

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**  
**ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ**  
Кафедра «Технології та обладнання переробних і харчових виробництв»

**М А Т Е Р І А Л И**  
**V ВСЕУКРАЇНСЬКОЇ НАУКОВО-ПРАКТИЧНОЇ**  
**ІНТЕРНЕТ-КОНФЕРЕНЦІЇ**  
**«ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАШИНИ У**  
**ПЕРЕРОБНОМУ ТА ХАРЧОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»**

24-26 листопада 2021 року  
(реєстраційне посвідчення УкрІНТЕІ №870 від 17 грудня 2020 р.)

Полтава 2021

Рекомендовано до друку кафедрою «Технології та обладнання переробних і харчових виробництв» Полтавської державної аграрної академії  
Протокол № 4, від 20.12.2021 р.

**Редакційна колегія:**

**Падалка В. В.**, кандидат технічних наук, доцент;

**Арендаренко В. М.**, кандидат технічних наук, доцент;

**Скрипник В. О.**, доктор технічних наук, професор;

**Іванов О. М.**, кандидат технічних наук, доцент.

УДК 631

Енерго- і ресурсозберігаючі технології та машини у переробному та харчовому виробництві: Матеріали Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції, 24-26 листопада 2021 р. – Полтава: Полтавський державний аграрний університет, 2021. – 93 с.

Викладено результати теоретичних та експериментальних досліджень інженерно-технічних проблем аграрного виробництва.

Для наукових працівників, фахівців аграрного виробництва, аспірантів, магістрів і студентів інженерних спеціальностей.

© Полтавський державний аграрний університет, 2021

© Кафедра «Технології та обладнання  
переробних і харчових виробництв», 2021

## ЗМІСТ

|                                                                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Лапенко Т.Г., Бутко Р. В.</b><br>СПОСОБИ ПОСІВУ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР .....                                                                                                          | 6  |
| <b>Дудник В. В., Данелейко І. І.</b><br>РЕЖИМИ СУШКИ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ .....                                                                                                          | 8  |
| <b>Общий Я. О., Кисіль Ю. Ю., Іванкова О. В.</b><br>ДО ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАСТИЧНОГО<br>ДЕФОРМУВАННЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ<br>СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ ..... | 11 |
| <b>Дудник В. В., Кибкало А. М.</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА НЕРІВНОМІРНОСТІ<br>ПОДАЧІ ПАЛИВА ПО СЕКЦІЯХ ВІД ОБОРОТІВ КУЛАЧКОВОГО<br>ВАЛУ НАСОСА ВИСОКОГО ТИСКУ .....        | 14 |
| <b>Дудник В. В., Кулик Я. С.</b><br>ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ РОТОРНОЮ<br>ДРОБАРКОЮ З УРАХУВАННЯМ ЗНОСУ ПРОТИВОРІЗУ .....                                               | 17 |
| <b>Лапенко Т. Г.</b><br>ЛІДЕРСЬКІ ЯКОСТІ КЕРІВНИКА .....                                                                                                                            | 20 |
| <b>Лапенко Т. Г., Дударь Н. І.</b><br>УМОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СЛУЖБИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....                                                                                               | 23 |
| <b>Дудник В.В., Прокопенко К. А.</b><br>ВПЛИВ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО<br>ВИСІВНОГО АПАРАТУ НА ЗМІНУ КІЛЬКОСТІ ВИСІВНОГО<br>НАСІННЯ СОЇ .....                              | 26 |
| <b>Вустименко Д. С., Падалка В. В.</b><br>ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ҐРУНТООБРОБНОЇ ФРЕЗИ<br>В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КАРТОПЛІ .....                                              | 29 |
| <b>Задорожний В. П., Падалка В. В.</b><br>ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ<br>ВИСАДЖУВАННЯ РОЗСАДИ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР .....                                                    | 33 |

|                                                                                                                                                                                                             |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Кісіленко В. О., Падалка В. В.</b><br>ОБҐРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОГО<br>ПОДРІБНЮВАЧА КОРМІВ .....                                                                                      | 37 |
| <b>Щелудченко С. А., Щербаков Р. В., Арендаренко В. М.</b><br>СТІЙКІСТЬ ЗЕРНА ДО МЕХАНІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ.....                                                                                                | 40 |
| <b>Шкорина А. А., Падалка В.В.</b><br>ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ АГРЕГАТУ ДЛЯ ДОГЛЯДУ<br>ЗА БАГАТОРІЧНИМИ НАСАДЖЕННЯМИ.....                                                                               | 43 |
| <b>Шостак В. В., Скрипник В. О.</b><br>ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО<br>РОЗПОДІЛЮВАЧА ЗЕРНА.....                                                                                           | 47 |
| <b>Щербаков Р. В., Шелудченко С. А., Арендаренко В. М.</b><br>РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОБЕРЕЖНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ<br>СИЛОСІВ ЗЕРНОВИМ МАТЕРІАЛОМ .....                                                            | 51 |
| <b>Ярмакович С. О., Скрипник В. О.</b><br>УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБЖАРЮВАННЯ М'ЯСНОЇ<br>СИРОВИНИ У ВАКУУМНИХ ТЕРМОПАКЕТАХ .....                                                                              | 53 |
| <b>Медяник В. В., Костенко О. М., Дрожжана О. У.</b><br>ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ОЛІЇ.....                                                                                                           | 57 |
| <b>Фастівець О., Пащенко О., Михайлець А. Б., Корж В. О., Велит І.А.</b><br>УДОСКОНАЛЕННЯ ПОТОКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ<br>ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ НА МОЛОЧНІЙ ФЕРМІ .....                                       | 60 |
| <b>Жмаєв Є. О.</b><br>ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОДНОРІДНОСТІ<br>ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ГОТОВОГО ПРОДУКТУ ПРИ<br>ПОДРІБНЕННІ ЗЕРНА.....                                                             | 64 |
| <b>Пащенко О., Михайлець А. Б., Фастівець О., Корж В. О., Велит І.А.</b><br>УДОСКОНАЛЕННЯ ПОТОКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ<br>РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОФЕРМІ З ВИКОРИСТАННЯМ<br>КОРМОРОЗДОВАЧА ЗМІШУВАЧА ..... | 66 |

|                                                                                                                                                                        |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| <b>Бурсова М. А., Шадян А. В.</b><br>РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ<br>НАГРІВУ КОРЕНЕПЛОДІВ .....                                                     | 71 |
| <b>Боровик В. А., Гречко В. О., Перфілов О. О., Тумко В. І.</b><br>КІНЕМАТИКА РУХУ ЗЕРНА ПО РУХОМІЙ РОБОЧІЙ ПОВЕРХНІ<br>РЕШЕТА СЕПАРАТОРА .....                        | 76 |
| <b>Коробка О. О., Васецький Я.В.</b><br>ВИЗНАЧЕННЯ КОРИСНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ<br>ПОДРІБНЮВАЧА.....                                                          | 85 |
| <b>Іванов О.М., Костенко О. М., Сімонов К. В.</b><br>ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДґРУНТЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ<br>ГРАВІТАЦІЙНОГО РУХУ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ПРИ ЙОГО<br>ЗАВАНТАЖЕННІ В БУНКЕР ..... | 89 |

ЛАПЕНКО Т. Г., кандидат технічних наук, доцент

БУТКО Р. В., магістрант

*Полтавський державний аграрний університет*

## СПОСОБИ ПОСІВУ ПРОСАПНИХ КУЛЬТУР

Просапні культури сіють рядовим способом, тобто насіння розміщують на полі рядками. При посіві відстань між насінням в ряду (крок посіву) і між рядами (ширина міжрядь) вибирається на підставі рекомендованої площі живлення.

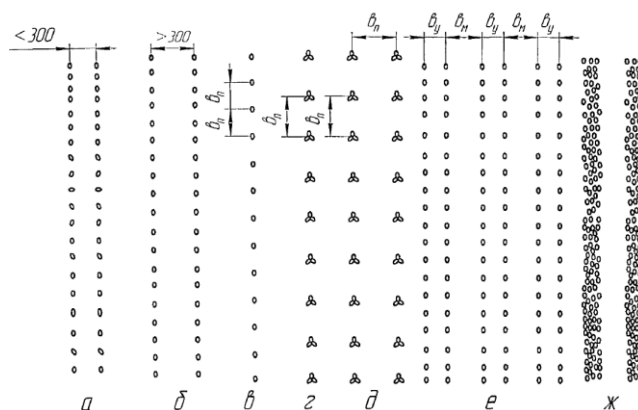
Міжряддя - це проміжок (відстань) між двома сусідніми рядами.

Площа живлення - площа поля, що приходить на одну рослину. Це найважливіший показник, що визначає врожайність і якість продукції, стійкість рослини до заростання бур'янами [1, 2]. Вивчення впливу площі живлення на врожай займалися багато вчених, серед найвідоміших М.Є. Вольні, В.І. Єдельштейн, Д.Н. Прянішніков. Вони дослідним шляхом довели що, при надмірно загущених посівах одна рослина пригноблює іншу, а при проріджених - не використовується уся площа поля, на якій потім розростаються бур'яни, усе це призводить до зниження врожайності [3, 4].

Існує кілька способів посіву просапних культур за схемами [1, 2].

По розташуванню рядів на полі.

Рівно міжрядний посів, якщо усі міжряддя ( $v_m$ ) однакові (рис. 1). Він буває вузькорядний (рис. 1 а), широкорядний (рис. 1 б).



а - вузькорядний; б - широкорядний; в - точний (пунктирний);

г - гніздовий; д - квадратно-гніздовий; е - стрічковий; ж - смуговий

Рисунок 1 – Схеми розміщення насіння на полі при різних способах посіву

Стрічковий, при якому звужені міжряддя ( $v_u$ ) (рис. 1 е) чергуються з розширеними ( $v_m$ ), які потрібні для проходу коліс (гусениць) тракторів, сільськогосподарських машин при догляді за посівами і прибиранні.

По розміщенню насіння в ряду.

При чітко заданій відстані між насінням ( $v_n$ ) отримують пунктирний, точний рядовий посів (рис. 1 в). Його виконують сівалками точного посіву. Коли висіюють разом по дві і більше насінини, то такий посів називають гніздовим (рис. 1 г), якщо відстань між гніздами ( $v_{\text{гн}}$ ) дорівнює відстані між рядами ( $v_m$ ) - квадратно-гніздовим (рис. 1 д). Якщо ж відстань між насінням не впорядкована, то такий посів називають неупорядкованим або звичайним.

При обробі просапних культур передпосівну обробку проводять по усьому полю, незалежно від розташування рядків. При цьому використовувані ґрунтообробні машини типу КПС- 4, вони мають жорсткі рами, до яких робочі органи кріпляться за допомогою шарнірної підвіски. На нерівностях при підйомі рами разом з копіюючими колесами робочі органи стають «на п'яту» (рис. 2) і вглиблюються, а при опусканні «на носок» - заглиблюються.



Рисунок 2 – Схеми роботи лап, культиватора з дволанковою підвіскою.

Витримати необхідну стабільність глибини обробки складно. Це призводить до недружних, невірвняних сходів (рис. 3 а).

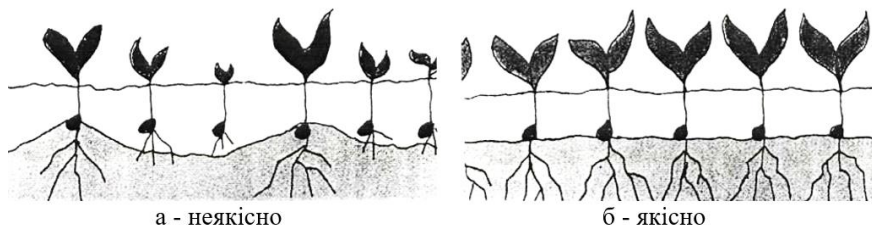


Рисунок 3 – Вплив передпосівної обробки на сходи.

Поліпшення якісних показників досягається за рахунок ведення індивідуальної обробки зони рядків, відокремивши її від обробки ґрунту

на іншій площі. При цьому повинна використовуватися чотирьох-ланкова підвіска ґрунтообробних робочих органів, що забезпечує вирівняне насіннєве ложе (рис. 3 б).

Встановлено, що для об'ємного контакту насіння з ґрунтом, яке покращує їх набрякання і проростання, розміри грудочок ґрунту в зоні насіння мають бути не більше 10 мм, тобто однакові з розмірами висіяного насіння. Для виключення ерозійних процесів, зниження випарування ґрунтової вологи і поліпшення аерації розміри грудочок у верхньому шарі, над насінням, повинні складати 10...16 мм, тобто в зоні посіву повинні створюватися шар ґрунту з різним фракційним складом [2].

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Руденко Н.Е. Сеялки для посева семян пропашных культур. Ставрополь, 2005. 71 с.
2. Руденко Н.Е. Механизация ухода за пропашными культурами. Ставрополь, 2005. 88 с.
3. Эдельштейн В.И. Овощеводство. Москва, 1962. 438 с.
4. Wollny M. Der Einfluss der Pflanzendecke und Beschattung auf die physikalischen Eigenschaften und die Fruchtbarkeit des Bodens. Berlin, 1877. 345 p.

---

ДУДНИК В. В., кандидат технічних наук, доцент  
ДАНЕЛЕЙКО І. І. магістрант  
*Полтавський державний аграрний університет*

### **РЕЖИМИ СУШКИ ЗЕРНА КУКУРУДЗИ**

Аналіз стану техніки і технології сушіння зерна кукурудзи свідчить про необхідність розробки нових, прогресивних технологій і технічних засобів сушіння, що дозволяють гарантувати екологічну чистоту продукції, знизити енергоємність процесу, поліпшити організацію виробництва. Проведені теоретичні дослідження показали, що одним з ефективних шляхів вирішення завдання збереження зібраного при

несприятливих погодних умовах врожаю є створення сушильних установок, які здійснюють сушку зерна. Використання методу зневоднення продуктів дозволяє значно прискорити процес сушіння.

Теплову сушку зерна слід розглядати не тільки як засіб для зниження його вологості, але і як найважливіший фактор поліпшення його якості. При тепловій сушці зерна відбуваються певні біохімічні процеси, в результаті яких змінюються біохімічні, фізико-хімічні та технологічні властивості. В режим сушки входить поєднання чинників, що впливають на процеси сушіння: температура і вологість теплоносія, тривалість впливу теплоносія на зерно кукурудзи, початкова вологість зерна, швидкість фільтрації теплоносія, питома подача теплоносія, товщина шару зерна, температура нагріву зерна кукурудзи, характер зміни температури теплоносія [1].

Залежить якість продукції від способів і режимів сушіння. Процес сушіння кукурудзи відрізняється високою енергоемністю і енерговитрати, які помітно зростають зі збільшенням початкової вологості.

Під режимом сушіння зерна розуміють певне поєднання наступних параметрів: температура теплоносія ( $t_{ar.c}$ ); максимальна температура нагріву зерна ( $t_{max.зерна}$ ); час перебування зерна в нагрітому стані (експозиція сушіння  $\tau$ ); швидкість руху теплоносія (швидкість фільтрації  $v_{ar.c}$ ); відносна вологість теплоносія ( $d_{ar.c}$ ).

Для різних фаз стиглості рекомендують такі температурні режими сушіння насіння кукурудзи [2]: пізня молочна стиглість  $t_{ar.c}=40...45^{\circ}\text{C}$ ; воскова стиглість  $t_{ar.c}=45...50^{\circ}\text{C}$ ; повна стиглість  $t_{ar.c}=50...55^{\circ}\text{C}$ .

