіралі. Це дозволяє розподілити зусилля взаємодії рифа з ножом в часі, що зменшує енергоємність операцій різання та подрібнення. Далі стебло за допомогою інтегрованого різально-подрібнювального апарату одночасно підрізається, протягується та подрібнюється. Привід різально-подрібнювального апарату дозволяє регулювати висоту зрізання стебел кукурудзи, а в залежності від кількості ножів та швидкості обертання – довжину різки.

Дане виконання інтегрованого різального апарату з системою сегментних ножів дозволяє використовувати для подрібнення спосіб різання листостеблової маси з подвійним механічним підпором, що принципово відрізняється від способів різання листостеблової маси, які використовуються в даний час.

Графічні залежності свідчать про ефективність використання різання з подвійним протирізальним елементом перед одиничним. Зусилля різання зменшується в межах 2,1-2,6 разів в порівнянні зі звичайним одно підпорним різанням. Ефективність використання даного методу полягає також у великій інерційній силі рухомого протирізального елемента (протягувального вальця з пазами для заходу ножів), що забезпечить ще більше зменшення зального зусилля різання, в порівнянні з однопідпорним.

Література

1. Шатилов К.В. Кукурузоуборочные машины / К.В. Шатилов, Б.Д. Козачок, А.П. Орехов и др. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Машиностроение, 1981. — 224 с.

2. Красниченко А.В. Справочник конструктора сельскохозяйственных машин / А.В. Красниченко. — М. : Государственное научно-техническое издательство машиностроительной литературы, 1961. — 860 с.

Исследование процесса резания стеблей кукурузы интегрированным резательным аппаратом А.П. Галеева, А.А. Евко, Михайлов В.О., Онищенко В.В.

В работе проведен анализ процесса резания и факторов, влияющих на него. Сделана аппроксимация данных исследования усилия резания стеблей кукурузы на маятниковом копре в динамических условиях. Определен способ резания стеблей, который обеспечивает наименьшее усилие резания интегрированным режущим устройством

Research of process of cutting of corn-stalks by the integrated cutting vehicle A.P. Galeeva, Mikhailov V.A., Onishchenko V.V., O. Evko

We analyzed the cutting process and factors affecting it. Made approximation of data research efforts on cutting corn stalks pendulum copra in dynamic conditions. A procedure of cutting the stems, which provides the least cutting force integrated cutting device

УДК 631.355

**ОБҐРУНТУВАННЯ КОНСТРУКТИВНО-ТЕХНОЛОГІЧНИХ
ПАРАМЕТРІВ СЕПАРАТОРА КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ**

О.В. Ковальчук, студент групи ЗМ6/1 Стоянова А.О., Ткаченко А.С

Науковий керівник – к.п.н., доцент А.П. Галєєва

Миколаївський національний аграрний університет

Запропонована нова схема сепаратора картопляного вороху. Приведені розрахункові формули. Визначені основні межі в яких буде працювати запропонований пристрій.

Ключові слова: збирання картоплі, сепаратор, ворох, барабан.

Постановка проблеми. Коренеплоди є цінним соковитим кормом для тварин, в період утримання в зимовий період, коли є нестача свіжих соковитих кормів. Включення їх в раціон підвищує засвоєння грубих концентрованих кормів і заміників протеїну. Коренеплоди нейтралізують кислотність кормів. Під час згодовування тваринам коренеплодів, що багаті вуглеводами, мінеральними солями, вітамінами, ферментами, підвищує активність травлення. Крім цього встановлено, що кормові коренеплоди позитивно впливають на молочну продуктивність корів, їх відтворювальну здатність.

Продуктивність збирання картоплі залежить від її якості при надходженні на сортувальний пункт, а отже від роботи сепаратора вороху. Але існуючі сепаратори картопляного вороху не задовольняють сучасним вимога сільськогосподарського виробника за показниками якості та продуктивності праці.

Виклад основного матеріалу. Процес відділення картоплі від ґрунту при сепарації полягає в руйнуванні грудок і просіванні їх через "живий" переріз сепаруючої робочої поверхні. Крім цього необхідно виконувати подальше транспортування технологічної маси.

Проходження грудок ґрунту через сепаратор спричиняє їх руйнування і створення безлічі мілких частинок. Контактуючи із грудками з одного боку та прутками з іншого, вони втираються в поверхні, налипають на них. По мірі збільшення зон налипання відбувається розростання їх в тильний бік прутків, що в свою чергу призводить до зменшення "живого" перерізу. Цей процес особливо характерний під час роботи на перезволожених ґрунтах, що призводить до різкого погіршення роботи сепаратора, зниження ефективності сепарації і продуктивності роботи машини.

Частково налипання можна позбутися шляхом струшування сепаратора, встановленням допоміжних пристосувань. Але ефективні розробки вимагають додаткових вкладень, ускладнення конструкції. Другим методом є покриття прутків антифрикційним матеріалом. Але при роботі на важких ґрунтах повного ефекту досягти неможливо.

На нашу думку прийнятним є надання технологічній масі відносного руху, що дозволяє використовувати саму масу, гичку і інші домішки, при їх відносному переміщенні, для очистки "живого" перерізу та інтенсифікації сепарації.

Запропоновано складний рух технологічної маси: поступальний хвилевидний по барабанах ротаційних елементів і поперечний на самих барабанах які виконують зустрічно-поступальний. Інерційні сили, які виникають в технологічній масі при поперечних коливаннях барабанів, розрихлюють і розшаровують масу за різними властивостями. Проходить "кипіння" технологічної маси, що спричиняє переміщенню мілких частинок до робочої поверхні сепаратора.

Таким чином, поперечні коливання барабанів сепаратора інтенсифікують дію прутків на технологічну масу, а так як сили взаємодії прутків обумовлені властивостями прутків і маси, то можливість динамічного пошкодження картоплі відсутня. Для визначення сил взаємодії між прутками і компонентами технологічної маси використання

коефіцієнтів, визначених рядом авторів, не дає бажаного результату. Це пояснюється тим, що дослідження поведінки компонентів проводились на площині. В нашому випадку потрібно оперувати коефіцієнтами тертя, тертя-ковзання, тертя-кочення, які б визначалися на прутках циліндричних барабанів під час їх обертання. Таким чином можливо прослідкувати за процесом в залежності від розмірів, ваги, і стану технологічної маси.