При сушінні зерна кукурудзи пізньої, молочної та повної воскової стиглості з відносною вологістю 55...57% температура  $t_{ac}$  повинна дорівнювати 40...45° С [3]. Для сушіння зерна кукурудзи в будь-якій стиглості температура  $t_{ac}$  більше 55° С неприпустима. Автори [3, 4] рекомендують такі режими сушіння зерна кукурудзи при вологості:

$$\begin{aligned} w < 18\% \quad t_{ac} &= 52,5^{\circ}\text{C}; \quad w = 25\% \quad t_{ac} = 47,5^{\circ}\text{C}; \quad w = 35\% \quad t_{ac} = 42,5^{\circ}\text{C}; \\ w = 18\% \quad t_{ac} &= 50^{\circ}\text{C}; \quad w = 30\% \quad t_{ac} = 45^{\circ}\text{C}; \quad w = 40...50\% \quad t_{ac} = 40^{\circ}\text{C}. \end{aligned}$$

Як розглянуто в роботі [5], за кордоном застосовуються занижені режими сушіння кукурудзи. Так, в Англії максимальна температура  $t_{ac}$  не перевищує 43° С. З вищевикладеного випливає, що чим менше води міститься в зерні, тим вищі температури воно витримує без погіршення

біологічних і фізичних властивостей [4]. При зазначених режимах підвищується енергія проростання і схожість насіння.

У процесі сушіння на підприємствах чергують нагрівання та охолодження зерна. При такому режимі зерно кукурудзи піддається найменшому нагріванню. У приграничних шарах при подачі повітря для охолодження, протягом якого температура різко знижується, підвищується кількість травмованого зерна. Поява тріщин, негативно впливають на насіннєві та поживні якості зерна кукурудзи. При сушінні створюються кращі умови для зневоднення зерна з проміжним відлежуванням, протягом якого відбувається перерозподіл вологи з внутрішніх шарів в зовнішні, тому знімання вологи відбувається інтенсивно.

При виборі режимів сушіння слід враховувати досить міцний зв'язок вологи з сухою речовиною зерна. При підвищенні температури і швидкості теплоносія, як правило, не приводить до бажаного результату, зерно швидко нагрівається до граничної температури, не встигаючи віддати необхідну кількість вологи [5]. Якість матеріалу, зерна що висушується залежить від механізму перенесення вологи. Режим сушіння можна вважати ідеальним коли зона випаровування знаходиться біля поверхні зерна. В цьому випадку волога переміщається всередині зерна у вигляді рідини, перегрів поверхні виключається і це гарантує збереження якості. Необхідно забезпечити умову, коли волога буде віддалятися з внутрішніх областей зерна, а маса вологи на поверхні не змінюється.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Лыков А.В. Теория сушки. Москва, 1968. 331 с.
2. Бакиев И.Т. Установка конвейерного типа для сушки трудно высушиваемых материалов. *Аграрная наука на современном этапе*, 2002. Вып. 3. С. 343-344.
3. Mulbauer W., Stahl T., Novack W. Comparison of high- and low-temperature viheat drying management proudures. *Paper of ASAE*, 1982. № 82. P. 18.
4. Бакиев И.Т. Интенсификация процесса сушки початков кукурузы: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Уфа, 2005. 136 с.

5. Бакиев И.Т. Энергосберегающая сушильная установка непрерывного действия для сушки початков кукурузы. *Материалы XI междунар. науч.-техн. конф.*. Челябинск, 2002. Ч. 2 С. 266.



ОБШИЙ Я. О., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
КИСІЛЬ Ю. Ю., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
ІВАНКОВА О. В., кандидат технічних наук, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*

### **ДО ПИТАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЗАСТОСУВАННЯ ПЛАСТИЧНОГО ДЕФОРМУВАННЯ ПРИ ВІДНОВЛЕННІ ДЕТАЛЕЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ**

Актуальність підвищення довговічності деталей машин ґрунтується на необхідності підвищення ресурсу сільськогосподарської техніки [1, 3].

Через недостатню довговічність деталей і вузлів машин існує необхідність проведення ремонтів. В результаті маємо високі затрати праці та запасних частин. Це здорожчує послуги технічного сервісу. У зв'язку з цим актуальними здаються дослідження по ефективності застосування пластичного деформування при відновленні деталей сільськогосподарської техніки.

У літературі є ряд робіт, що відображають дослідження підвищення довговічності деталей аграрної техніки. Питання поверхневого зміцнення на їх зносостійкість досліджені такими науковцями, як: Анілович В.Я., Войтюк В.Д., Єрмолов Л.С., Молодик М.В., Петров Ю.Н., Черноіванов В.І, Скобло Т.С. та іншими. Ними були сформульовані основні вимоги а також технологічні основи підвищення рівня довговічності техніки, що гарантують задані властивості їх поверхні.

Отже, методи поверхневого зміцнення деталей машин є одним із напрямків підвищення довговічності техніки, які гарантують отримання заданих властивостей їх поверхонь.

Найбільш поширені способи зміцнення пластичною деформацією при виготовленні та ремонті деталей машин [1, 2]: обкатка робочих поверхонь кульками або роликами; алмазне вигладжування робочих поверхонь; зміцнення наклепуванням; - вібраційна роздача деталей типу втулок: обробка струменем з твердими частками; ультразвукове зміцнення; статико-імпульсна обробка.

Хоча усі способи зміцнення пластичною деформацією при виготовленні та ремонті деталей машин не є рівноцінними, але всі вони часто використовуються у виробництві деталей та у галузі технічного сервісу. Усі способи відрізняються високими: ефективністю, економічністю та технологічністю. Поверхнєве пластичне деформування дозволяє отримати покращені показники якості обробленого шару деталей.

На кафедрі технологій та засобів механізації аграрного виробництва Полтавського державного аграрного університету довгий час проводяться дослідження рівня ефективності впливу вібраційних коливань на процес пластичного деформування при роздачі деталей типу втулок. Вони направлені на підвищення зносостійкості та довговічності відновлених деталей і на зниження затрат на ремонт [2,3].

Дослідження проводяться на зношених деталях машин, зокрема, на поршневих пальцях двигунів внутрішнього згорання, бронзових втулках рідинних насосів, втулках висівних апаратів зернових сівалок та кормороздавачів, втулках натяжних пристроїв гноєрозкидачів. Деформування здійснюється на експериментальній установці для вібраційного деформування деталей [3, 4].

В результаті математичної обробки експериментальних даних були отримані емпіричні залежності зусилля деформування від припуску на обробку, коефіцієнта деформації втулки по зовнішньому діаметру та кута нахилу твірної пуансона для відновлення без вібрації та з вібрацією.

На основі проведених досліджень параметрів технологічного процесу ППД виявлені технологічні фактори, які впливають на якість відновленого шару, а також сприяють підвищенню ефективності процесу деформування.

В результаті математичної обробки експериментальних значень параметрів технологічного процесу, нами одержані емпіричні залежності

параметрів режиму: зусилля деформування від припуску ( $\Pi$ ) обробки, від кута ( $tg \beta$ ) нахилу твірної інструмента, від коефіцієнта ( $K_L$ ) деформації по зовнішньому діаметру деталі. Ці залежності виведені для деформування відповідно без вібрації та з вібрацією (табл. 1).

Таблиця 1 - Емпіричні залежності зусилля деформування деталей

| Деталь                                          | Зусилля деформування                        |                                            |
|-------------------------------------------------|---------------------------------------------|--------------------------------------------|
|                                                 | без вібрації                                | з вібрацією                                |
| Втулки ролика кар-топлекопачів КТН-2В           | $P = K_L [18,94(0,4 + tg\beta)\Pi + 4,002]$ | $P = K_L [70,83(0,4 + tg\beta)\Pi + 3,41]$ |
| Втулки рідинних насосів                         | $P = K_L [(0,7 + tg\beta)\Pi + 52,2]$       | $P = K_L [(0,4 + tg\beta)\Pi + 42]$        |
| Втулки натяжних пристроїв гноєрозкидачів ПТР-10 | $P = K_L [8,4(1,1 + tg\beta)\Pi + 12,26]$   | $P = K_L [45,74(1,1 + tg\beta)\Pi + 7,99]$ |

**Висновки.** Одержано залежність залишкової деформації від величини припуску при деформуванні деталей - втулок. Розроблені емпіричні залежності зусилля деформації від: припуску, кута нахилу твірної пуансона, коефіцієнта деформації втулки по зовнішньому діаметру. Приведені залежності можуть бути застосовані (з достатнім ступенем точності) для визначення зусилля при деформуванні деталей з низько і середньо вуглецевих, легованих сталей шляхом введення коефіцієнтів, пропорційних модулям пружності.

Використання при відновленні зношених деталей машин запропонованих параметрів режиму пластичного деформування дозволяє ефективно здійснювати відновлення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Dudnikov A. A., Dudnik V. V., Ivankova O. V., Burlaka O. A. Substantiation of parameters for the technological process of restoring machine parts by the method of plastic deformation. *Eastern-European journal of enterprise technologies*. 2019. С.75–80.

DOI:<https://doi.org/10.15587/1729-4061.2019.156779>.

2. Іванкова О. В., Гаращук О. В., Куценко В. І., Щербина В. В., Чижевський Д. В., Бабич Я. В., Тіхонов М. О. Дослідження методів відновлення зношених деталей сільськогосподарської техніки. *Вісник ПДАА*. 2020. № 4. - С. 283–292. doi: 10.31210/visnyk2020.04.36

3. Дудніков А. А., Дудник В. В., Біловод О. І., Іванкова О. В., Лапенко Т.Г. Зміцнення матеріалу деталей пластичним деформуванням. *Міжвузівський збірник наукових праць «Наукові нотатки»*. Луцьк. 2019. Випуск 66. С.95-97

4. Іванкова О.В., Велит І.А., Обций Я.О., Скиба М.М. Технологія відновлення зношених деталей машин тваринництва методом пластичного деформування. *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства*, Вип. 211 «Інноваційне, технічне та технологічне забезпечення галузі тваринництва». 2021. С. 145-153.



ДУДНИК В. В., кандидат технічних наук, доцент

КИБКАЛО А. М., магістрант

*Полтавський державний аграрний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ЗМІНИ КОЕФІЦІЄНТА НЕРІВНОМІРНОСТІ ПОДАЧІ ПАЛИВА ПО СЕКЦІЯХ ВІД ОБОРОТІВ КУЛАЧКОВОГО ВАЛУ НАСОСА ВИСОКОГО ТИСКУ**

Згідно нормативної документації цілий ряд параметрів паливної апаратури (ПА) повинен періодично контролюватися на спеціальному обладнанні [1]. Серед інших параметрів, що безпосередньо знімаються існує розрахунковий - нерівномірність подачі палива по циліндрах  $\delta$ , % [1].

Даний параметр є досить важливим, оскільки його значення безпосередньо впливають на рівномірність роботи циліндрів дизеля і частоту обертання колінчастого валу, відсутність підвищеної вібрації в

роботі. Нерівномірність подачі палива по циліндрах двигуна вище 10% виходить за допустимі технічними умовами значення питомих витрат палива [2].

Згідно ГОСТ 10578 «Насоси паливні дизелів. Загальні технічні умови» параметр нерівномірності  $\delta$  контролюється на пусковій частоті обертання кулачкового валу і при номінальній (або частоті обертання відповідного режиму максимального крутного моменту двигуна). Наприклад, для рядного ПНВТ з чотирма секціями значення складуть відповідно 30 і 3% при регулюванні.

При дослідженні даного параметра були поставлені наступні завдання:

- дослідити залежність параметра нерівномірності подачі палива по циліндрам від оборотів кулачкового валу і циклової подачі;
- при регулюванні ПА на стенді перевірити наскільки можливо виконання вимог ГОСТ щодо нерівномірності подачі палива по циліндрах і визначити точку досягнення найменшої величини параметра.

Отримані результати досліджень представлені на рис. 1 та 2.

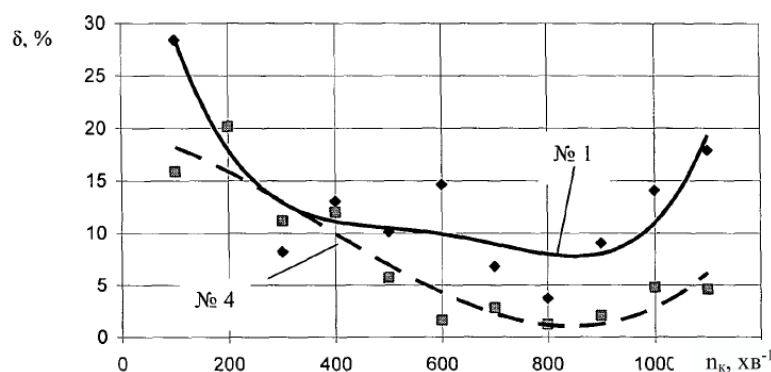


Рисунок 1 – Залежність нерівномірності подачі по циліндрах від оборотів кулачкового валу для ПНВТ № 1, 4

Аналіз кривої  $\delta$  для ПНВТ № 1 виявив великий розкид значень параметра. Мінімальне значення  $\delta=3,72\%$  досягнуто при частоті обертання  $n_k=800 \text{ хв}^{-1}$ .

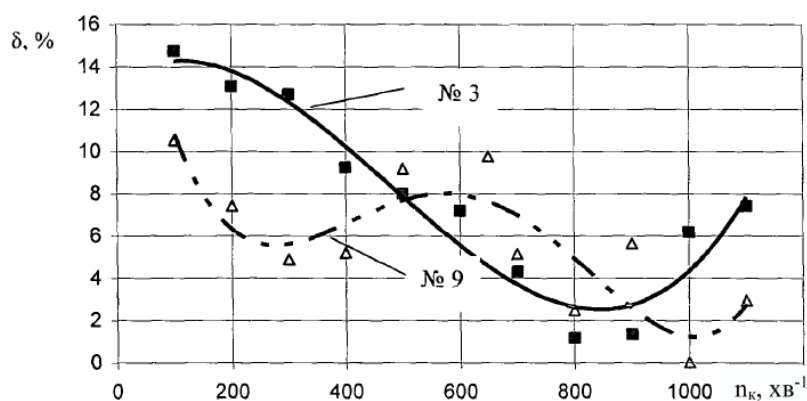


Рисунок 2 – Залежність нерівномірності подачі по циліндрах від оборотів кулачкового валу для ПНВТ № 3, 9

Всі перераховані факти свідчать про загальний знос випробовуваних насосів, що і стало причиною недотримання нерівномірності подачі палива по секціях ПА.

Рівномірність показань для ПНВТ № 4 і їх значення однозначно вказують на дотримання всіх вимог нормативно-технічної документації.

Для ПНВТ № 3 спостерігається практично ідентичний для комплекту № 4 залежністю.

Для ПНВТ № 9 залежність величини нерівномірності подачі від оборотів кулачкового валу виглядає не характерно. Мабуть, це пов'язано з недостатнім затягуванням пружини коректора регулятора.

Згідно вимог ГОСТ 10578 величина нерівномірності подачі перевіряється при частоті обертання відповідно режиму максимального крутного моменту двигуна або номінальній частоті обертання колінчастого валу. Залежності на рис. 1 та 2 мають чашоподібну форму, тобто досяжний деякий мінімум значення нерівномірності подачі палива по секціях ПА. Найменші значення параметра  $\delta$  припадають на діапазон 600...1000 хв<sup>-1</sup> оборотів кулачкового валу. Можна зробити висновок, для ПА серії УТН для двигуна Д-240 настройку нерівномірності подачі палива по секціях рекомендується проводити при частоті обертання 600...800 хв<sup>-1</sup>. Найбільш якісні регулювання вдалося досягти на комплектах 3 і 4.