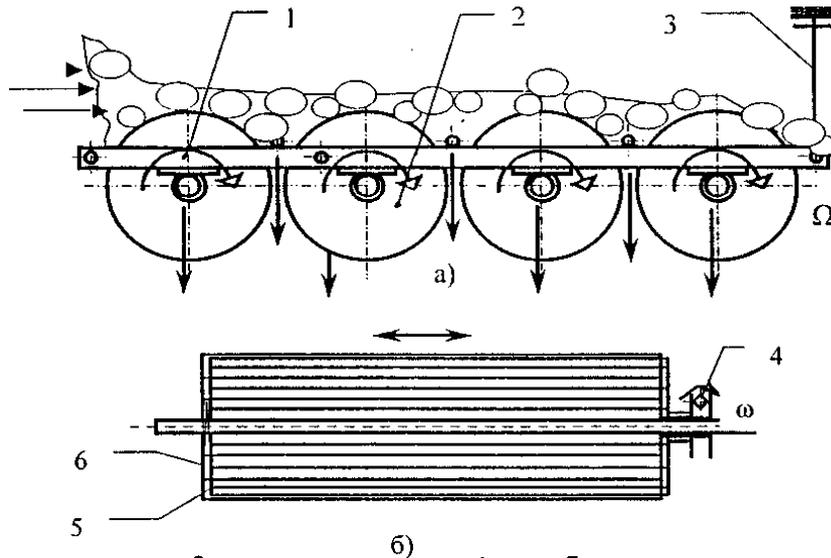


Рис. 1. Ротаційно-вібраційний сепаруючий робочий орган:

а – технологічна схема; б – схема ротаційного елемента;

1 – рама; 2 – ротаційні елементи; 3 – механізм регулювання куту нахилу площини сепаратора до поверхні поля; 4 – кулачковий механізм;

5 і 6 – барабани

Запропонований сепаруючий робочий орган виконано у вигляді батареї ротаційних елементів. Ротаційний сепаруючий робочий орган картоплезбиральної машини (рис. 1) включає послідовно розташовані на рамі 1 ротаційні елементи 2, механізм регулювання поздовжнього кута нахилу сепаратора 3, кулачковий механізм 4, приводу циліндричних твірних поверхонь барабанів в осьовий зустрічний зворотно-поступальний рух. Кожний ротаційний елемент складається з двох суміщених співвісних циліндричних барабанів 5 і 6 з твірною прутковою поверхнею однакового діаметру. Пруткові барабани монтуються таким чином, що прутки одного

барабану розташовані між прутками другого, при чому маточини дисків з'єднані поступальною кінематичною парою, що забезпечує передачу крутного моменту, допускаючи при цьому відносний осьовий зворотно-поступальний рух.

Кожний ротаційний елемент складається з двох суміщених співвісних циліндричних барабанів з твірною прутковою поверхнею однакового діаметру. Діаметр барабанів вибрано достатнім, щоб виключити намотування на них рослинних решток. Ротаційні елементи виготовлені таким чином, що прутки одного барабану розташовані між прутками другого з постійним кроком і можливістю відносного осьового переміщення за рахунок з'єднання поступальною парою.

Барабани обертаються з однаковим напрямком вектора кутової швидкості, при цьому барабани ротаційних елементів виконують зворотно-поступальний коливальний рух з частотою.

Для теоретичного вивчення динамічних властивостей як елементів робочого органу, так і ґрунтових макроагрегатів заданою схемою роботи ротаційно-вібраційного сепаратора. На перших двох барабанах відбувається в основному інтенсивне руйнування технологічної маси за рахунок зміни швидкості, перепаду висот, хвилевидного руху та сепарація ще не просіяної і маси що утворилася. На третьому барабані відбувається в основному сепарація технологічної маси та часткове руйнування. На четвертому барабані відбувається в основному сепарація технологічної маси.

Зворотно-поступальний рух прутків спричиняє інтенсивне перемішування технологічної маси, переорієнтування, що сприяє очистці прутків від налипання ґрунту і виключає можливість защемлення грудок між прутками.

Якщо сили тертя в підшипниках і сили тертя прутків і ґрунтової суміші рівна F_{np} і створюють момент M_m , то:

$$P_1 = M_m \cdot \Omega, \quad (1)$$

$$\text{Або } P_1 = n \cdot M_m \cdot \Omega. \quad (2)$$

Нехай маса одного прутка рівна m і він коливається з частотою ω і амплітудою A . Тоді:

$$P_2 = N \cdot n \cdot \frac{1}{2} \cdot m \cdot A^2 \cdot \omega^2. \quad (3)$$

Крім того, на прутки діє сила тертя технологічної маси:

$$P_3 = N \cdot n \cdot k \cdot m_0 \cdot g \cdot A \cdot \omega, \quad (4)$$

де k – коефіцієнт тертя металу і ґрунту;

m_0 – усереднена кількість технологічної маси на барабанах.

Нехай за одиницю часу відбувається кришення грудок з загальною площею S , а енергію розриву грудки позначимо q (Дж/м²). Тоді:

$$P_4 = S \cdot q \cdot \omega, \quad (5)$$

Отже,

$$P = n \cdot M_m \cdot \Omega + \frac{1}{2} \cdot N \cdot n \cdot m \cdot A^2 \omega^2 + n \cdot N \cdot k \cdot m_0 \cdot g \cdot A \cdot \omega + S \cdot q \cdot \omega. \quad (6)$$

Пошкодження клубнів картоплі при максимальній частоті і амплітуді коливань майже відсутні, так як швидкість ковзання нижча ніж допустима швидкість взаємодії клубнів картоплі з поверхнею прутків $v = 5$ м/с, а характер взаємодії не динамічний, а фрикційний.

Висновки. Підвищення ефективності сепарації ґрунту за рахунок використання сепаратора із зворотно-поступальними коливаннями барабанів і встановлення площини батареї ротаційних елементів під кутом до поверхні поля є можливим;

На підставі теоретичних досліджень визначені межі, в яких запропонований пристрій може працювати, а саме: частота та амплітуда коливань $\omega = 10 \dots 25$ Гц, $A = 6 \dots 18$ мм; кут нахилу площини сепаратора в поздовжньому напрямку $\alpha = 5 \dots 15$ град; швидкість руху агрегату (подача технологічної маси) вибирається із умови оптимального завантаження сепаратора $v = 0,45 \dots 1,15$ м/с.

Література

1. Кленин И.И., Сакун В.А. Сельскохозяйственные и мелиоративные машины. – 3-е изд., перераб. и дополн. – М.: Колос, 1994. – 751 с.
2. Летошнев М.Н. Сельскохозяйственные машины. Теория, расчет, проектирование и испытание. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М.; Л.: Гос. изд-во с.-х. лит., 1995. – 764 с.
3. Сельскохозяйственные машины. Теория, конструкция и расчет / Б.Г. Турбин, А.Б. Лурье, ОМ. Григорьев и др.; Под ред. Б.М. Турбина. – 2-е изд., перераб. и дополн. – М.; Л.: Машиностроение, 1967. – 493 с.

Обоснование конструктивно-технологических параметров сепаратора картофельного вороху А.П. Галеева, Е.В. Ковальчук, Стоянова А.А., Ткаченко А.С

Предложена новая схема сепаратора картофельного вороху. Приведены расчетные формулы. Определены основные границы в которых будет работать предложенное устройство.

Ground of structurally-technological parameters of separator of potato to lots A.P. Galeeva, O. Kovalchuk, Stoyanova A.A., A.S. Tkachenko

The new chart of separator of potato is offered to the lots. The formulas of calculations are resulted. Basic scopes are certain the offered device will work in which.

УДК 629.5.081.22

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ОСОБЕННОСТЕЙ СПУСКА СУДОВ С НАКЛОННЫХ ПРОДОЛЬНЫХ СТАПЕЛЕЙ

Л. С. Воленюк, аспирантка, Украина, Усенко С.Ю., Шевчук О.Є.

Фам Н.Б. Тунг, магистрант, Вьетнам

Национальный университет кораблестроения, г. Николаев

Проведено статическое исследование спуска судна с наклонного продольного стапеля. Выполнен сравнительный анализ расчета спуска судна с наклонных стапелей на традиционных спусковых устройствах и с помощью пневматических баллонов. Построены диаграммы спуска судна.

Ключевые слова: спуск, судно, стапель

Самые сложные виды спуска судов – это продольный и поперечный спуск с наклонных стапелей.

Продольный спуск судов осуществляется с продольных наклонных стапелей длиной от 100 до 350 м, расположенных перпендикулярно к береговой линии или под некоторым углом к ней. Стапель представляет собой сложное инженерное сооружение, имеющее железобетонное основание для размещения спусковых дорожек. Он состоит из надводной и подводной частей.

Перед спуском судно устанавливается на спусковое устройство, которое включает: спусковые полозья, подбрюшники, копылья, клинья, найтовы, полотенца, стяжки, распорные брусья, спусковые стрелы, задержники, сигнализацию и другие приспособления. Спусковые полозья устанавливаются на каждой спусковой дорожке. Выбор конструкции спускового устройства является одной из главных проблем, так как при этом основные конструктивные решения, касающиеся спускового устройства, необходимо принять до разработки рабочих чертежей конструкций корпуса (расположение конструкций спускового устройства, характер воспринимаемых ими усилий, возникающих при спуске).

Основной задачей в исследовании спуска является определение движения спускаемого судна. Полное решение этой задачи требует: установить для каждого момента времени величину и точку приложения всех сил, действующих на судно; вычислить для каждого момента времени положение судна и скорость его поступательного и вращательного движений. Решение этой задачи в полном объеме невозможно в связи со сложностью процесса спуска и движения его спусковых устройств.

В связи с этим в исследовании спуска, согласованном с практическими потребностями, достаточно ограничиться определением скоростей и положений судна лишь в отдельные моменты. Поскольку в процессе спуска силы действующие на судно изменяются, процесс спуска разделяют

на четыре периода: первый – от начала движения судна до момента, когда передние концы полозьев или корма коснутся воды; второй – от конца первого периода до начала вращения судна вокруг порога стапеля; третий – от конца второго периода до отделения полозьев от дорожек; четвертый – от конца третьего периода до момента остановки судна на воде.

При таком разделении можно выделить следующие наиболее опасные моменты спуска, которые необходимо учитывать в проведенном исследовании: опрокидывание, всплытие, соскок, удар судна о стапель или грунт.

Опрокидыванием или вращением вокруг порога называется вращательное движение судна около оси, перпендикулярной его диаметральной плоскости и проходящей через порог спусковых дорожек. На рисунке 1(а) изображен нормальный спуск судна, а на рисунке 1(б) – спуск с опрокидыванием. При опрокидывании давление судна на фундамент сосредоточивается на весьма малом участке возле порога, а так как величина его велика, то в результате могут произойти значительные повреждения корпуса судна.

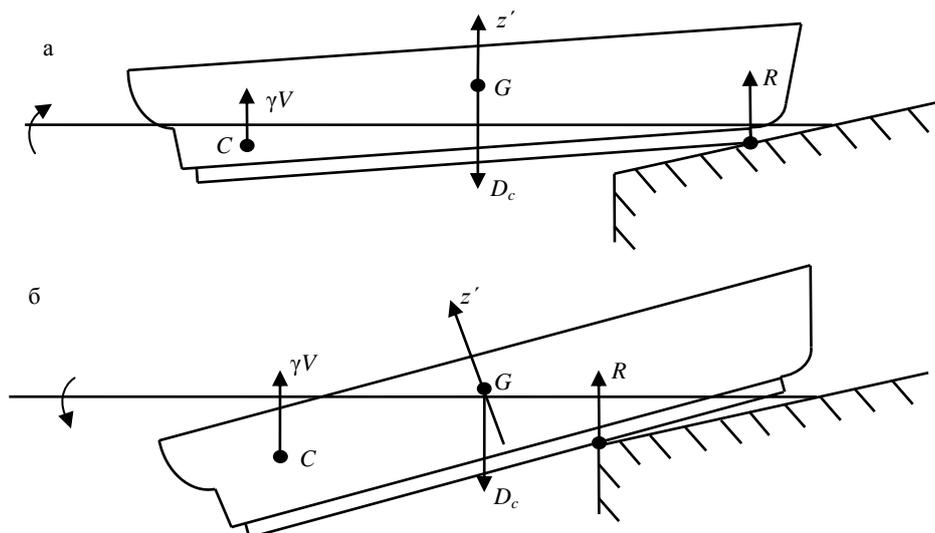


Рис.1. Сход судна с порога: а – нормальный; б – с опрокидыванием

Всплытием называется вращательное движение судна около оси, перпендикулярной диаметральной плоскости и проходящей через носовые

оконечности полозьев спусковых салазок. Вращение это может происходить лишь в направлении, при котором корма судна будет подниматься вверх.

Удар кормы о грунт. Под этим явлением понимается удар кормовой оконечности судна или полозьев о грунт при недостаточной глубине воды за порогом. В целях выявления возможности такого удара, необходимо путем предварительного расчета найти величину наибольшего погружения кормы во время спуска и положение судна на стапеле в этот момент.

Касание носа судна со стапелем. Под этим явлением понимается удар носовой оконечности судна о стапель в результате вращения судна в третьем периоде около носовых полозьев. Удар такого рода может произойти в том случае, когда носовая оконечность судна на значительной длине свешивается за полозья, когда нос судна мало поднят над стапелем и когда совместно с этими двумя обстоятельствами угол вращения судна при всплытии значителен.

Соскакиванием называется внезапное опускание носа судна в воду, происходящее после схода с дорожек носовых полозьев.