В результаті досліджень була показана виконуваність нормативних вимог ГОСТ 10578 за величиною нерівномірності подачі палива по циліндрах. Для досягнення зазначених вимог майстру по регулюванню ПА потрібно при випробуванні на режимі регуляторної характеристики

відрегулювати параметр  $\delta$  на мінімально можливе значення при частоті обертання кулачкового валу, відповідному режиму максимального крутного моменту двигуна.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Левин И.Е. Совершенствование технологичности процесса диагностирования при техническом обслуживании сельскохозяйственных тракторов: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.03. Новосибирск, 1988. 24 с.
2. Данилов А.М. Применение присадок в топливах. Москва, 2005. 288 с.



ДУДНИК В. В., кандидат технічних наук, доцент

КУЛИК Я. С., магістрант

*Полтавський державний аграрний університет*

## ОЦІНКА НАДІЙНОСТІ ПРОЦЕСУ ПОДРІБНЕННЯ РОТОРНОЮ ДРОБАРКОЮ З УРАХУВАННЯМ ЗНОСУ ПРОТИВОРІЗУ

За отриманими експериментальними даними побудований полігон і гістограма розподілу зносу противорізу роторної дробарки в залежності від частоти відмов. Використовуючи відомі методики та встановлені теоретичні закони розподілу диференціальної і інтегральної функцій [1], а також залежність надійності процесу подрібнення від зазору (отриманого через зношування) між робочими поверхнями ротора і противорізу роторної дробарки.

Обробка даних дозволила встановити, що надійність процесу подрібнення підпорядковується нормальному закону розподілу. Інтегральна функція  $F(I_{ki})$ , що характеризує ймовірність відмови системи, представлена наступним виразом:

$$F(I_{ki}) = F_0(7,14 I_{ki} - 9,04) \quad (1)$$

За виразом (1) отримана залежність надійності процесу подрібнення від зносу висоти зуба (рифлі) противорізу, що представляє вірогідність безвідмовної роботи роторної дробарки (рис. 1).

Аналіз результатів (рис. 2) експерименту показав, що знос ріжучої кромки противорізу при напрацюванні до його граничного значення (ресурсу), в середньому склав  $I_1 = 1,3 \dots 1,5$  мм. Ці дані відповідають значенням зносу, які визначені в реальних експлуатаційних умовах. При оцінці ефективності процесу помелу за пропонованою методикою, показник надійності становить  $P(I) = 10 \dots 25\%$ , а показник фактичної результативності -  $F_{рв} = 0,1-0,3$ .

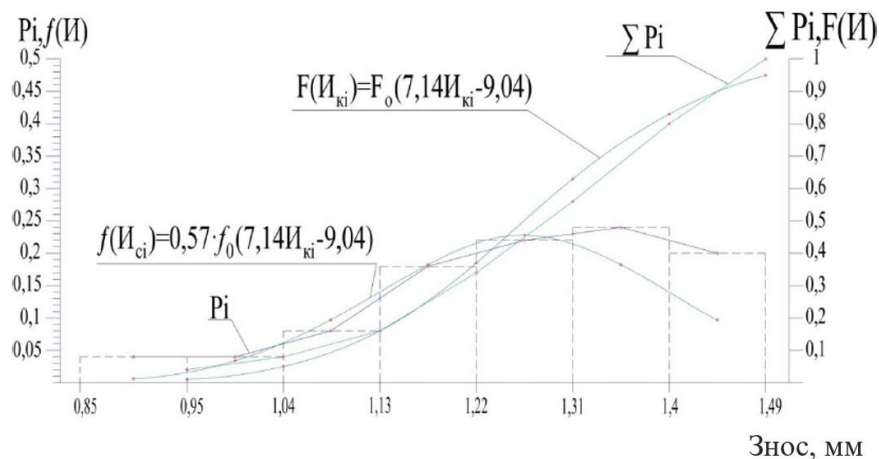


Рисунок 1 – Експериментальні та теоретичні залежності зміни якості подрібнення від зносу зуба противорізу

Отримані залежності використовуються для визначення величини зносу ріжучої кромки (рифлі) противорізу, яка відповідає заданій якості подрібнення, за рівнем надійності цього процесу. Так, для надійності  $P(t) = 80 \dots 90\%$  максимально допустимий зазор не повинен перевищувати діапазону  $1,09 \dots 1,15$  мм в даних експлуатаційних умовах [2].

Отримані дані також дозволяють побудувати залежності забезпечення гарантованого процесу подрібнення від величини допуску на знос рифлі противорізу, що формує зазор між робочими поверхнями ротора і рифлі противорізу дробарки. Після збільшення значення зазору більше  $0,9$  мм/т відбуваються періодично відмови, що проявляються у втраті працездатності роторної дробарки, які полягають у відхиленні норми помелу сільськогосподарських культур і пропуску зернівок. При зміні надійності процесу подрібнення на  $10\%$ , що відповідає зміні зазору на  $0,19$  мм, з  $10$  обмолочених тон сільськогосподарської продукції  $1$  тонна не відповідає заданим вимогам помелу.

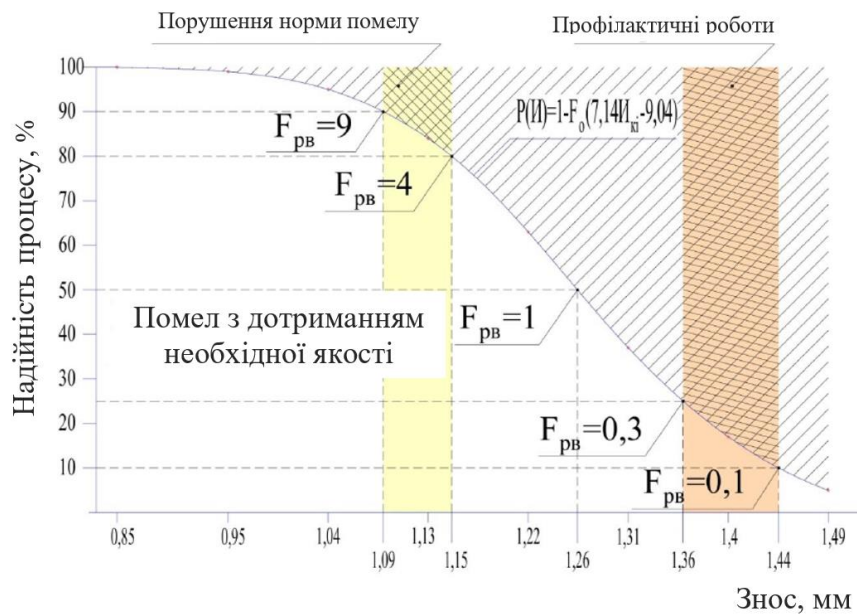


Рисунок 2 – Залежність надійності процесу подрібнення зернових матеріалів від зносу рифлі противорізу

Тому задаючись надійністю процесу помелу в 90% і для виключення порушення в роботі роторної дробарки, рекомендується проводити заміну або регулювання противорізу при зазорі в 1,09 мм.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Искендеров Р.Р. Повышение эффективности процесса измельчения зерновых материалов в горизонтальной роторной дробилке: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Ставрополь, 2017. 190 с.
2. Очинский В.В., Искендеров Р.Р., Лебедев А.Т., Магомедов Р.А., Шумский А.С. Совершенствование процесса измельчения зерна. *Сельский механизатор*. 2015. №1. С. 22-23.



## **ЛІДЕРСЬКІ ЯКОСТІ КЕРІВНИКА**

Поняття лідерства, яке зазвичай пов'язують із комерційною та бізнес-діяльністю, безпосередньо стосується і сфери охорони праці.

У загальному сенсі бути лідером - означає робити краще, більше, швидше за інших, більш якісно та безпечно. З урахуванням цього лідерство розглядається як наявність у керівника певних особистісних якостей, у той час як від колективу вимагається ефективне виконання відповідних функцій.

Лідерство у сфері охорони праці (гігієни та безпеки праці) передбачає роботу у двох напрямках. Перший: підвищення ролі керівника (власника, роботодавця) як лідера, який несе відповідальність за життя та здоров'я персоналу, формує цілі, завдання та політику компанії (підприємства, установи, організації), контролює дотримання відповідних законодавчих норм. Другий: створення умов, за яких підприємство здатне посісти провідне місце, зокрема у сфері охорони праці, що засвідчить результативність інноваційних підходів до вирішення працезахоронних проблем і стане показником привабливості компанії чи організації для бізнес-партнерів.

Провідну роль керівника трудового колективу будь-якого підприємства (установи) незалежно від сфери діяльності та форми власності, у тому числі в галузі охорони праці, важко переоцінити. Тим більше що зараз на заміну авторитарній формі управління приходить нова, сучасна функція керівника - лідерство, коли він стає і радником, і помічником, і тренером.

Наявність керівника, який одночасно є лідером, - необхідна умова успішного розвитку компанії, за якої стає можливим вирішення будь-яких завдань і проблем. І, навпаки, без лідера проблематично створити гнучку, динамічну організаційну структуру, визначити шляхи її подальшого розвитку, завдяки чому колектив і підприємство зможуть максимально ефективно виконувати свою місію.

Тільки керівник, що є лідером, може сформувати на підприємстві (в організації, фірмі) внутрішню корпоративну культуру, комфортну

соціально-психологічну атмосферу, вмотивувати персонал брати активну участь у діяльності, спрямованій на досягнення проголошених цілей. Саме лідер здатний створити умови та можливості для розкриття творчого потенціалу кожного працівника, забезпечити конструктивну взаємодію всіх служб.

Особливістю прояву лідерських якостей керівника у сфері охорони праці є його відповідальне ставлення до питань, що стосуються підвищення виробничої безпеки, поліпшення умов праці, впровадження нових форм і методів працезахоронного менеджменту, а також здатність брати на себе відповідальність за часом досить складні рішення. Крім того, позитивний імідж керівника, безсумнівно, є конкурентною перевагою очолюваного ним підприємства (організації).

Висока професійна кваліфікація є однією з основних складових авторитету керівника-лідера. Це дає йому змогу здійснювати консультування персоналу та надавати рекомендації з питань охорони праці, оскільки він є фахівцем, що володіє системними знаннями та великим практичним досвідом.

Функція виховання містить у собі дисциплінарні методи як заохочення - за позитивні результати діяльності у сфері охорони праці, так і покарання - за неякісне виконання своїх обов'язків, порушення встановлених норм і правил. Якщо керівник-лідер хоче бути вихователем для своїх підлеглих, він повинен прагнути стати «лідером думок», співробітники мають його сприймати як «одного із нас» та «кращого з нас». І якщо гарного керівника сприймають як «мозок» колективу, то лідера - як його «серце».

Виступаючи від імені всіх членів колективу, керівник повинен відповідати найвищим стандартам ділової та соціальної поведінки: володіти навичками спілкування з представниками різних соціальних верств, хорошими манерами, культурою мовлення, вмінням переконувати. Культурний рівень керівника визначається його взаємостосунками з персоналом, коли люди відчують, що їх розуміють, поважають, цінують. Лідер насамперед є творцем матеріальних і духовних цінностей шляхом забезпечення членів колективу роботою. Він пробуджує в підлеглих почуття значимості, створює умови, за яких персонал прагне виконувати свою роботу якісно та безпечно.

Багато хто з керівників, які дотримуються традиційного стилю управління, вимагають до себе поваги. Керівники-лідери, навпаки, викликають до себе повагу. Таким чином, лідер - це внутрішньо цілісна людина, здатна бути життєвою моделлю для інших. Вона веде за собою прикладом, а не погрозами; не підштовхує персонал до дії, а мотивує його; управляє стосунками, а не людьми; будує мости, але не бар'єри.

Отже, є три основні постулати.

*Перший.* Позитивні результати діяльності керівника-лідера в першу чергу проявляються у сфері охорони праці, що позначається на поліпшенні умов роботи персоналу.

*Другий.* Формується громадська думка стосовно підприємства як престижної організації, яка є лідером, а впровадження вдосконалених форм і методів управління дає змогу підвищити результативність функціонування системи управління охороною праці.

*Третій.* Підприємство, очолюване лідером, може бути прикладом для інших організацій та фірм і тим самим сприяти розвитку на них ефективних систем управління охороною праці.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мельничук Т. Лідерство в групі, колективі і мотиви розвитку особистості, її самовиживання. *Рідна школа*, 2000. № 5.
2. Поченцова Р. Р. Імідж лідера. Київ, Знання. 1999. 154 с.
3. Лапенко Т.Г. Корпоративна культура безпеки. *Інноваційні аспекти системи безпеки праці, захисту інтелектуальної власності: матеріали VI Всеукраїнської науково-практичної інтернет-конференції. (м. Полтава, 25-26 березня 2021 р.)*. Полтава: ПДАА, 2021. С. 39-41.



ЛАПЕНКО Т. Г. кандидат технічних наук, доцент  
ДУДАРЬ Н. І., завідувач лабораторії охорони праці  
*Полтавський державний аграрний університет*

## **УМОВИ ФУНКЦІОНУВАННЯ СЛУЖБИ ОХОРОНИ ПРАЦІ**

Згідно з вимогами п. 3.14 НПАОП 0.00-4.21-04 «Типове положення про службу охорони праці» (далі — Положення) служба охорони праці підприємства здійснює контроль за:

- виконанням заходів, передбачених програмами, планами щодо поліпшення стану безпеки, гігієни праці та виробничого середовища, колективним договором та заходами, спрямованими на усунення причин нещасних випадків та профзахворювань;
- проведенням ідентифікації та декларування безпеки об'єктів підвищеної небезпеки;
- наявністю в підрозділах інструкцій з охорони праці;
- своєчасним проведенням необхідних випробувань і технічних оглядів устаткування;
- станом запобіжних і захисних пристроїв, вентиляційних систем;
- своєчасним проведенням навчання з питань охорони праці, всіх видів інструктажу з охорони праці;
- забезпеченням працівників відповідно до законодавства засобами індивідуального та колективного захисту;
- утриманням у належному безпечному стані території підприємства, внутрішніх доріг та пішохідних доріжок;
- організацією робочих місць відповідно до нормативно-правових актів з охорони праці;
- використанням цільових коштів, виділених для виконання комплексних заходів для досягнення встановлених нормативів та підвищення існуючого рівня охорони праці тощо.

Метою проведення цього виду контролю, як і здійснюваного в рамках триступінчастої системи контролю за станом охорони праці, є виявлення та запобігання порушенням вимог стандартів, норм і правил охорони праці та промислової безпеки, тобто саме тих самих місць прояву найбільших ризиків можливих негативних подій, а також перевірка виконання службами, посадовими особами та робітниками обов'язків у

сфері охорони праці, регламентованих системою управління охороною праці (далі - СУОП) конкретного підприємства.

В умовах економічної кризи служба охорони праці однією з перших потрапляє під «оптимізацію». Скоротити фахівців нескладно, однак необхідність виконувати покладені на них функції нікуди при цьому не зникає. Тому роботодавець розподіляє їх між фахівцями, що залишилися. Сьогодні стало дуже популярним «навішувати» на працівників цієї служби невластиві їм функції: приміром, з пожежної, техногенної безпеки тощо або з охорони праці, але ті, які повинні були б виконувати фахівці й керівники інших служб і підрозділів. На таких підприємствах інженеру з охорони праці часто доводиться чути у свою адресу приблизно таку фразу: «Ти в нас охорона праці, от ти нею і займайся, а до нас не чіпляйся. Наша справа - виробництво, план». Не знайшовши підтримки в керівництва, інженер махне рукою й підставить свої плечі, шию й голову під чужі обов'язки. Сам готує проекти наказів з питань охорони праці і сам їх мужньо «виконує». Сам організовує проходження медичних оглядів, проведення спецнавчання робітників, навчання посадових осіб, сам проводить повторні інструктажі, переглядає інструкції з охорони праці тощо. Список таких невластивих його посаді функцій виходить досить значним.