Остановка судна на стапеле после его перемещения на некоторую величину от начального положения. Стаскивание в воду застрявшего на стапеле судна требует больших затрат времени и средств, из чего следует, что работы по подготовке стапеля к спуску судна и спускового устройства должны выполняться самым тщательным образом.

Из вышеизложенного следует, что спуск судна с наклонных продольных стапелей, является очень сложным и неуправляемым процессом, зависящим от многих факторов. К его недостаткам также следует отнести: сложность расчета, изготовления и установки спусковых устройств; высокую трудоемкость изготовления и нанесения компонентов насалки на спусковые дорожки и устройства; необходимость в демонтаже спусковых устройств и сбору их на акватории после спуска судна; загрязнение акватории завода компонентами насалки.

При статическом исследовании спуска гидродинамические силы считают пренебрежимо малыми, так как судно перемещается по спусковым дорожкам с бесконечно малой скоростью. Основная задача статического исследования – установить положение судна, при котором возникает угловое перемещение – опрокидывание или всплытие. Представляет интерес возникающие при этом сосредоточенные силы, а также положение судна в любой точке пути при его движении по стапелю.

Результаты такого расчета, выполняемые с помощью масштаба Бонжана, можно представить графически в виде двух типов диаграмм – английской и французской. Построенные диаграммы спуска иллюстрируются численными примерами, исходные данные которых взяты для судна длиной 65 м со спусковым весом 860т. Уклон спусковых дорожек принят $\beta = 1/14$ или 0,07.

Английской диаграммой называется совокупность графиков, изображающих зависимость следующих величин от пути S , пройденного во втором периоде: силы веса D_c , силы плавучести γV , момента силы веса относительно заднего конца полоза M_D , момента силы плавучести относительно заднего конца полоза M_V , момента силы веса относительно порога M'_D , момента силы плавучести относительно порога M'_V . Английская диаграмма изображена на рисунке 2.

Французская диаграмма строится в предположении, что судно неподвижно, а уровень воды вместе с дорожками перемещается относительно судна. На рисунке 3 изображена французская диаграмма спуска, на которой графически представлена зависимость от углубления переднего конца полоза T_1 следующих величин: спускового веса D_c ; силы плавучести γV ; расстояния α от порога до линии центра тяжести спускового веса; абсциссы l равнодействующей силы N .

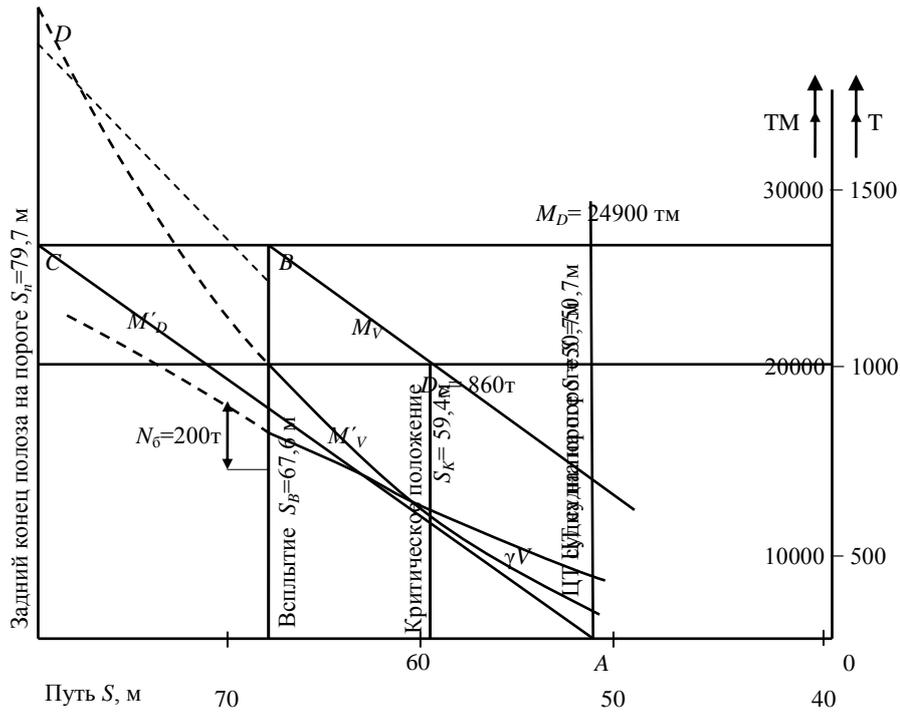


Рис. 2. Построенная английская диаграмма спуска судна

Французская и английская диаграммы представляют интерес в пределах между ватерлинией, проходящей через точку E, и ватерлинией всплытия.

При проектировании спуска нередко приходится вносить изменения в исходные данные расчета. Чаще всего это касается элементов весовой нагрузки D_c и положения центра тяжести x_G и глубины на пороге T_0 .

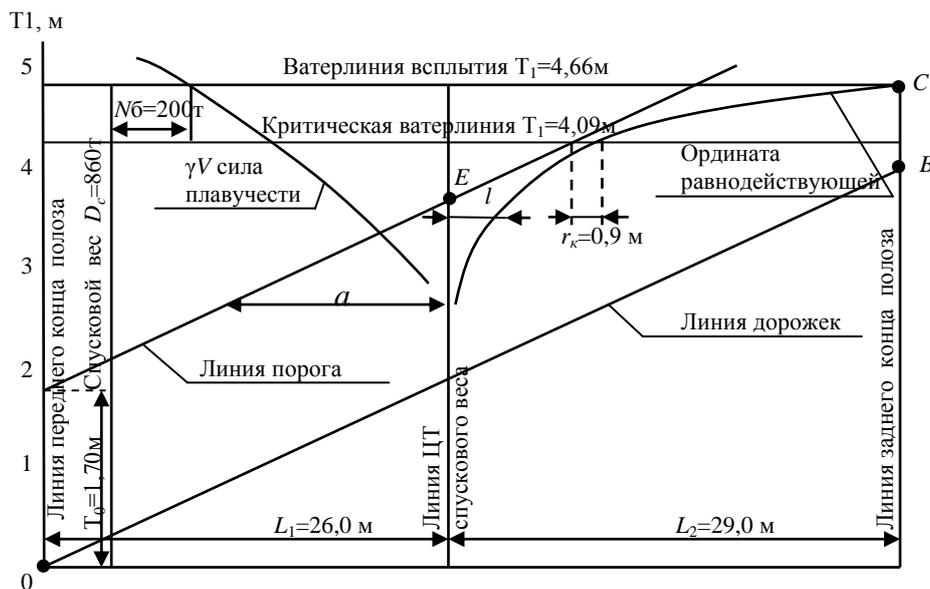


Рис. 3. Построенная французская диаграмма спуска судна

При изменении элементов весовой нагрузки на английской диаграмме изменяется положение горизонтальной прямой D_c и заново вычисляются положения горизонтальной прямой M_D и наклонной прямой. На французской диаграмме изменяется положение вертикальной прямой D_c и заново вычисляется кривая 1.

При изменении глубины на пороге на английской диаграмме заново вычисляются кривые, а на французской диаграмме переносится линия порога.

В рассмотренных случаях, особенно при изменении глубины на пороге, перестроить французскую диаграмму проще, чем английскую. Это относится и к случаю изменения длины носовой части полоза. Достоинством английской диаграммы является ее большая наглядность.

Кроме спуска судна на традиционных спусковых устройствах возможно применение пневматических баллонов предназначенных для спуска и подъема судов. Они широко используются для подъема и перемещения затонувших объектов и съема судов с мели. Надувные баллоны, изображенные на рисунке 4, имеют преимущество не только в трудозатратах и экономии времени, но и в финансовых затратах. При правильной эксплуатации они гибки, портативны и надежны. Технология спуска-подъема судов при помощи пневматических баллонов обеспечивает технико-экономичную альтернативу дорогим традиционным спусковым устройствам.

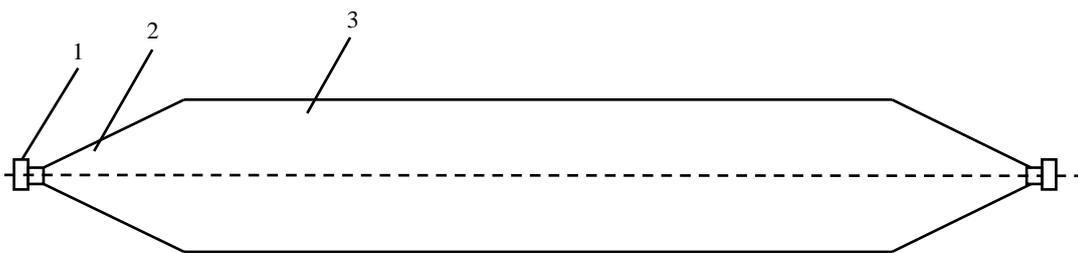


Рис. 4. Пневматический баллон:
1 – устье; 2 – головка; 3 – тело

Исследование спуска судна на пневматических баллонах может быть выполнено с помощью английской диаграммы. По сравнению с традиционными спусковыми устройствами пневматические баллоны во время спуска изменяют рабочую высоту. Следовательно, расчетные линии на масштабе Бонжана будут располагаться по отношению к основной линии под переменным углом.

Для определения параметров расчетных ватерлиний α и T_k предполагаем, что эти ватерлинии примыкают к основной линии в точках пересечения ее с теоретическими шпангоутами. Такое допущение правомерно и позволяет упростить расчет. Траектория движения судна на баллонах представляет собой окружность большого радиуса, поэтому замена ее на дугу параболы не вносит в расчет заметной погрешности. Далее расчет производится аналогично расчету спуска по прямым наклонным дорожкам. Результаты так же могут быть представлены в графическом виде, как показано на рисунке 2.

Вывод

Изучен технологический процесс спуска судов с продольного наклонного стапеля. Выполнен сравнительный анализ применения традиционных спусковых устройств и пневматических баллонов.

Пневматические баллоны по сравнению с традиционными спусковыми устройствами обладают высокой плавучестью, что при спуске дает дополнительный восстанавливающий момент и придает плавучесть судну с самого начала второго периода, что позволяет исключить опрокидывание судна. Вместе с тем, гибкость оболочки спускового баллона уменьшает риск повреждения корпуса судна и дорожек стапеля при спуске.

Литература

1. Совершенствование продольного спуска судов – Л., «Судостроение», 1978.
2. Власов В.Г. Спуск на воду – Л. –М., Онти, 1936

3. Волков Г.Н. Спуск судов на воду спусковые работы. / Практическое руководство для мастеров. Л.- М., Онти, 1935
4. Волков Г.Н. Стапеля и работа на них. [Учебное пособие] – государственное научно-техническое издательство – Л., «Судостроение», 1933
5. Курдюмов, А. А. Спуск судов [Текст] / А. А. Курдюмов, Ю. П. Белявин, А. А. Гайсенюк, М. К. Глозман, В. К. Глотов, В. В. Козляков, В. Ю. лей-зерман, В. Ф. Соколов. – Ленинград, 1969
6. Коломиец, И.Н., Инновационные технологии в отечественном судостроении [Текст] / И. Н. Коломиец, Л. С. Смирнова // Материалы междуна-родной науково-практической конференции «Современные проблемы и пути их решения в науке, транспорте, производстве и образовании '2010». – Одесса: УкрНИИМФ, 2010. – С. 41–42.
7. Рашковський О. С. Вдосконалення спуску суден зі стапеля «0» ПАТ «Чорноморський суднобудівний завод» [Електронний ресурс]/ О. С. Рашковський, Л. С. Смирнова //Електронне видання "Вісник Національного університету кораблебуду-вання ". – Миколаїв: НУК, 2011.–№5. – Режим доступу: <http://ev.nuos.edu.ua>.
8. Смирнова, Л. С. Особенности спуска судов на воду с наклонных продоль-ных стапелей на судостроительных заводах г. Николаева [Текст] /Л. С. Смирнова // Материалы VI студенческой научно-технической конферен-ции «Совершенствование проектиро-вания и эксплуатации морских судов и сооружений». – Севастополь: СевНТУ, 2011. – С. 68– 69.
9. Смирнова, Л. С. Совершенствование спуска судов на воду с наклонных продольных стапелей на судостроительных заводах г. Николаева /Л. С. Смирнова // Матеріали II міжнародної науково-технічної кон-ференції «Інновації в суднобудуванні та океанотехніці». – Миколаїв: Ви-давництво НУК, 2011. – С. 50-51.

10. Marine Air Bags [Електронний ре-сурс].– Режим доступу: <http://gcaptain.com/maritime/blog/air-bags-a-cost-effective-ship-launching-technique-interview/>.

11. Marine airbags [Електронний ре-сурс].– Режим доступу: <http://qingdaoyongtai.com>

12. Корабельный портал [Електронний ресурс].– Режим доступу: http://korabley.net/news/spusk_sudna_na_vodu/2012-07-25-1230

Дослідження технологічних особливостей узвозу судів з нахилами поздовжніх стапелях Л. С. Воленюк Фам Н.Б. Тунг, Усенко С.Ю., Шевчук О.Є.