Усім цим не надто переймається роботодавець і керівництво до того часу, поки не станеться щось непоправне. Через недостатнє фінансування зазначені в колективному договорі такого підприємства комплексні заходи щодо досягнення встановлених нормативів і підвищення існуючого рівня охорони праці з року в рік виконуються лише частково. Удавана або реальна нестача коштів призводить до того, що вся СУОП підприємства фінансується за залишковим принципом, зокрема:

- навчання й перевірка знань з питань охорони праці посадових осіб відповідно до Типового тематичного плану та відповідальних за технічний стан і безпечну експлуатацію устаткування підвищеної небезпеки в навчальних центрах проводиться не в повному обсязі;

- ідентифікація та декларування нових об'єктів підвищеної небезпеки не проводиться;

- не на всі види виконуваних робіт і експлуатованого устаткування підвищеної небезпеки отримано дозволи;

- необхідні випробування та технічні огляди устаткування проводяться несвоєчасно;
- вентиляційні системи, захисні пристрої, територія підприємства та деякі виробничі будівлі перебувають у жалюгідному стані;
- спецодяг, спецвзуття та інші ЗІЗ закупаються низької якості та не в повній відповідності до чинних норм;
- кабінет охорони праці не працює, а його стенди припали пилом і не оновлюються роками;
- атестація робочих місць на відповідність нормативно-правовим актам з охорони праці проводиться час від часу, та й то не комісією підприємства, а в основному завдяки зусиллям інженера з охорони праці;
- медичні огляди працівників проводяться нерегулярно, а рекомендації їх заключного акту виконуються лише частково тощо.

Крім того, триступінчастий контроль за станом охорони праці носить формальний характер або існує тільки на папері. Підрозділи вчасно не забезпечуються нормативно-правовими та актами з охорони праці, чинними на підприємстві. Строки перегляду інструкцій з охорони праці не дотримуються, а сам перегляд дуже часто означає лише заміну перших аркушів старих інструкцій. Інструктажі з питань охорони праці та спеціальне навчання на підприємстві проводиться формально, а то й узагалі зводиться до збору підписів у журналах і протоколах перевірки знань. Постійної легітимної комісії з перевірки знань з питань охорони праці на підприємстві немає. У безпосередніх керівників робіт відсутні повні комплекти необхідних чинних інструкцій з охорони праці підприємства тощо.

Приблизно такий набір типових огріхів СУОП не надто старанного в питаннях охорони праці українського підприємства, де ресурсів і коштів на повне вирішення перерахованих проблем, як правило, завжди не вистачає.

Так що справа не в неповноцінності традиційної СУОП, а в недоліках вітчизняного законодавства, суворість вимог якого для вітчизняних роботодавців з лишком компенсується необов'язковістю їх додержання!

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Запорожець О.І. Основи охорони праці: підручник. Київ, 2019. 264 с.
2. Грибан В.Г., Негодченко О.В. Охорона праці: навч. посіб. Київ, 2019. 280 с.
3. Костенко О. М., Лапенко Т. Г., Опара Н. М., Дудник В. В., Шпилька М. М., Дрожчана О. У. Методика статистичного аналізу, короткострокового прогнозування травматизму та шляхів його профілактики в агроінженерії. *Вісник ПДАА*, №1. Полтава, 2021. С.273-279



ДУДНИК В.В., кандидат технічних наук, доцент  
ПРОКОПЕНКО К. А., магістрант  
*Полтавський державний аграрний університет*

### **ВПЛИВ РЕЖИМІВ РОБОТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО ВИСІВНОГО АПАРАТУ НА ЗМІНУ КІЛЬКОСТІ ВИСІВНОГО НАСІННЯ СОЇ**

В умовах механізованого виробництва зерна сої при одному і тому ж способі посіву і певної ширини міжрядь від норми висіву в значній мірі залежить врожайність. Приймаючи до уваги цей факт, нами були проведені лабораторні дослідження впливу режимів роботи експериментального висівного апарату на кількість насіння сої, що висівається відповідно до прийнятої методики даного дослідження. Досліди проводили на лабораторній установці з висівом насіння сої на липку стрічку і в ґрунтовому каналі.

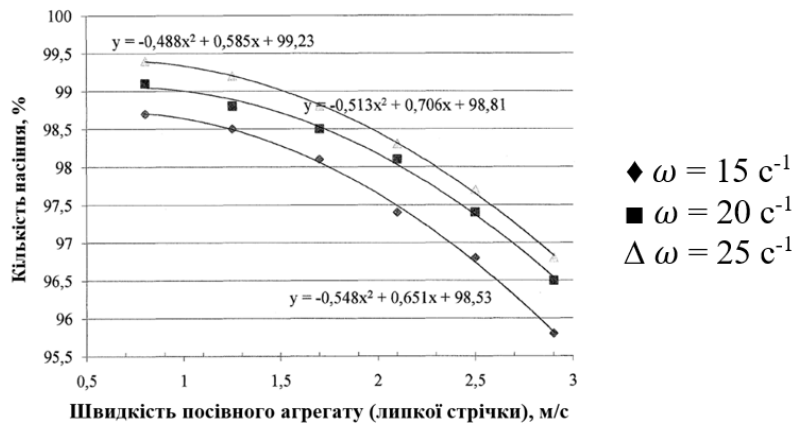


Рисунок 1 – Залежність кількості висіяних насінин від швидкості посівного агрегату і кутової швидкості ворошителя при висіві на липку стрічку.

Аналіз отриманих результатів (рис. 1) при висіві на липку стрічку показує, що зі збільшенням швидкості посівного агрегату кількість насіння, що висівається від встановленої норми зменшується. Дане явище пояснюється погіршенням умов подачі зерна в плунжерну камеру апарату за рахунок збільшення кутової швидкості приводного кулачка і, як наслідок, зменшення часу відкриття дозуючого вікна. Графік показує, що зі збільшенням кутової швидкості ворошителя якість роботи висівного апарату поліпшується, що пояснюється скороченням часу висівання зерна.

Кількість насіння, що висівається від встановленої норми в досліді змінюється від 95,8% при швидкості агрегату (липкої стрічки) 2,9 м/с і кутової швидкості ворошителя  $15 \text{ с}^{-1}$  до 99,4% при швидкості агрегату 0,8 м/с і кутової швидкості ворошителя –  $25 \text{ с}^{-1}$ .

При дотриманні агротехнічних вимог і в інтервалі швидкостей, прийнятних для точного висіву [1, 2], висів: в діапазоні швидкостей агрегату 1,7-2,1 м/с, при кутовій швидкості ворошителя  $15 \text{ с}^{-1}$  від 98,1 до 97,4% насіння; в діапазоні швидкостей 1,7-2,5 м/с, при кутовій швидкості  $20 \text{ с}^{-1}$  від 98,5 до 97,4%, при кутовій швидкості  $25 \text{ с}^{-1}$  від 98,8 до 97,7% від встановленої норми. При швидкості агрегату 2,9 м/с і кутових швидкостях ворошителя 15, 20,  $25 \text{ с}^{-1}$  від у встановленої норми висівається відповідно: 95,8; 96,5; 96,8% насіння сої.

При проведенні дослідів в ґрунтовому каналі відсоток кількості насіння, що висівається від встановленої норми трохи нижче (рис. 2), що пояснюється проскакуванням опорно-приводного колеса сівалки.

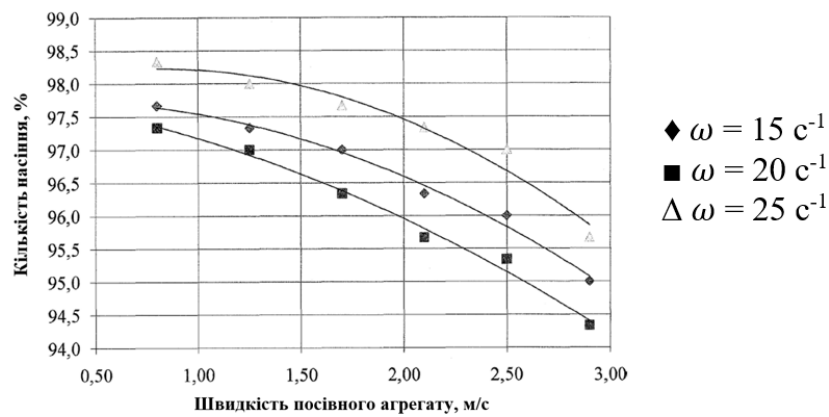


Рисунок 2 – Залежність кількості висіяних насінин від швидкості посівного агрегату і кутової швидкості ворошителя при висіві в ґрунтовому каналі.

Кількість насінин, що висівається від встановленої норми в досліді, проведеному на ґрунтовому каналі, змінюється від 94,3% при швидкості агрегату 2,9 м/с і кутовій швидкості ворошителя  $15 \text{ с}^{-1}$  до 98,3% при швидкості агрегату 0,8 м/с і кутовій швидкості –  $25 \text{ с}^{-1}$ .

Агротехнічні вимоги за кількістю насіння, що висівається від спочатку встановленої норми [3] при проведенні дослідів з висівом в ґрунтовому каналі дотримуються в наступних режимах роботи висівного агрегату: в діапазоні швидкостей агрегату від 0,8 до 1,25 м/с і кутовій швидкості  $15 \text{ с}^{-1}$  висів насіння становить відповідно від 97,3 до 97%; в діапазоні швидкостей 0,8-1,25 м/с, при кутовій швидкості  $20 \text{ с}^{-1}$  висів становить від 97,33 до 97% відповідно; в діапазоні швидкостей 0,8-2,5 м/с, при кутовій швидкості  $25 \text{ с}^{-1}$  висів насіння від встановленої норми становить від 98,3 до 97%. При швидкості висівного агрегату 2,9 м/с і кутових швидкостях 15, 20,  $25 \text{ с}^{-1}$  від спочатку встановленої норми в ґрунтовому каналі висівається відповідно: 94,3; 95,0; 95,7% насіння сої.

Дослідження щодо впливу режимів роботи експериментального висівного апарату, що проводяться з висівом на липку стрічку, і в ґрунтовому каналі показали, що для дотримання агротехнічних вимог [3] за кількістю насіння, що висіваються від встановленої норми доцільно обмежити максимальну швидкість посіву до 2,5 м/с ( 9 км/ч).

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Журавлев Д.М. Совершенствование процесса посева сои вертикальнодисковым высевальным аппаратом с боковым заполнением: автореф. дис. ... канд. техн. наук.: 05.20.01. Уссурийск, 2008. 19 с.
2. Шишлов С.А. Совершенствование процесса посева сои пунктирно полосным способом: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Благовещенск, 2003. 21с.
3. Степанов Н.С., Костецкий И.И. Практикум по основам агрономии. Москва, 1981. 240 с.



ВУСТИМЕНКО Д. С., магістрант  
ПАДАЛКА В. В., кандидат технічних наук, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*

## ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ ҐРУНТООБРОБНОЇ ФРЕЗИ В ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОБНИЦТВА КАРТОПЛІ

Метою роботи є підвищення ефективності роботи ґрунтообробної машини за рахунок вдосконалення робочих органів фрези для передпосадкового обробітку ґрунту під картоплю.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі дослідження:

1. Розробити модель обробки ґрунту фрезою із зігнутим, прямолінійним і хвилястим профілями робочої поверхні ножів.
2. Обґрунтувати профіль робочої поверхні ножа, що забезпечує зниження потужності потрібної на процес фрезерування ґрунту і поліпшує якість роботи фрези, а також відповідний агротехнічним вимогам.
3. Провести експериментальні дослідження фрези з різними профілями робочої поверхні ножів.
4. Розрахувати економічний ефект результатів дослідження.

Об'єкт досліджень – фреза з горизонтальною віссю обертання і хвилястим профілем робочої поверхні ножа.

Предмет дослідження – культивований шар ґрунту і процес його розпушування за допомогою фрез.

Під час проведення наукового теоретичного дослідження за даною дипломною роботою використано методики математичного просторового моделювання, диференційного та інтегрального числення. Теоретичні моделі щодо режимів роботи ґрунтообробної фрези на основі законів теоретичної механіки.

Експериментальні досліді та випробування проведені за власною методикою. При обробці результатів експериментальних досліджень використані кореляційно-регресійні методи статистичного аналізу.

Методологія досліджень ґрунтується на методах системного аналізу, класичної механіки і математичної статистики. Теоретичні дослідження виконувалися на основі законів статичного і динамічного аналізу, теорії фізичного моделювання. Експериментальні дослідження проведені із застосуванням багатофакторного планування. Обробка результатів експериментів методами математичної статистики проведена з використанням програм Excel.

Ґрунтообробні машини з активними, ротаційними робочими органами типу фрези забезпечують високу якість кришення на різних типах ґрунтів, внаслідок високих швидкостей різання ножів фрез.

Аналіз досліджень показує, що по продуктивності оброблення важких за механічним складом ґрунтів ротаційні ґрунтообробні машини (фрези) займають одне з важливих місць при передпосадочній обробці ґрунту. Нарівні з високоякісним виконанням своїх технологічних функцій, ротаційні ґрунтообробні машини (фрези) сприяють зниженню тягового опору руху агрегату. Велика енергоємність процесу фрезерування ґрунтів в порівнянні з класичними машинами і знаряддями служить стримуючим фактором їх широкого застосування.

Тому фрези застосовуються в тих випадках, коли для них немає альтернативи за якістю обробки ґрунту, особливо при обробці важких і задернілих ґрунтів. Таким чином створення нових модернізованих ґрунтообробних фрез актуально і по сьогоднішній день.

Щороку створюються все нові установки машин з унікальними робочими органами. Збільшуються функціональні можливості машин, вони здатні одночасно виконувати кілька технологічних операцій, але при

цьому стають громіздкими, ускладнюється конструкція, збільшується маса. Всі розвинені країни світу займаються пошуком нових технологічних способів оброблення ґрунту, націлені на її захист від ерозійних процесів, підтримання та збільшення родючості, зниження витрат. Широко вводяться різні способи мінімізації оброблення ґрунту, а крім того розширюється зміна відвальної оранки безвідвальним розпушуванням [1-3].

При обробітку сільськогосподарських культур важливим етапом є предпосадочная обробка. Перевагу при цьому віддається знаряддям з ротаційними робочими органами, які можуть бути використані в різні агротехнічні терміни. Основною перевагою використання ґрунтообробних машин, є також можливість їх ефективного застосування на присадибних ділянках і невеликих фермерських господарствах.

Серед фрезерних ґрунтообробних машин, що випускаються зарубіжними фірмами зустрічаються фрези, як горизонтальної, так з вертикальною віссю обертання. У цих фрез ширина захвату коливається в межах 0,2 ... 9,0м. Їх повсюдне використання обмежується тим, що зі збільшенням ширини захвату фрези, потрібні найбільш потужні трактори.

Напрямок вдосконалення фрезерних ґрунтообробних машин було визначено, після проведення аналізу існуючих конструкцій робочих органів ґрунтообробних машин. Від взаємного розташування і конструктивного виконання робочих органів ґрунтообробних машин залежить збільшення якості обробки ґрунту і зменшення енергоємності фрезерування.

Проведені дослідження результатів польових випробувань на якість передпосадкового обробітку ґрунту, встановлення питомого тягового опору.