Проведено статичне дослідження спуску судна з похилого поздовжнього стапеля. Виконано порівняльний аналіз розрахунку спуску судна з похилих стапелів на традиційних спускових пристроях і за допомогою пневматичних балонів. Побудовано діаграми спуску судна

*Analysis of ship launching technology from longitudinal inclined launching slipways
L. Volenyuk, Pham Nb Tung, Usenko O. Shevchuk O.*

Static treatise ship launching technology from longitudinal inclined launching slipways was conducted. Comparative analysis of calculating traditional ship launching technology and air bags ship launching technology was performed. Diagrams of ship launching were constructed.

УДК 339.137.2:338.432

УТИЛИЗАЦИЯ ТЕПЛА ДВИГАТЕЛЕЙ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ

М.Ю. Шатохин, асистент

А.П. Чопко, студент группы ЗМ 6

Николаевский национальный аграрный университет

В статье рассмотрены направления повышения экономичности и улучшение экологических показателей двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники путем утилизации тепла.

Ключевые слова: дизель, эффективность, мобильный энергетическое средство, утилизация.

Существуют две основные схемы утилизации вторичных энергетических ресурсов: обычная и глубокая. Долгие времена они разрабатывались преимущественно для судовых и стационарных энергетических установок.

Система обычной утилизации тепла обеспечивает потребителей только тепловой энергией. Система глубокой утилизации тепла служит для обеспечения потребителей тепловой и механической/электрической энергией.

Турбокомпаундные системы. Они могут быть механическими и электрическими. Использование механических турбокомпаундных систем позволила на режиме номинальной мощности достичь уменьшения удельного расхода топлива, % (в разрезе фирм): Caterpillar - 4,7; Cummins - 6; Scania - 5. Минимальная номинальная мощность двигателей, оборудованных механической турбокомпаундной системой составляет 235 кВт (дизель марки DSC1121 фирмы Scania, удельный расход топлива - 195 г/(кВт·год)).

Проводились подобные работы и в отношении отечественного дизеля СМД-31 (6ЧН12/14). Использование силовой турбины ТС-12,5 позволяет на 10% повысить мощность и 3,5% (или 8 г/(кВт·год) уменьшить удельный расход топлива.

Мощность силовой турбины зависит от номинальной мощности дизеля. Относительное ее значение построена на основании опытных данных фирмы Caterpillar Inc. приведена на рис.1.



Рис. 1. Залежність відносної потужності силової турбіни від номінальної потужності дизеля

Как видим, эта зависимость не линейная. Ее можно использовать для первоначального определения мощности силовой турбины.

Основным недостатком турбокомпаундных силовых установок является высокая сложность и стоимость специальной гидромеханической передачи. В связи с этим практический интерес вызывает использование силовой турбины для привода такого энергоемкого агрегата, вентилятор системы жидкостного охлаждения дизеля мощного мобильного энергетического средства. Возможность такого решения подтверждается тем, что на номинальной мощности дизеля с охлаждением надувочного воздуха (ОНД) на привод вентилятора системы жидкостного охлаждения расходуется до 7% его эффективной мощности. Это достаточно близко к мощности силовой турбины. Очевидно, что в данном случае использование специальной гидромеханической передачи не требуется.

Моделирование характеристик дизеля с ОНП типа 12ЧН13/14 номинальной мощностью 397 кВт установлено, что применение турбовентилятор для системы жидкостного охлаждения двигателя может обеспечить уменьшить удельный расход топлива на мощности от 45% до номинальной на 1,5% и 5,9%, соответственно, в сравнение с турбо-дизелем без силовой турбины. В диапазоне мощности двигателя от холостого хода

до 45% целесообразно использовать вспомогательный электропривод вентилятора (мощностью около 0,8 кВт) с периодическим режимом работы.

Рассмотрим возможную сферу использования дизелей с силовой турбиной сельскохозяйственной техникой. Очевидно, что для двигателей с номинальной мощностью менее 100 кВт турбокомпаундная система малоэффективна (рис.1). Номинальная мощность дизелей тракторов стран СНГ составляет, кВт: ХТА-300 - 183,8; Беларусь-3022ДВ - 222; К-710С - 236; К-704-4Р - 294. Таким образом, сегодня целесообразно использование турбокомпаундных двигателей на тракторах тягового класса не менее 5.

Литература

1. Гавриш В.И. Направления снижения затрат на топливо автомобильным транспортом в агробизнесе [Текст] / В.И. Гавриш // MOTROL 2007. – 2007. – Том 9А. – С.77-81
2. Гавриш В.И. Анализ экономической эффективности использования биоэтанола в автомобильных двигателях [Текст] / В.И.Гавриш, В.Е. Пылып // MOTROL 2008. – 2008. – Том 10В. – С.44-53.
3. Dennis W.Jadin. Super Truck – Development and Demonstration a Fuel Efficiency Class 8 Tractor&Trailer [Text] / Dennis W.Jadin, Ralph Nine // Engine Systems. DOE. MERIT REVIEW. Washington D.C. May 17, 2012.

Утилизация тепла двигателей зерноуборочных комбайнов М.Ю. Шатохин, А.П. Чопко

В статье рассмотрены направления повышения экономичности и улучшение экологических показателей двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники путем утилизации тепла.

Heat recovery engine combine harvesters M.Y. Shatohin, A.P. Chopko

The article discusses ways of increasing efficiency and improved environmental performance of internal combustion engines of agricultural machinery by heat recovery.

УДК 339.137.2:338.432

ШЛЯХИ ЗМЕНШЕННЯ ЗАТРАТ НА МОТОРНІ ПАЛИВА АВТОМОБІЛЬНИМИ ПІДПРИЄМСТВАМИ

М.Ю. Шатохін, асистент

С.Ю. Ніколайчук, О.П. Запорожець, студенти групи ЗМ 6

Миколаївський національний аграрний університет

В роботі зроблений аналіз можливих напрямків зниження витрат на паливо автомобільним транспортом аграрних підприємств. Розглянути варіанти застосування альтернативних палив.

Ключові слова: палива, автомобільний транспорт, витрати, альтернативні палива.

Витрати нафтопродуктів мають місце під час транспортування, зберігання та заправки машин, а також при нераціональному використанні техніки. Найбільші втрати виникають від наступних факторів, %: недостатня кваліфікація водіїв – 15...20; робота технічно несправних машин – до 25 [Гречкосій В.Д. 1988].

Для підвищення економічності вантажних автомобілів з бензиновими двигунами на них встановлюють дизельні двигуни.

Заміну можна провести майже на всіх автомобілях. Для цього використовують двигуни Д-240, Д-243, Д-245 тощо. Заміна двигунів на техніці, яка знаходиться в експлуатації потребує більших капіталовкладень. Досвід господарств Миколаївської області, наприклад, ВАТ «Миколаївське» засвідчив, що даний захід дозволяє зменшити витрати палива майже на 30 %.

Використання дизельного біопалива може суттєво знизити витрати на виконання транспортних операцій. Сільськогосподарські підприємства використовують його у виді суміші з нафтовим дизельним паливом. Досвід

свідчить, що в 2006 році метиловий ефір ріпакової олії був на 10...50% дешевшим за нафтове дизельне паливо та коштував 1,5...2,9 грн./л.

Значний економічний ефект дає використання скрапленого та стисненого природного газу. Однією з основних проблем використання газоподібних палив є забезпечення сільськогосподарських підприємств комплексами з заправки автотранспорту, впровадження яких потребує значних капіталовкладень.

Досвід ФГ «Токмачани» показав, що ця проблема може бути вирішена. Інвестиції в переобладнання автомобілів, мобільної сільськогосподарської техніки та пересувні газові заправники окупилися менш ніж за два роки.

Особливість переробки нафти полягає у тому, що неможливо виробництво тільки одного виду нафтопродуктів. Так нафтопереробні підприємства України мають наступний склад продукції, %: бензин – 20,5; дизельне паливо – 29,6; мазут – 34,4 [Горбов В.М. 2003]. Тому, на найближчу перспективу, суспільство буде використовувати бензинові двигуни на транспорті. У зв'язку з цим і сільськогосподарські підприємства будуть експлуатувати таку техніку.

Нафтопереробні підприємства прагнуть виробляти високооктанові бензину, з огляду їх більш високої прибутковості. Тому необхідно розробляти та застосовувати відповідні двигуни для вантажних автомобілів. Підвищення ступеню стиску до 10 дозволить приблизно на 15% знизити питому витрату палива. При цінах лютого 2007 року, це дозволить на 3,5% знизити витрати на паливо. Застосування двигунів з високим ступенем стиску дозволить підвищити ефективність застосування альтернативних палив з високим значенням октанового числа. Це газоподібні палива та спирти, в першу чергу етиловий.

Для заміщення нафтових палив у бензинових двигунах можна використовувати етиловий спирт. Він має великий потенціал, оскільки це екологічне чисте та поновлювальне паливо.

Етанол може використовуватись в різних співвідношення з бензином. У світі найбільш розповсюджений варіант, коли його вміст в суміші з бензином не перевищує 10%. Це дозволяє його використовувати в існуючих автомобілях без модернізації двигуна та паливної системи.

Експерименти, які були проведені в Миколаївському державному аграрному університеті, підтвердили, що паливо Е-10 можна використовувати без зміни в конструкції двигуна. Його використання дозволяє знизити притоми витрати палива на режимах малих навантажень.

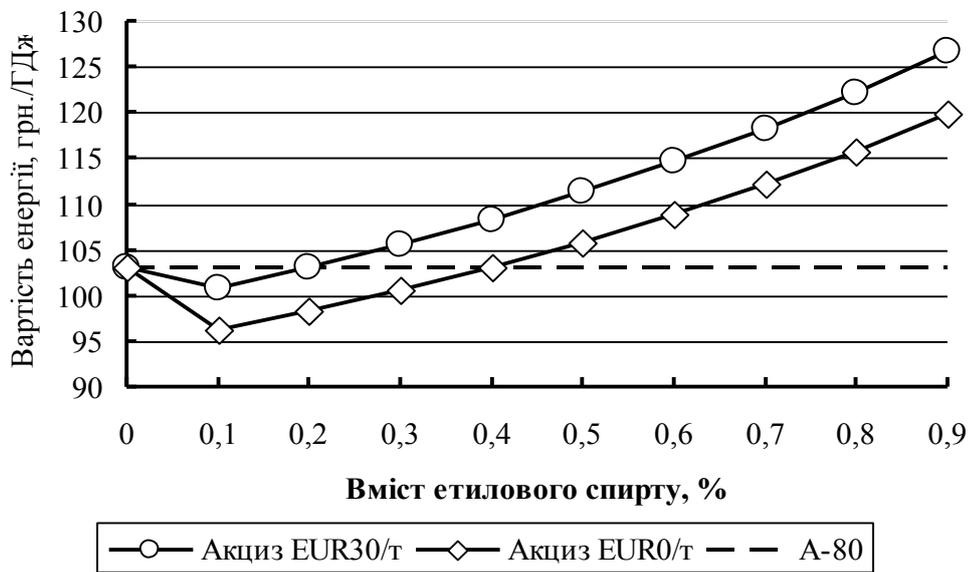


Рис. 1. Залежність вартості енергії від вмісту етилового спирту.

Залежність вартості енергії паливної суміші від вмісту етилового спирту наведена на рис. 1. В розрахунках була використана експортна ціна етилового спирту. При цінах, які склалися на ринку України в листопаді 2006 році, застосування Е-10, замість А-80, дає економічний ефект 6,6 %. Застосування нульової ставки акцизного збору, як це практикується в країнах ЄС та США, підвищує ефективність до 18 %.

Незважаючи на те, що економічний ефект від застосування етилового спирту відносно малий, це може бути найбільш перспективним напрямком з огляду на те, що це відновлювальний вид палива. Для

покращання економічних показників по його застосуванню, необхідно звільнити його виробництво від податків.

На початковій стадії виробництва біопалив цілком логічною та виправданою є протекціоністська політика держави. Так, в Бразилії та США податкові пільги на спирто-бензинові суміші становлять USD0,135/л, а в деяких країнах ЄС пільги ще більші.

Для забезпечення виробництва етилового спирту за прийнятними цінами необхідно зруйнувати монополію концерну «Укрспирт». Так, у США 60 % заводів з виробництва етанолу належать винятково фермерам. Це дозволяє виробляти біопаливо в вертикально-інтегрованих підприємствах та мінімізувати витрати на його виробництво.

Література

1. Горбов В.М. 2003: Енергетичні палива. УДМТУ, 328 с.
2. Гречкосій В.Д. 1988: Довідник сільського інженера. Урожай, 360 с.
3. Червен І.І., Євчук Л.А. 2005: Забезпечення конкурентоспроможності і економічного зростання регіонального АПК. МДАУ, 440 с.

Шляхи зменшення затрат на моторні палива автомобільними підприємствами М.Ю. Шатохін, С.Ю. Ніколайчук, О.П. Запорожець

В роботі зроблений аналіз можливих напрямків зниження витрат на паливо автомобільним транспортом аграрних підприємств. Розглянути варіанти застосування альтернативних палив.

Ways of reducing the cost of motor fuel automobile enterprises M.Y. Shatohin, S.Y Nikolaichuk, A.P. Zaporozhets

In this paper, an analysis of possible areas of cost reduction in fuel by road agricultural enterprises. Consider options for alternative fuels.