Наведено математичні моделі і дано порівняльний аналіз коефіцієнтів рівняння регресії другого порядку при дослідженні впливу значущих чинників на величину питомої тягового опору, на середній розмір не руйнування грудок після фрезерування, ступінь кришення після фрезерування.

При числі ножів 2 шт і зі збільшенням швидкості в інтервалі 2.1-3.2м/с питомий тяговий опір збільшується на 0,5 кН/м<sup>2</sup>, а в діапазоні 3,2 ... 4,3м/с - на 0,8 кН/м. При кутової швидкості барабана фрези 30 рад/с і з

збільшенням глибини обробки ґрунтового шару в діапазоні 100...120 мм питомий тяговий опір збільшується на 0,2 кН/м, при 120...140 мм - на 0,4 кН/м.

Узагальнено результати досліджень. В роботі вирішена актуальна науково-технічна задача - підвищення ефективності роботи ґрунтообробної машини за рахунок вдосконалення робочих органів фрези для передпосадкового обробітку ґрунту під картоплю.

В даний момент відсутня загальний метод при виборі основних параметрів і режимів роботи ґрунтообробних фрез. Для поліпшення параметрів і режимів роботи потрібен новий підхід у виборі профілю робочої поверхні ножа фрези з метою зменшення енергоємності фрезерування і поліпшення якості обробки.

Розроблено моделі, які дозволили вивчити, вплив форм робочої поверхні ножів фрези на якісні та енергетичні показники процесу розпушування ґрунту.

За витратами енергії ножі з прямолінійним профілем поступаються ножам з вигнутим профілем, а ножі з вигнутим профілем поступаються ножам з хвилеподібним профілем; при цьому хвилеподібний ніж забезпечує зниження витрат енергії на 9%.

Зі збільшенням робочої швидкості фрези якість розпушування пласта за коефіцієнтом розпушування зменшуються, питомі витрати енергії на обробку пласта зменшуються, ефективність обробки ґрунту поліпшується.

При кутовий швидкості  $\omega$  обертання барабана фрези зі збільшенням глибини обробки ґрунтового шару в діапазоні 100...120 мм подрібнення ґрунту зменшується на 2,0%, при 120...140 мм - на 2,5%, а зі збільшенням числа ножів на диску барабана 1-2 шт. подрібнення ґрунту збільшується на 1,5-2%.

Річний економічний ефект від впровадження у виробництво результатів досліджень при завантаженні агрегату 220 годин складе 21336,4 грн.

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Bemacki H. Teoria glebogryzarek. *Biuletyn prac naukowobadawczych*. Warszawa, 1962. №2.

2. Bernacki H. Bodoenia zuzycia energii przez aktywne i combinowane maszyny uprowowe. *Biuletyn prac naukowobadawczych*. Warszawa, 1975. №10. P. 35 - 48

3. Bernacki H. Teoria i konstrucja maszyn colniryzch. *PWPIL*. Warszawa, 1981. T1, cz. I i II. P. 417.



ЗАДОРОЖНИЙ В. П., магістрант  
ПАДАЛКА В. В., кандидат технічних наук, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*

## **ОБГРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ МАШИНИ ДЛЯ ВИСАДЖУВАННЯ РОЗСАДИ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР**

Метою роботи є вдосконалення технологічного процесу посадки розсади капусти обгрунтуванням параметрів і режимів роботи розподільно-висаджувального апарату.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі дослідження:

1. Розробити функціонально-морфологічну модель машини для посадки розсади з обгрунтуванням її схеми, що включає розподільно-висаджувального апарат.

2. Теоретично дослідити кінематичні параметри машини і взаємодії розсади з розподільно-висаджувальним апаратом.

3. Визначити енергетичні показники роботи машини для посадки розсади капусти.

4. Провести лабораторні та польові дослідження машини для посадки розсади капусти.

4. Визначити техніко-економічні показники використання машини для посадки розсади капусти.

Об'єкт досліджень - параметри і режими функціонування машини для посадки розсади капусти.

Предмет досліджень - параметри і режими функціонування розподільно-висаджувального апарату машини для посадки розсади, їх взаємозв'язок з розмірно-масовою характеристикою розсади капусти

Під час проведення наукового теоретичного дослідження за даною дипломною роботою використано методики математичного просторового моделювання, диференційного та інтегрального числення. Теоретичні моделі щодо режимів роботи ґрунтообробної фрези на основі законів теоретичної механіки.

Експериментальні досліді та випробування проведені за власною методикою. При обробці результатів експериментальних досліджень використані кореляційно-регресійні методи статистичного аналізу.

Методологія досліджень ґрунтується на методах системного аналізу, класичної механіки і математичної статистики. Теоретичні дослідження виконувалися на основі законів статичного і динамічного аналізу, теорії фізичного моделювання. Експериментальні дослідження проведені із застосуванням багатофакторного планування. Обробка результатів експериментів методами математичної статистики проведена з використанням програм Excel.

Головну роль в підвищенні ефективності виробництва сільськогосподарської продукції грає рослинництво. При цьому поряд з впровадженням прогресивних систем землеробства, нових сортів і гібридів сільськогосподарських культур важливе місце займає вдосконалення механізованих технологій і систем машин, що забезпечують якісне і своєчасне виконання польових робіт, скорочення втрат врожаю, підвищення родючості ґрунту і зниження негативних екологічних наслідків [1-3]

Нові механізовані технології, що забезпечують стійке підвищення продуктивності праці в сільському господарстві, а також зниження витрат енерго- і металоємності, є сутністю науково-технічного прогресу.

Капуста вирощується практично у всіх регіонах, придатних для рослинництва. Протягом багатьох років капуста білокачанна була однією з найприбутковіших сільськогосподарських культур в господарствах України. Середня врожайність її по країні досягає 300 ... 320 ц/ га. Витрати праці на вирощування і збирання складають 450...650 чол. -год на 1 га, додатково, на обробіток розсади - 70... 180 люд.-год на 1 га.

Найважливішу роль у виробництві капусти грає процес посадки розсади в поле, так як в цей період часу рослина проходить найважливіші стадії вегетації. У минулому столітті посадка розсади в поле була повністю механізована в великих господарствах, що дозволило підвищити продуктивність праці в 2,0 ... 2,6 рази. В даний час машини для посадки розсади овочевих культур серійно не випускаються, а в господарствах часто використовують застарілі розсадосадильні машини, термін експлуатації яких становить 10 років і більше. Аналіз результатів випробувань, виробничих перевірок і досвіду експлуатації машин, що застосовуються в даний час при посадці розсади, показує, що вони мають низькі техніко-експлуатаційні показники.

Конструкції посадкових апаратів вітчизняних і зарубіжних машин нездатні працювати без застосування ручної вкладання розсади на один ряд одним оператором, що є додатковим чинником, що обмежує їх продуктивність.

Існуючі конструкції автоматичних посадкових апаратів дозволяють лише побічно зменшити витрати ручної праці, так як перетворюють процес вкладання розсади в разсадотримачі посадкового апарата в технологічний процес зарядки касет і різного роду накопичувачів.

Таким чином, дослідження, спрямоване на підвищення ефективності процесу посадки розсади за рахунок обґрунтування параметрів і режимів функціонування розподільно-висаджувального апарату машини для посадки розсади, є актуальним.

В роботі вирішена актуальна науково-технічна задача - вдосконалення технологічного процесу посадки розсади капусти обґрунтуванням параметрів і режимів роботи розподільно-висаджувального апарату.

На підставі запропонованої функціонально-морфологічної моделі машини розроблена схема машини для посадки розсади із застосуванням розподільно-висаджувального апарату.

Отримано аналітичні залежності взаємодії розсади з розподільчо-висаджувальним апаратом. Представлені розрахункові дані щодо вибору швидкості апарату в залежності від кроку посадки, ширини міжряддя і швидкості машини. З умови безперешкодного переміщення розсади з посадкового склянки в ґрунт визначено кут нахилу днища склянки і сила

пружності пружини, що стягує днище і корпус посадкового склянки. Теоретичними дослідженнями встановлено діапазони основних параметрів розподільно-висаджувального апарату і режимів його функціонування: швидкість руху апарату від 0,23 до 0,74 м / с.

Визначено діапазони енергетичних показників роботи машини для посадки розсади капусти: опір руху робочих органів в ґрунті від 784,9 до 1177,3 Н, тяговий опір машини від 808,9 до 1201,3 Н, повна потужність, що витрачається на привід машини від 223,2 до 990 Вт.

Отримано рівняння регресії процесу посадки розсади по якісній характеристиці - найменшому куту посадки  $\gamma = 5^\circ$  при наступних раціональних значеннях: швидкість машини для посадки розсади 0,55 м / с, глибина посадки розсади 0,054 м, висота вільного падіння розсади 0,09 м.

В результаті польових випробувань швидкість машини для посадки розсади була в діапазоні від 0,28 до 0,83 м / с, крок посадки 0,5 м, ширина міжряддя 0,6 м, кут посадки розсади склав не більше  $5^\circ$ .

Річний економічний ефект від впровадження у виробництво експериментальної машини для посадки розсади із застосуванням дворядного розподільно-висаджувального апарату склав 128226,59 грн на площі 20,2 га за рахунок підвищення продуктивності, зниження витрат праці та експлуатаційних витрат. Термін окупності склав 3,5 року.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Sylvester M., Tesch Jr. (1993). Seedling array transplanter. United States patent. No.5215550 Ting K.C., Giacomelli G.A., Shen S.J., and Kabala W.P. (1990a).

2. Satpathy, S. K., & Garg, I. K. (2008). Effect of selected parameters on the performance of a semi-automatic vegetable transplanter. *Agricultural Mechanization in Asia, Africa and Latin America*, 39(2), 47-51.

3. Kumar, G. V. P., & Raheman, H. (2008). Vegetable transplanters for use in developing countries: a review. *International Journal of Vegetable Science*, 14(3), 232 - 255

4. Андросова О.Г. Практикум по технологии хранения и переработке сельскохозяйственных продуктов и основам стандартизации. Харьков, 1990. 80 с.

КІСІЛЕНКО В. О., магістрант  
ПАДАЛКА В. В., кандидат технічних наук, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*

## **ОБГРУНТУВАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ДИСКОВОГО ПОДРІБНЮВАЧА КОРМІВ**

Метою роботи є обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача стеблових кормів з дисковому робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами для зниження питомої енергоємності процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі дослідження:

- розробити конструктивно-технологічну схему подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами;

- провести теоретичний аналіз робочого процесу подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами і визначити фактори, що впливають на енергоємність процесу;

- визначити конструктивно-технологічні параметри комбінованих ріжучих сегментів, розташованих на дисковому робочому органі;

- провести експериментальні дослідження процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді і перевірити чинники, що впливають на енергоємність, визначити їх раціональні конструктивно-технологічні параметри;

- дати економічну оцінку впровадження пропонованого подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами і розробити методику розрахунку основних конструктивно-технологічних параметрів.

Об'єкт дослідження - подрібнювач стеблових кормів в пресованому вигляді з дисковим робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами.

Предмет дослідження - залежність питомої енергоємності від параметрів подрібнювача з дисковим робочим органом і ріжучих сегментів.

Під час проведення наукового теоретичного дослідження за даною дипломної роботою використано методики математичного просторового моделювання, диференційного та інтегрального числення. Теоретичні моделі щодо режимів роботи ґрунтообробної фрези на основі законів теоретичної механіки.

Експериментальні досліди та випробування проведені за власною методикою. При обробці результатів експериментальних досліджень використані кореляційно-регресійні методи статистичного аналізу.

Методологія досліджень ґрунтується на методах системного аналізу, класичної механіки і математичної статистики. Теоретичні дослідження виконувалися на основі законів статичного і динамічного аналізу, теорії фізичного моделювання. Експериментальні дослідження проведені із застосуванням багатофакторного планування. Обробка результатів експериментів методами математичної статистики проведена з використанням програм Excel.

Годівля великої рогатої худоби поживними кормами забезпечує високу продуктивність тварин. Процес подрібнення кормів є трудомістким, тому необхідні ефективні і ресурсозберігаючі технічні засоби з приготування кормів ВРХ.

Налічується понад 21 тисячі малих ферм (до 100 корів). Є велика кількість ферм від 100 до 400 корів. Частка ручної праці в малих формах господарювання (МФГ), селянсько-фермерських господарствах), особистих підсобних господарствах досягає 65% і більше, що обумовлено відсутністю ресурсозберігаючих засобів по виконанню технологічних операцій при виробництві продукції тваринництва.

Застосування досить енергоємних існуючих типів подрібнювачів, особливо в умовах підприємств МФХ, збільшує собівартість продукції тваринництва.

Тому розробка нових типів подрібнювачів з низькою енергоємністю є актуальним завданням. Одним із способів зниження енергоємності - застосування дискових робочих органів, оснащених комбінованими сегментами.

В роботі вирішена актуальна науково-технічна задача - обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів подрібнювача стеблових кормів з дисковому робочим органом, оснащеним комбінованими ріжучими сегментами для зниження питомої енергоємності процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді.

Удосконалено класифікацію подрібнювачів кормів, яка дозволила розробити конструктивно технологічну схему подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді.

В результаті проведеного теоретичного аналізу робочого процесу подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді визначені аналітичні вирази, які дозволили визначити конструктивно-технологічні параметри подрібнювача стеблових кормів, що впливають на енергоємність: кутова швидкість подрібнюючого робочого органу; кут нахилу між подрібнюючим робочим органом і горизонтальними зубчастими сегментами; кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу і кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів.

Теоретичними дослідженнями встановлено раціональні конструктивно-технологічні параметри комбінованих ріжучих сегментів: кутова швидкість подрібнюючого робочого органу від 2,4 до 3,3  $\text{с}^{-1}$ , при продуктивності рівній від 2 до 3 т/год відповідно; кут нахилу між подрібнюючим робочим органом і горизонтальними зубчастими сегментами становить від 300 до 320; кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу рівним 9; кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів рівним 6. Енергоємність технологічного процесу складає від 2,0 до 2,5 кВт-год / т.

В результаті експериментальних досліджень процесу подрібнення стеблових кормів в пресованому вигляді визначено, що основним фактором, що впливає на питому енергоємність, є продуктивність подрібнювача стеблових кормів. Раціональними конструктивно-технологічними параметрами при яких питома енергоємність становить від 2,0 до 3,0 кВт год/т є: кутова швидкість подрібнюючого робочого органу, що змінюється в межах від 3,2 до 4,6  $\text{с}^{-1}$ ; кут нахилу між

подрібнюючим робочим органом і горизонтальними зубчастими сегментами становить від 300 до 350; Кількість зубчастих сегментів, розташованих по периметру подрібнюючого робочого органу рівним від 6 до 9; кількість подрібнюючих двоплощинних дугового профілю сегментів рівним від 7 до 9 при середньозваженої довжині частинок рівним 50 мм, що відповідає зоотехнічним вимогам по довжині різанні для ВРХ. Збіжність теоретичних та експериментальних результатів складає 93-95%.

Реалізація запропонованого подрібнювача стеблових кормів в пресованому вигляді в порівнянні з існуючим дозволяє знизити питомі енерговитрати на 41,5% і отримати річний економічний ефект у сумі 25111,35 грн. Термін окупності додаткових капітальних вкладень становить 2,1 рік.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Leibetseder J. Uber die Bedeutung der Mahlfeinheit und Pelletgrosse fur Futteraufnahme, Verdaulichkeit und Gesundheitsstatus bei Shin und Geflugel. *Ubers Tierernahr.* 1987. Bd 15. 2. P. 135-151.