ЗМІСТ

Д. Д. Марченко Причини зношування пар тертя та методи підвищення їх довговічності обкатуванням роликami.....	5
М.В. Завірюха, М.Ю. Шатохін Обґрунтування кінематичних параметрів подрібнювального апарату протягу вального типу.....	11
Б. И. Бутаков, В. А. Артюх, С. С. Креминский Технологическое обеспечение качества обработки поверхностным пластическим деформированием.....	23
Б. И. Бутаков, В. А. Артюх, Лабораторные исследование износостойкости пар трения стальной вал и бронзовый вкладыш при различных режимах обкатывания роликami.....	38
О.О. Плахтир, Я.В. Радченко Порівняльний аналіз матеріаломісткості варіантів трифазних просторових електромагнітних систем.....	56
І.А. Шишлов, О.В. Хвощан Перспективи розвитку лічильників електроенергії.....	66
І.В. Бацуровська, Я.Е. Андрющенко Технологія створення вебінарів.....	73
Рибка Є.Ю., Подборський О.О., О.А. Горбенко Застосування розрідженого повітря у робочій камері кормодробарок ударно-стираючої дії для зменшення енергоємності процесу.....	80
О.О. Басьонок, О.А. Горбенко Механізація технологічного процесу переробки м'ясної сировини з вдосконаленням обладнання для подрібнення.....	85
Б.С. Коваленко, М.М. Бицюкін, О.А. Горбенко, А.С. Пастушенко, О.І. Норинський Аналіз відомих конструкцій луцильних машин.....	89

І.Ю. Деркач , А.В. Боднар , В.І. Гнатко, О.А. Горбенко Аналіз засобів механізації отримання насіння баштанних культур.....	92
Д.І. Кондря, О.В. Болгов , С.С. Мельник , О.А. Горбенко , В.В. Стрельцов Дослідження технологічного процесу переробки олійних культур з обґрунтуванням вибору машини для шеретування насіння.....	96
С.Є. Фомин , А.Д. Поставнюк , О.І. Норинський Технологія переробки молока в питне молоко.....	100
І.Г. Тарасов , А.О. Удовика , В.В. Ігнат'єв , О.Б. Камишева , О.А. Горбенко , В.В. Стрельцов Розробка технологічної схеми виробництва пшеничного борошна	106
С.В. Петров, К.В. Дубовенко Розробка електроенергетичної системи роботизованого всюдихода.....	109
Д.О. Захаров , І.О. Доброхлоп Розробка схеми технологічного процесу електроплазмолізу для виробництва соків.....	114
Д.О. Захаров , О.В. Кубінець , А.С. Обухов Розробка камери озонатора для знезараження куриних яєць	117
Д.О. Захаров , М.В. Лисюк Моделювання параметрів ємнісного ділильника напруг	122
С.С. Череповский, А.С. Череповска Аналіз зовнішніх структурно-формуючих параметрів осевої магнітно-імпульсної обробки расплава.....	127
О.С. Кириченко Електродинамічна стійкість ізоляторів і шин при коротких замиканнях.....	135
М.С. Шворінь , О.П. Гнат'єв, Г.О. Іванов Вплив відхилів форми і розташування поверхонь, хвилястості і шорсткості на якість виробів і експлуатаційні показники машин.....	139

О. Ващинська , Л. Ксеник , І.С. Павлюченко	Покращення технологічних властивостей ґрунту при використанні технології NO-TILL	144
А.В. Вілянська , П.М. Полянський	Азотування зубчастих коліс	146
В.С. Некрасов , П.М. Полянський	Антифрикційні сплави для виготовлення вальниць кочення.....	152
О.С. Владимиров , П.М. Полянський	Металокерамічні фрикційні матеріали.....	161
С.М. Бурик, С.М. Воробйов, А.П. Галєєва, Д.Д. Марченко	Підвищення довговічності паливних насосів високого тиску шляхом нанесення покриттів та їх модернізації.....	164
В.О.Дейнега, Д.С.Ужва, Д.Д. Марченко	Дослідження та розробка технологій нанесення покриттів на деталі машин з метою підвищення їх надійності	170
С.А Канахов, А.М. Рябий, А.П. Галєєва, Д.Д. Марченко	Підвищення якості обробки деталей машин за допомогою різального і абразивного інструментів	177
Є.І. Мордецький, Д.Д. Марченко	Удосконалення очищення палива з метою підвищення ресурсу плунжерних пар паливних насосів дизелів.....	183
Усенко С.Ю, Гавриш В.І,	Вібраційний висівний апарат сівалки.....	188
С.М. Шкідін, Бондарчук А.А, Варзацький В.В, А.П. Галєєва	Обґрунтування робочих режимів вібраційного копача коренеплодів цукрового буряку	192
С.В. Камінський., Ветлов М.І., Галадим С.В., А.П. Галєєва	Пристрій для транспортування і очищення коренеплодів кормових буряків.....	197

А.М. Парня, С.В. Зелинський , В.М. Капуста , А.П. Галєєва Дослідження тягового опору пасивних робочих органів комбінованого ґрунтообробного знаряддя.....	203
В.Ю. Мороз, О.О. Керціцький , А.М. Кривенко , А.П. Галєєва Дослідження нерівномірності висіву насіння розподільниками вертикального типу	211
Я.С. Гешко, О.Л. Лазов , М.Ю. Мащенко , А.П. Галєєва Модернізація конструкції сошника для різноглибинного посіву баштанних культур.....	217
О.О. Євко, В.О. Михайлов , В.В. Онищенко , А.П. Галєєва Дослідження процесу різання стебел кукурудзи інтегрованим різальним апаратом.....	223
О.В. Ковальчук, А.О. Стоянова , А.С. Ткаченко , А.П. Галєєва обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів сепаратора картопляного вороху.....	229
Л. С. Воленюк, Н.Б. Фам, С.Ю. Тунг, О.Є. Шевчук Исследование технологических особенностей спуска судов с наклонных продольных стапелей.....	234
М.Ю. Шатохин, А.П. Чопко Утилизация тепла двигателей зерноуборочных комбайнов	243
М.Ю. Шатохін, С.Ю. Ніколайчук, О.П. Запорожець Шляхи зменшення затрат на моторні палива автомобільними підприємствами.....	247

Наукове видання

ПЕРСПЕКТИВНА ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ – 2015

Матеріали XI Міжнародної науково-практичної конференції
молодих учених, аспірантів і студентів,
22-24 вересня 2015 р.
м. Миколаїв

Технічні редактори: Д.Д. Марченко

Комп'ютерна верстка: Л.Д. Мусакадієва

Формат 60x84/16. Ум. друк арк. 8,88
Тираж 200 прим. Зам. №1.9/2015

Надруковано у видавничому відділі
Миколаївського національного аграрного університету
54020, м. Миколаїв, вул. Паризької Комуни, 9

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №4490 від 20.02.2013 р.