2. Frolov V.Yu., Sysoev D.P., Tumanova M.I. Improvement of the livestock production efficiency. *British Journal of Innovation in Science and Technology.* 2016. T. 1. № 1. P. 25-34.

3. Efficient Feeding <http://www.delaval.ru/URL:www.delaval.ru/Global/PDF/Efficient-feeding.pdf/> (дата обращения 08.08.2016).



ЩЕЛУДЧЕКНО С. А., магістрант

ЩЕРБАКОВ Р. В., магістрант

АРЕНДАРЕНКО В. М., кандидат технічних наук, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

### СТІЙКІСТЬ ЗЕРНА ДО МЕХАНІЧНИХ НАВАНТАЖЕНЬ

При взаємодії зерна з робочими органами машини на нього діють різноманітні механічні зусилля: статичні, вони плавно зростають;

динамічні, ці навантаження виражається ударами; знакозмінні, вони змінюються за величиною або за величиною та напрямом сили тертя.

Кількість механічно ушкодженого зерна робочими органами машинами – результат дії багатьох факторів. На рис. 1 приведена схема взаємодії факторів, які на пряму впливають на травмування насіння у зерновій масі.

Головними факторами, які суттєво впливають на кількість механічно травмованого зерна машинами є його природна міцність та дія на зерно робочих органів машини.

Численні дослідження зерна різних культур і сортів показують, що природна механічна міцність зерна коливається у дуже широких межах. Механічна міцність зерна залежить від культури, сорту, вологості зерна та його розміру, виду механічного зусилля (удар, стиск, зсув, тертя), положенням зерна, виду матеріалу, з якого виготовлені робочі органи машини. Тому, для одного і того ж робочого органу при однакових навантаженнях можна отримати різну оцінку з якості роботи машини і вона буде залежати від фізико-механічних властивостей зерна [ 1, 2].

Дослідження руйнівних сил під час транспортування зерна ковшовими елеваторами є основним завданням науковців, які ставлять перед собою завдання - пошук раціональних методів транспортування. До цих завдань відноситься і швидкість робочих органів транспортуючих машин, при якій все зерно можна транспортувати без механічних ушкоджень.

Більшість досліджень було проведено на стійкість зерна проти статичних навантажень на пресах різних конструкцій [3]. Деякі дослідники додатково з'ясовували величину руйнівних сил зсуву, сколювання та вигину в окремих зерен. Деякими науковцями були проведені дослідження по визначенню деформації стиснення при динамічних і статичних навантаженнях.

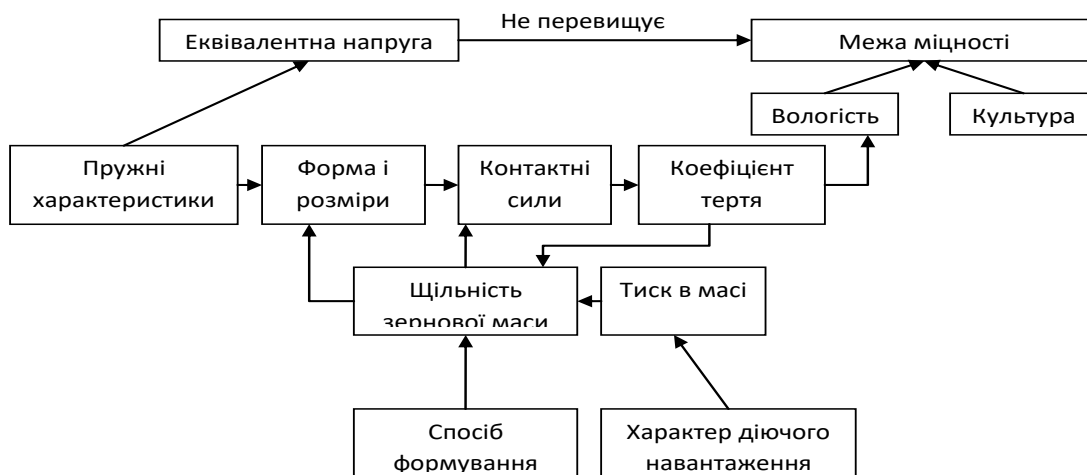


Рисунок 1- Схема взаємодії факторів які впливають на ушкодження насіння у зерновій масі.

Міцність зерна різна і коливається в широких межах. Вона залежить від культури і дуже від сорту зерна. Вченими встановлено, що дроблення зменшується зі зменшенням розмірів зернівки, дрібне зерно дробиться за великих швидкостей і навпаки.

Дослідженнями встановлено, що для зерна кожної культури та кожного сорту є своя мінімальна швидкість удару, при якій може відбуватись руйнація зерна (поява тріщин). За ступенем міцності зерна можна виділити кілька груп, у кожній групі будуть різні сорти з різноманітною морфологічною будовою.

Подальші дослідження механічної міцності повинні бути направлені на виявлені впливу анатомо - морфологічних особливостей зерна на його стійкість проти різних механічних навантажень.

Відомо, що кількість механічно пошкодженого насіння зростає при багаторазовій ударній дії на нього робочими органами транспортних машин. На елеваторах зерно ушкоджується робочими органами норії. Найбільше травмування зернівок відбувається у верхній головці норії та при завантаженні ковшів у башмаку.

**Висновки.** Для зменшення травмування зерна робочими органами норій необхідно удосконалити конструкцію ковшів, оптимізувати швидкість руху смуги ковшового елеватора, а також замінити металеві ковші на полімерні.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Семенов А.Н. Физико-механические свойства зерна. *Труды Кишиневского СХИ*. 1968. Т.20. № 85. С. 18-23 .
2. Хайлис Г.А. Механика растительных материалов. Киев, 1994. 332с.
3. Еремин В.Н., Гагулин В.В. К вопросу о снижении травмирования семян. *Тракторы с сельхозмашинами*. 1988. №4. С. 77 -78.



ШКОРИНА А. А., магістрант

ПАДАЛКА В. В., кандидат технічних наук, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

### **ОБҐРУНТУВАННЯ РЕЖИМІВ РОБОТИ АГРЕГАТУ ДЛЯ ДОГЛЯДУ ЗА БАГАТОРІЧНИМИ НАСАДЖЕННЯМИ**

Метою роботи є обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи агрегату для догляду за міжряддями плодових насаджень, забезпечення якості розпушування ґрунту в пристовбурній смузі і рівномірного розподілу мульчі трав'яної рослинності на поверхні разрихленної ділянки пристовбурної смуги плодових насаджень.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі дослідження:

Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему агрегату для догляду за міжряддями і пристовбурними смугами плодових насаджень.

Дослідити процес роботи фрезерного робочого органу з вертикальною віссю обертання при розпушуванні пристовбурних смуг плодових насаджень і ротаційного різального апарату косарки-подрібнювача при скошуванні трав'яної рослинності в міжряддях плодових насаджень.

Встановити раціональні конструктивно-технологічні параметри фрезерного робочого органу для розпушування пристовбурних плодових

насаджень та косарки-подрібнювача для скошування рослинності в міжряддях.

Оптимізувати основні параметри і режими роботи агрегату за критеріями якості крошення ґрунту і рівномірності розподілу мульчі трав'яної рослинності на поверхні розпушеної ділянки пристовбурної смуги плодкових насаджень.

Визначити економічну ефективність застосування агрегату для догляду за міжряддями і пристовбурними смугами плодкових насаджень.

Об'єкт дослідження - технологічний процес рихлення смуги і скошування рослинності в міжряддях плодкових насаджень.

Предмет дослідження - закономірності процесів рихлення пристовбурних смуг і скошування рослинності в міжряддях плодкових насаджень.

Під час проведення наукового теоретичного дослідження за даною дипломною роботою використано методики математичного просторового моделювання, диференційного та інтегрального числення. Теоретичні моделі щодо режимів роботи ґрунтообробної фрези на основі законів теоретичної механіки.

Експериментальні досліди та випробування проведені за власною методикою. При обробці результатів експериментальних досліджень використані кореляційно-регресійні методи статистичного аналізу.

Методологія досліджень ґрунтується на методах системного аналізу, класичної механіки і математичної статистики. Теоретичні дослідження виконувалися на основі законів статичного і динамічного аналізу, теорії фізичного моделювання. Експериментальні дослідження проведені із застосуванням багатофакторного планування. Обробка результатів експериментів методами математичної статистики проведена з використанням програм Excel.

З метою подальшого збільшення виробництва плодової продукції передбачається закладка нових садів інтенсивного і суперінтенсивного типів.

В даний час виробництвом плодів на схилових землях займаються як великі корпорації, так середній і малий бізнес. Одна із проблем, з якими стикаються виробники плодів - це нехватка техніки по догляду за міжряддями і пристовбурними смугами плодкових насаджень. Більшість

садівничих господарств мають у своєму розпорядженні вітчизняну технікою для обробітку ґрунту, що складається зі старих, малопродуктивних одноопераційних машин, відсутні фрезерні агрегати для пристовбурної культивуації в садах [1-3].

У той же час гостро стоять питання мінімізації обробітку ґрунту, прискореного створення гумусового шару в пристовбурних смугах молодих дерев, захисту схилів від ерозії та відтворення ґрунтової родючості.

У зв'язку з викладеним, удосконалення технології та розробка нової конструкції агрегату, що забезпечує виконання декількох технологічних операцій для догляду за міжряддями і приствольними смугами плодкових насаджень, збереження і підвищення родючості ґрунтів на схилових землях є актуальною.

Робоча гіпотеза: забезпечення якісного зрізу, подрібнення трав'яної рослинності в міжряддях, подача і змішування мульчі трав'яної рослинності з ґрунтом в пристовбурних смугах може бути досягнуто шляхом визначення оптимальних параметрів і режимів роботи агрегату для догляду за міжряддями і пристовбурними смугами плодкових насаджень.

В роботі вирішена актуальна науково-технічна задача - обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів і режимів роботи агрегату для догляду за міжряддями плодкових насаджень, забезпечення якості розпушування ґрунту в пристовбурній смузі і рівномірного розподілу мульчі трав'яної рослинності на поверхні розрихленої ділянки пристовбурної смуги плодкових насаджень.

Обґрунтовано конструктивно-технологічна схема агрегату для догляду за міжряддями і пристовбурними смугами плодкових насаджень, що включає косарку-подрібнювач і фрезерний робочий орган з вертикальною віссю обертання, що дозволяє здійснювати конвеєрно-технологічний процес: з одного боку - мульчування, з іншого - прискорена гуміфікація пристовбурних смуг молодих плодкових насаджень.

Отримано аналітичні залежності, що дозволяють визначити: траєкторію руху, кінематичний режим роботи, колову швидкість і частоту обертання фрези, подачу і кут установки ножа фрези, крутний момент і витрати потужності на привід фрезерного робочого органу; раціональні

параметри ротаційного різального апарату косарки-подрібнювача, швидкість пересування агрегату і дальність польоту мульчі рослинності.

Визначено раціональні конструктивно-технологічні параметри пропонованого агрегату: швидкість пересування агрегату 1,5 ... 2,0 км / год; кутова швидкість обертання фрези  $35.45 \text{ c}^{-1}$ ; кут установки ножів  $60 \dots 65^\circ$ ; кутова швидкість обертання ротора  $195 \dots 205 \text{ c}^{-1}$ ; висота планки на роторі 40...45 мм.

Отримано регресійні моделі, що дозволяють встановити залежність якості кришіння ґрунту і рівномірності розподілення трав'яної рослинності на поверхні розпушеної ділянки смуги плодових насаджень від швидкості переміщення агрегату, кутової швидкості обертання фрези, кута установки ножа фрези, кутової швидкості обертання ротора і висоти планки на роторі і встановить оптимальне значення швидкості пересування агрегату (1,92 км/год), кутову швидкість обертання фрези ( $40,4 \text{ c}^{-1}$ ), кута установки ножа фрези (630), кутової швидкості обертання ротора ( $202 \text{ c}^{-1}$ ) і висоти планки на роторі (43мм), що забезпечують якість кришення ґрунту 92,3% при рівномірності розподілення мульчі трав'яної рослинності на поверхні розрихленої ділянки пристовбурної смуги 97,6%.

Встановлено, що розпушування пристовбурних смуг молодих плодових насаджень з покриттям поверхні ґрунту мульчують шаром із рослинності дозволяє підвищити вміст продуктивної вологи в ґрунті в середньому на 45,4%.

Реалізація запропонованого агрегату для догляду за міжряддями і пристовбурних смугами плодових насаджень в порівнянні з існуючими технологіями дозволить: отримати чистий дохід за період досліджень (3 роки) рівний 3986,76 тис. грн. на площі 20 га і окупити інвестиції за 0,5 років; знизити собівартість робіт в 1,6 рази.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Ellison W.D. Some effects of on infiltration and surface ranoff. *Agricultural Engineering*. 1947. 28(6). p. 245-149.
2. Pellizzi G. Indagine sperimentale su zappatrici rotative per lavorazione sulle colture arboree intraceppi. *Macchine e motori agricole*. 1964. 22. №1. P.65-74.

3. Ross P.J. Soil temperature and the Energy Balance of Vegetative Mulch in the Samiarid Tropics. Static Analysis of the Radiation Balance. *Soil Reserch*. 1985. P. 23



ШОСТАК В. В., магістрант  
СКРИПНИК В. О., доктор технічних наук, професор  
*Полтавський державний аграрний університет*

## **ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ ШНЕКОВОГО РОЗПОДІЛЮВАЧА ЗЕРНА**

Метою роботи є обґрунтування параметрів і режимів роботи шнекового транспортера-розподільника зерна, що забезпечує рівномірний розподіл зернової маси по горизонтальній, а також похилій поверхнях завантажування ємностей прямокутної форми.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі дослідження:

- Провести аналіз конструктивних схем існуючих завантажувальних пристроїв і вивчити закономірності формування профілю поверхні зернової маси в ємностях прямокутної форми.

- Обґрунтувати конструктивно-технологічну схему шнекового транспортера-розподільника зерна, що забезпечує рівномірний розподіл зернової маси по всій поверхні в прямокутних ємностях з горизонтальним і похилим розташуванням дна.

- Провести теоретичні дослідження процесу завантаження горизонтальних і похилих поверхонь зерною масою і встановити залежність ширини висипного отвори від конструктивно-режимних параметрів шнекового транспортера-розподільника зерна.

- Провести експериментальні дослідження запропонованого шнекового транспортера-розподільника зерна для визначення впливу його параметрів на процес заповнення горизонтальних і похилих поверхонь при різних режимах роботи пристрою.

**Предмет дослідження** - закономірності впливу параметрів шнекового транспортера-розподільника на рівномірність завантаження їм зерновий маси по горизонтальній, а також похилій поверхні ємності прямокутної форми.

**Об'єкт дослідження** - процес завантаження ємностей шнековим транспортером-розподільником зерна.

Під час проведення наукового теоретичного дослідження за даною магістерською роботою використано методики математичного просторового моделювання, диференційного та інтегрального числення. Теоретичні моделі щодо стирання зерна сої розроблені на основі законів теоретичної механіки.

Експериментальні досліді та випробування проведені за власною методикою. При обробці результатів експериментальних досліджень використані кореляційно-регресійні методи статистичного аналізу.

Методологія досліджень ґрунтується на методах системного аналізу, класичної механіки і математичної статистики. Теоретичні дослідження виконувалися на основі законів статичного і динамічного аналізу, теорії фізичного моделювання. Експериментальні дослідження проведені із застосуванням багатофакторного планування. Обробка результатів експериментів методами математичної статистики проведена з використанням програм Excel.

Зерно, як об'єкт дослідження, при його сушінні, транспортуванні і зберіганні розглядається у вигляді зернової маси. Зерновою масою називають складну біосистему, що утворюється в результаті обмолоту рослин і складається з зерен певної культури і різних домішок.

Будь-яка зернова маса складається з п'яти компонентів: зерно основної культури, повітря в міжзерновому просторі, домішки, мікроорганізми, шкідники хлібних запасів.

Фізичні властивості: форма і розмір часток, сипкість, шпаруватість, самосортування, гігроскопічність. Фізіологічні властивості: дихання, самозігрівання, проростання, післязбиральної дозрівання.

Розглядаючи властивості зернової маси в процесі завантаження ємностей різного призначення, будемо розглядати її як сипуча тіло або сипучий матеріал [1-3].

В результаті теоретичних досліджень були отримані наступні результати:

- обґрунтована конструкція запропонованого шнекового транспортера-розподільника, що дозволяє рівномірно розподіляти сипучий матеріал по всій довжині ємності і забезпечувати її максимальне завантаження;

- розроблена параметрична модель функціонування завантажувального пристрою при заповненні ємності;

- отримана залежність ширини висипного отвори на кожній ділянці по його довжині від конструктивно-режимних параметрів шнекового транспортера-розподільника;

- запропонований спосіб знаходження коефіцієнта закінчення сипучої маси через висипного отвір в залежності від ширини цього отвору;

- визначений режим роботи і оптимальна частота обертання шнека для забезпечення необхідної продуктивності з максимальним збереженням якості матеріалу.

У загальних висновках узагальнено результати досліджень.

В роботі вирішена актуальна науково-технічна задача - обґрунтовані параметри та режими роботи шнекового транспортера-розподільника зерна, що забезпечує рівномірний розподіл зерновий маси по сушильним лотків геліосушарки-зерноскладища, а також інших горизонтальних і похилих поверхнях завантажуються ємностей прямокутної форми. На підставі результатів теоретичних і експериментальних досліджень були сформульовані такі загальні висновки:

На основі аналізу існуючих завантажувальних пристроїв і профілю поверхні зернової маси, що формується ними, обґрунтована конструктивно-технологічна схема шнекового транспортера-розподільника зерна, що забезпечує рівномірний розподіл зерновий маси по всій поверхні в прямокутних ємностях з горизонтальним і похилим розташуванням дна, відмінною рисою якого є наявність висипного отвору внизу кожуха шнека по всій його довжині.

Величина нахилу дна завантажувальних ємностей визначається найбільшим кутом зовнішнього тертя зерна за матеріалом, з якого

виготовлено дно ємності, а кут природного укосу формується насипу може змінюватися від 28 до 35 градусів залежно від вологості зерна.

Рівномірний розподіл зернової маси шнековим транспортером-розподільником забезпечується за таких умов: коефіцієнт заповнення межвиткового простору шнека в зоні його завантаження повинен бути рівний 0,35; довжина вихідного отвору завантажувального бункера повинна бути дорівнює подвоєному значенню величини кроку шнека; величина зміщення завантажується ємності щодо початку висипного отвори в сторону його кінця при частоті обертання шнека  $309 \text{ хв}^{-1}$  - 130 мм; при  $364 \text{ хв}^{-1}$  - 156 мм. В результаті, відхилення від рівномірного розподілу зерна уздовж висипного отвору не перевищує 5% від середніх величин.

Визначено залежність діаметра шнека від довжини шнека при оптимальній частоті обертання шнека рівній  $309 \text{ хв}^{-1}$ : при довжині шнека 3; 5; 7; 11 м діаметр шнека відповідно дорівнює 200; 250; 315; 400 мм. При цьому крок шнека дорівнює його діаметру.

Використання запропонованої технологічної лінії завантаження шнековим транспортером-розподільником в порівнянні з існуючою технологією із застосуванням вирівнюють конвеєрів при завантаженні зерноскладу місткістю 5500 т дозволить отримати економічний ефект в цінах 2019 р від зниження питомих прямих експлуатаційних витрат в розмірі 93500 грн. при терміні окупності 1,2 року

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Konovalov V.V. Methods and results of research of the press extruder mixer-dosing unit. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2020. С. 012027
2. Konovalov, V.V. Modeling of the power of the drive of the spiral mixer *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*, 2020. P. 12-23
3. Some ideas on modeling stress propagation in granular media. *Book of Abstracts of the XXXV Summer School-Conference «Advanced Problems in Mechanics»*. June 20-28, 2008. St. Petersburg (Repino), Russia. P. 423-426



ЩЕРБАКОВ Р. В., магістрант  
ШЕЛУДЧЕНКО С. А., магістрант  
АРЕНДАРЕНКО В. М., кандидат технічних наук, доцент  
*Полтавський державний аграрний університет*

## **РОЗРОБКА ПРИСТРОЮ ДЛЯ ОБЕРЕЖНОГО ЗАВАНТАЖЕННЯ СИЛОСІВ ЗЕРНОВИМ МАТЕРІАЛОМ**

Сучасні силосні споруди завантажуються гравітаційним способом. Таке завантаження приводить до того, що зерно яке падає із значної висоти на бетонне дно силосу травмується. В нижній частині зернового насипу накопичується значна частина мікро і макро ушкодженого зерна. Таке зерно може негативно впливати на увесь процес функціонування силосу [1, 2]. Для того щоб позбутись цього негативного явища необхідно на початковій стадії завантаження використовувати спеціальна пристрої котрі б зменшували швидкість падіння зерна на бетонне дно силосу.

Відомо, що ушкоджене зерно, яке накопичується у нижній частині силосу менш стійке до зберігання і в його об'ємі інтенсивно розвивається патогенні мікроорганізми. Нижній травмований об'єм зерна інтенсивно дихає в наслідок чого виділяється значна кількість тепла і цей об'єм само зігрівається передаючи тепло вищим шарам зерна. Такі фізичні процеси котрі відбуваються у зерновому матеріалі приводять до порчі зерна або його повної загибелі.

Для зменшення швидкості падіння був розроблений пристрій [3] для обережного завантаження зерна в силос. Даний пристрій зменшує травмування зерна на початковій стадії завантаження силосу і зменшує ущільнення зернового насипу, а запаси потенціальної енергії завантажувального матеріалу використовується для рівномірного розподілення вантажу по усій площі силосу. Для цього нами пропонується тороподібна тарілка з вигнутими на зовні краями. Пристрій встановлюється в середині гофрованого рукава, який за допомогою механічного приводу може опускаться і підійматься в середині силосу. Тороподібна тарілка зорієнтована меншою своєю основою до внутрішнього простору гофрованого рукава. Із завантажувальної горловини зерновий вантаж попадає на вигнуту тарілку і взаємодіє з її боковою поверхнею. Вертикальний потік вантажу досягши тороподібної

тарілки почне ковзати по її поверхні і вилітає з тарілки вгору на певну висоту  $H$ , гасячи таким чином зайву кінетичну енергію, надлишок якої при зіткненні з днищем силосу призвів би до травмування зерна та втраті його суцільності. Вигнуті кромки тарілки поліпшують виліт зерна, не чинячи йому зайвого опору. Після сходу з робочої поверхні зерно летить як тіло кинуте під кутом до горизонту.

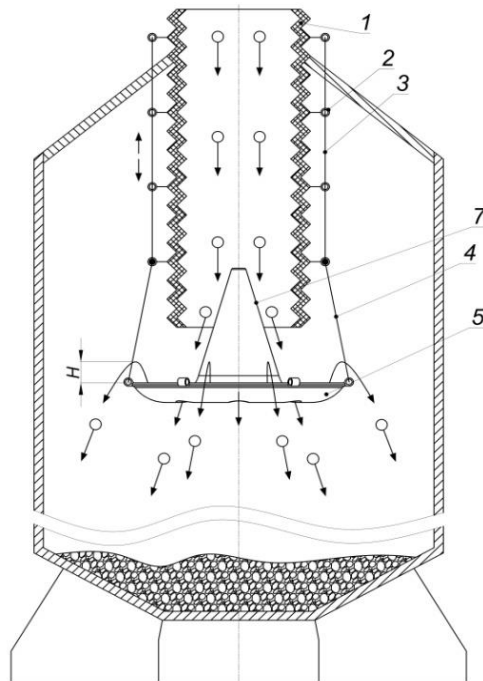


Рисунок 1 – Схема пристрою для обережного завантаження зерна в силос

Вихід зернового потоку з тарілки різними шляхами дозволяє збільшити площу поперечного зернового потоку, що рухається донизу силосу, рівномірно заповнюючи його нижню частину. Якщо в торовій тарілці виконати ряд отворів тоді, частина зернового вантажу пройде через ці отвори і вантаж буде розподілений по всій коловій площі силосу. Крім того таке завантаження знижує динамічне ущільнення вантажу: тобто окремі потоки, на які розділяється зерновий вантаж, взаємодіє із насипом з набагато меншою силою.

На рис. 1 наведена схема пристрою для обережного завантаження зерна в силос. Запропонований пристрій складається із гофрованого завантажувального рукава 1, що має на своїй зовнішній бічній стороні напрямні у вигляді кілець 2 з протягнутими крізь них тросами 3, механічного приводу (на рис.1 не вказано) підйому – опускання рукава та закріпленої ланками 4 до напрямних рукава 1 тороподібна тарілка 5 з вигнутими назовні краями 6, центральною конусоподібною напрямною 7,

зорієнтованою меншою своєю основою до внутрішнього простору рукава 1.

**Висновок.** Запропонований завантажувальний пристрій забезпечує рівномірне завантаження всього об'єму силосу протягом всього періоду завантаження, зменшує травмування зернового матеріалу і зменшує сегрегацію на всій ділянці вільного падіння зернового вантажу.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Самойленко Т.В., Арендаренко В.М., Мельник В.І. Теоретичне моделювання процесу гравітаційного завантаження силосу зерном по відкритому гвинтовому каналі. *Інженерія природокористування*. 2019. №2(12). С.73 – 78.

2. Шатохин И.В. Обоснование путей снижения травмирования семян ковшовыми элеваторам. Автореферат диссертации кандидата технических наук. Воронеж. 1986. – 16 с.

3. Пристрій для обережного завантаження зерна в силос. Патент на корисну модель. МПК В65В 1/06 (2006. 01), В65G 65/32 (2006. 01), А01F25/16 (2006. 01). [Текст] / Т.В. Самойленко, О.М.Іванов, В.М. Арендаренко.- UA №125628 U; заявл. 29.01.2018; опуб. 10.05.2018, Бюл. № 9



ЯРМАКОВИЧ С. О., магістрант

СКРИПНИК В. О., доктор технічних наук, професор

*Полтавський державний аграрний університет*

## УДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ОБЖАРЮВАННЯ М'ЯСНОЇ СИРОВИНИ У ВАКУУМНИХ ТЕРМОПАКЕТАХ

Метою роботи є удосконалення процесу обжарювання м'ясної сировини у вакуумних термопакетах шляхом обґрунтування його технологічних, конструктивних і техніко-економічних параметрів.

Для досягнення поставленої мети сформульовані наступні задачі дослідження:

– на основі аналізу літературних джерел обґрунтувати фактори інтенсифікації процесу обжарювання м'яса, в т.ч. і з використанням вакуумних термопакетів;

– розробити аналітичну модель процесу обжарювання м'ясної сировини у вакуумних термопакетах;

– дослідити вплив параметрів процесу обжарювання м'яса у вакуумних термопакетах на його техніко-економічні показники;

– визначити раціональні параметри процесу обжарювання м'яса в вакуумних термопакетах.

– визначити якість виробів з м'яса за удосконаленим процесом обжарювання з використанням вакуумних термопакетів;

– запропонувати технічне рішення реалізації удосконаленого процесу обжарювання м'яса у вакуумних термопакетах;

– визначити техніко-економічні показники удосконаленого процесу обжарювання м'яса у вакуумних термопакетах.

Об'єкт дослідження – процес обсмажування м'яса, в т.ч. у вакуумних термопакетах.

Предмет дослідження – напівфабрикати з м'яса яловичини, готові вироби після обжарювання за удосконаленим процесом у вакуумних термопакетах, апарати для обжарювання харчової сировини.

В основу методів теоретичних досліджень покладено основні положення теорії процесів і апаратів харчових і переробних виробництв та технології переробки м'яса.

Експериментальні дослідження проводили як за стандартними, так і за розробленими методиками з використанням сучасного обладнання та ПЕОМ.

В Україні щороку спостерігається зменшення поголів'я сільськогосподарських тварин, що зумовлює збільшення їх імпорту з країн Європи, Північної і Південної Америки і країн Східної Азії. Так, у січні-серпні 2021 року Україна імпортувала 21,2 тис. т свинини, що у грошовому еквіваленті на 20% більше, ніж за аналогічний період минулого року. Вартість такої сировини нижча за вітчизняну, а її якість – невисока. Крім того, не виключена можливість наявності в імпортованій м'ясній сировині вірусу сказу і слідів генно-модифікованих організмів (ГМО) через використання кормів із ГМО.

Зменшення поголів'я зумовлює більш повне використання м'ясної сировини, для чого розробляються нові методи механічної і термічної обробки м'ясної сировини. Розробка удосконаленого процесу обжарювання м'ясної сировини у вакуумних термопакетах, за якого покращаться його техніко-економічні показники і дотягнеться більш повний ступінь її переробки та достатня якість готових продуктів, є актуальною задачею.

У ході аналітичних досліджень встановлено, що існуючі технології переробки низькосортного м'яса не дозволяють його використання для виготовлення порційних натуральних обсмажених виробів через зсідання колагену та пов'язану з ним втрату початкової вологи напівфабрикату з м'яса. В наслідок такого обсмажування готові вироби стають не придатними до споживання через велику жорсткість та сухість. Для реального здійснення такого процесу потрібно забезпечити виконання ряду умов, серед яких створення перепони для виходу початкової вологи з напівфабрикату та підведення до нього достатньої кількості теплоти за невеликий проміжок часу.

Для створення перепони для виходу початкової вологи з м'яса назовні нами пропонується використання вакуумного пакування напівфабрикатів з низькосортного м'яса у термопакети з подальшим їх двобічним обсмажуванням в контактних грилях.

Аналітичні дослідження допомогли обґрунтувати фактори інтенсифікації процесу обсмажування з попереднім вакуумуванням напівфабрикатів з низькосортного м'яса в термопакети:

- зміна теплофізичних властивостей сировини, а саме збільшення коефіцієнту теплопровідності м'яса, що досягається процесом вакуумування;
- збільшення поверхні контакту між поверхнями нагрівання і поверхнею термопакету з напівфабрикатом;
- збільшення загального коефіцієнту теплопередачі від поверхонь нагрівання до поверхні напівфабрикату у вакуумному термопакеті за рахунок зменшення термічного опору теплопередачі між поверхнею нагрівання і поверхнею термопакету внаслідок стиснення;
- підвищення температурного рівня процесу термічного оброблення до 353...373 К.

Також доведено, що аналітичною моделлю процесу обсмажування в контактному грилі напівфабрикатів з низькосортного м'яса буде відоме рівняння [1]

$$\tau_0 = \frac{Fo \cdot \delta_m^2}{a}, \text{ с};$$

де  $\tau_0$  – тривалість процесу обсмажування, с;

$a$  – температуропровідність напівфабрикату з низькосортного м'яса, м<sup>2</sup>/с;

$\delta_m$  – товщина напівфабрикату у вакуумному термопакеті, м;

$Fo$  – критерій Фур'є.

У ході експериментальних досліджень встановлені раціональні параметри процесу обсмажування в контактному грилі (температура робочих поверхонь 373 К, початковий тиск у вакуумному термопакеті 10 кПа, стиснення з надлишковим тиском 11,5 кПа), які дозволяють отримати готовий продукт з максимальним виходом 90,1% та з мінімальною тривалістю процесу обсмажування 160 с і питомою витратою електроенергії 0,135 кВт·год./кг.

Крім того, доведено придатність до споживання і високу якість готових виробів у вакуумних термопакетах за фізико-хімічними, мікробіологічними та органолептичними показниками, зокрема активна кислотність після обсмажування м'яса у вакуумних термопакетах була вищою, ніж у вареного м'яса протягом 3600 с – 7,21 та 6,61 відповідно, що свідчить про покращення структурних властивостей м'яса, підвищення вологоутримуючої здатності, більшого переходу колагену в глютин; ніжність м'яса після обсмажування була краще у 1,5 рази порівняно з вареним м'ясом протягом 3600 с, що свідчить про більше ступінь переходу колагену в глютин; мікробіологічна обсемененість є в рекомендованих нормах, а органолептичні показники не гірше, ніж у вареного протягом 3600 с.

Загальний економічний ефект за економією сировини через використання низькосортного м'яса складає 45486,37 грн. на 1 т готової продукції.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бражников А. М. Аналитические методы исследования процессов термической обработки мясопродуктов. Москва, 1974. 232 с.



МЕДЯНИК В. В., магістрант

КОСТЕНКО О. М., доктор технічних наук, професор

ДРОЖЧАНА О. У., старший викладач

*Полтавський державний аграрний університет*

## ІНТЕНСИФІКАЦІЯ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ОЛІЇ

Ефективність технології очищення сирих та нерафінованих соняшникових олій від первинних та вторинних продуктів окислення залежить від багатьох факторів і насамперед:

- від якості очищення, обумовленої ступенем впливу на навколишнє середовище;
- від продуктивності, енергоємності та собівартості процесу очищення [2].

Дослідженням ультразвукового акустичного впливу на оброблювану олію [1] встановлена можливість отримання високої якості очищення. У подальших дослідженнях при аналізі роботи установки з певними технологічними режимами виявлено недоліки, що обмежують можливості способу та установки за параметрами продуктивності, енергоємності та собівартості. Нерівномірність поширення акустичних коливальних переміщень та їх згасання пов'язано з такими фізичними явищами, як заломлення, відображення, розсіювання, дифракція, інтерференція та поглинання. Розсіювання звуку залежить від показників середовища. Чим більше перешкод у середовищі, тим більше розсіювання. Відмінність стисливості середовища призводить до пульсації тіла, що розсіюється, причому переріз розсіювання базової бульбашки в рідині при його резонансних коливаннях у багато разів перевищує його поперечний переріз. Розсіювання акустичної хвилі на неоднорідностях середовища

викликає розпливання звукового пучка, що призводить до його згасання. Особливо це позначається на периферійних від збудника ультразвуку ділянках установки для очищення олії.

Підвищення технологічних можливостей очищення сирих та нерафінованих олій пов'язано з ефектом подрібнення повного або часткового агрегатного стану, фізико-хімічних властивостей суцільної фази, дроблення або коагуляції дисперсних частинок, гомогенізації середовища [1]:

$$I = \frac{M}{St}, \quad (1)$$

де  $M$  - кількість перенесеної речовини;

$S$  - одиниця площі або об'єму, крізь яку переноситься речовина,  $m^2$ ;

$t$  - час перенесення речовини, с.

Відповідно до закономірностей термодинаміки реальних процесів інтенсифікація аналізованого процесу очищення олії може бути забезпечена за лінійним законом переносу:

$$\frac{dM}{dt} = kSF, \quad (2)$$

де  $k$  - коефіцієнт швидкості технологічного процесу;

$F$  – рушійна сила процесу перенесення, Н·м.

З виразів (1) і (2) випливає, що кількість перенесеної речовини  $M$  пропорційно площі установки  $S$  і рушійній силі  $F$ . Звідси, тепло-, масообмінний процес можна інтенсифікувати шляхом додаткового перемішування та створення мікропотоків [1], що забезпечують активний вплив на рух рідини, газу та твердих частинок.

Зазначені недоліки акустичного впливу на очищувальну олію обумовлюють необхідність використання декомпозиційного методу з режимно-технологічною та апаратурно-конструктивною інтенсифікацією процесу. При цьому оптимальним прийнято рішення про розширення енергетичних впливів для створення в рідкому середовищі сукупної системи, що покращує мікродинамічну обстановку в масштабі установки для очищення олії.

Головними особливостями макродинамічної обстановки є можливість створення кількох видів фізичних впливів, спрямованих на зміну стану оброблюваного середовища.

Класифікацією енергетичних впливів прийняті механічні, акустичні, електричні, магнітні, теплові та радіаційні фізичні поля. Найбільш близьким до акустичного за факторами та результатами впливу є механічне поле (табл.1) [1].

Таблиця 1 – Характеристика основних енергетичних акустичних та механічних дій

| Вид       | Фактори дії                                                                                              | Фізико-механічні ефекти                                                                                                                      | Результати дії                                                                                                                           |
|-----------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Акустичні | Пружні та квазіпружні коливання в рідині                                                                 | Акустичні хвилі, акустична турбулентність, кавітація, кумулятивний ефект, резонанс, розклинюючий тиск, автоколивання, капілярний ефект       | Пульсації тиску, кумулятивний удар, зміна фізико-хімічних властивостей, активація, трансформація акустичної енергії в механічну, соноліз |
| Механічні | Удар, зсув, розтягування, вібрація, формування потоків з певними траєкторіями, швидкістю та прискоренням | Гідроудар, турбулентність, ефект Кишені, трибоефект, ефект Рейнольдса, автоколивання, накопичення дефектів структури, концентрація напружень | Пульсація тиску та швидкості потоків рідини, активація, трансформація кінетичної енергії в потенційну та іншу, енергетичне накачування   |

Загальними для інтенсифікації очищення рідкого середовища в акустичних та механічних видах впливів є пульсації тиску, швидкості та прискорення потоків; активація. У гідромеханічних процесах акустичні хвилі інтенсифікують відстоювання, флотацію, диспергування, перемішування, а масообмінних – адсорбцію, екстракцію, вилуговування.

Механічні впливи супроводжуються тепловими та акустичними ефектами, що також інтенсифікує процеси відстоювання, флотації, перемішування та в цілому прискорює фізико-хімічні та масообмінні явища.

Отже, ефективність фізичних впливів на рідинне середовище, що обробляється, може бути підвищено за рахунок інтенсифікації енергетичного стану об'єкт очищення. Розглянуті акустичні та механічні коливальні рухи взаємопов'язані один з одним по більшості параметрів і можуть бути застосовані як основний та додатковий. При цьому акустична обробка створює спрямовані акустичні потоки, а вібраційна – змінює кількісний показник результату, що отримується від основного.

### **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Берник П. С., Стоцько З. А., Паламарчук І. П., Яськов В. В., Зозуляк І. А. Механічні процеси і обладнання переробного та харчового виробництва: навч. посіб. Львів, 2004. 335с.
2. Осейко М. І. Технологія рослинних олій: підручник. Київ, 2006. 280с.



ФАСТИВЕЦЬ О., магістрант

ПАШЕНКО О., магістрант

МИХАЙЛЕЦЬ А. Б., магістрант

КОРЖ В. О., магістрант

ВЕЛИТ І. А., кандидат технічних наук, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

### **УДОСКОНАЛЕННЯ ПОТОКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ ПРИГОТУВАННЯ КОРМІВ НА МОЛОЧНІЙ ФЕРМІ**

Рівень споживання молока в Україні збільшується, а виробництво молочної продукції зменшується. Українська молочна продукція неконкурентоспроможна через високу ціну на сировину. В Україні ціни на молоко екстра та вищого ґатунку вищі, ніж у деяких країнах європейської спільноти. Тому Україна не можемо експортувати продукцію попри квоти,

а в Україну за рахунок сільськогосподарської політики з ЄС заходять імпорتنі молочні продукти [1].

За останні роки виробництво тваринницької продукції в усіх категоріях господарств падає, економічний ефект знижується і збільшується імпорт зарубіжних товарів. Відзначався перерозподіл худоби з сільськогосподарських підприємств на селянські господарства. Сільськогосподарські підприємства та селянські господарства багато в чому залишаються залежними від стану тваринництва товаровиробників, зокрема, від поставок молодняку, насіння, кормів та ін. Обраний напрям фермерства сільськогосподарського виробництва не приніс бажаних результатів. Число селянських господарств в даний час постійно скорочується. Їм належить ще довгий процес розвитку і адаптації в системі агропромислового комплексу країни. Самостійне їх становлення без зв'язків з господарствами громадського сектора може дати хороші результати при забезпеченні їх достатніми фінансовими ресурсами і можливості придбання основних і оборотних коштів і відповідної інфраструктури [2].

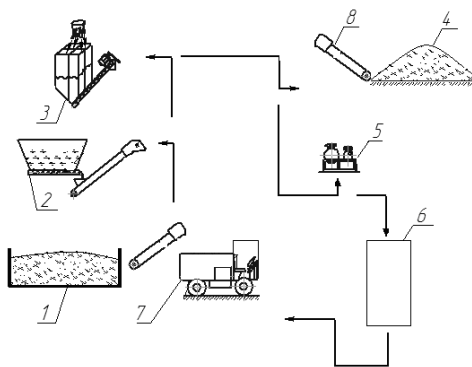
В сільськогосподарських підприємствах утримується 55,7% усього поголів'я великої рогатої худоби, де їх кількість у середньому перевищує 1000 голів. Водночас, лише 2,4% від усього поголів'я ВРХ утримується у 36,7% підприємств у групах до 50 і до 100 голів на середнє одне господарство. Вони виробляють 49,7% молока і 58,8% яловичини [1].

Рівень комплексної механізації на діючих фермах великої рогатої худоби складає 55 ... 60%. Відставання рівня механізації роздачі кормів пояснюється тим, що даний технологічний процес на відміну від процесів доїння і видалення гною більше залежить від складу раціону, технології заготівлі та зберігання кормів. Технічною базою для механізації технологічних процесів на фермах великої рогатої худоби є серійна техніка, передбачена системою машин для комплексної механізації сільськогосподарського виробництва. Однак більшість машин та обладнання для сільського господарства не випускається. Практично на сьогоднішній день половина парку основних видів техніки в сільгосппідприємствах виробила нормативний термін. В даний час на тваринницьких фермах налічується доїльні установок, кормороздавачі,

гноєприбиральні транспортери, з яких 55%-58% потрібно замінити. а рівень поставки техніки з кожним роком різко знижується.

Щоб полегшити підготовку кормів до згодовування і поліпшити їх засвоєння організмом тварини на молочних фермах використовують малогабаритні подрібнювачі зернових компонентів [3,4]. В потоково-технологічній лінії використовують агрегат для плющення зерна [5] . Отримані в результаті плющення пластівці характеризуються зруйнованою внутрішньою структурою зерен, що сприяє більш легкому проникненню і дії шлункового соку в організмі тварин. Такий продукт характеризується високим ступенем засвоюваності, підвищується приріст тварин на відгодівлі і позитивно впливає на зростання надоїв молока.

З застосуванням агрегату для плющення зерна в потоково-технологічних лініях приготування кормів, зупиняємося на такій потоково-технологічній схемі приготування кормів (рис.1).



1 – силосна яма; 2 – подрібнювач коренеплодів КПИ-4; 3 – бункер для концентрованих кормів ДК-20, плющилка для переробки зерна; 4 – скирта для грубих кормів; 5 – ємність для живильних домішок; 6 – корівник; 7 – кормороздавач-змішувач; 8 – завантажувач кормів ТК-5

Рисунок 1 – Технологічна схема приготування кормів з використанням агрегату для плющення зерна.

Згідно розрахунків визначилися з обладнанням в технології приготування та роздавання кормів та підібрали обладнання потоково-технологічних ліній: подрібнення коренебульбоплодів, подрібнення грубих та стеблових кормів, плющення зернових кормів та завантаження їх, змішування.

На потоково-технологічній лінії подрібнення грубих та соковитих кормів використовуємо скребковий транспортер ТК-5 для завантаження в

бункер кормороздавача-змішувача, зернові корми переробляються агрегатом для плющення зерна і завантажуються з бункера ДК-20, для подрібнення коренебульбоплодів використовували подрібнювач коренеплодів КПІ-4, живильні домішки подаються по трубопроводу. Кормороздавач-змішувач подрібнює та перемішує корми до подальшого роздавання його по лінії годівлі.

Представлена технологічна схема системи приготування кормів на фермі, в основу якої покладений принцип, котрий полягає в тому, що переробка кормових компонентів здійснюється комплектом самостійних електрифікованих машин, а їх змішування й роздача проводяться за допомогою мобільного змішувача-роздавача. В комплект обладнання входить агрегат для плющення зерна, що працює на всіх видах зернових і бобових культур, не вимагає додаткового очищення зерна після комбайна. При використанні технологічної схеми приготування кормів зменшуються витрати електроенергії на 27%.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Державна служба статистики України. Тваринництво України. Статистичний збірник. Київ 2020. 158с.
2. Котова, Н. Селянське (фермерське) господарство «Котової Н.М.» *Тваринництво для всіх*. 2004. № 6. С. 16.
3. Рожківський М.Ф. Розробка наукових основ, створення впровадження прогресивних технологій та комплексу машин нового покоління. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. Глеваха, 2006. Вип. 90. С. 324-338.
4. Велит І.А., Іванкова О.В., Бовсуновський В.М., Бурлака О.А. *Машини та обладнання для кормоприготування*. Навчальний посібник. Полтава, 2019р. 92с.
5. Велит І.А., Бондаренко О.Д. Агрегат для плющення зерна в потоково-технологічних лініях кормоприготувального відділення молочної ферми. *Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*. 2018р. №48. С.164-170.



## **ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ТА ОДНОРІДНОСТІ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ ГОТОВОГО ПРОДУКТУ ПРИ ПОДРІБНЕННІ ЗЕРНА**

На даний час стан тваринницької галузі в Україні під загрозою. Велика кількість захворювань свиней та скорочення великої рогатої худоби є постійним негативним явищем.

Актуальним питанням залишається підвищення конкурентоспроможності аграрних підприємств на європейському ринку.

Комплексне впровадження інновацій в кормовиробництві та в галузі тваринництва найнеобхідніше для подолання кризових явищ та при вирішенні виробничих проблем.

Основними засобами виробництва, якими користуються при приготуванні комбікормів на основі зернової суміші, на даний час, являється дробарка, в конструкцію якої входить молотоподібні подрібнювачі [1,2,3]. За рахунок удару відбувається руйнування зерна.

Основною складовою зернових дробарок також слугують решітні системи сепарації подрібненого зерна.

В наслідок ударних навантажень та тертя спостерігається інтенсивне зношування робочої поверхні молотка та решета зернової дробарки.

Технологічна, економічна та енергетична ефективність роботи її зернової дробарки знижується в наслідок великої кількості ударів і тертя, а також старіння металевої конструкції що призводить до поступової втрати якості подрібнення зерна.

Тому наукова проблема, пов'язана з пошуком конструкційного рішення для підвищення енергоефективності роботи дробарки являється актуальною в наш час.

Мета нашого дослідження – підвищення енергоефективності та довговічності системи сепарації дробарок шляхом удосконалення конструкції решет.

Для досягнення поставленої мети сформульовані такі задачі та стратегії дослідження:

1. Порівняння та аналіз особливості конструкцій решітних систем сепарації зерна в дробарках. Також висвітлити особливості умов та специфіку їх використання.

2. Дізнатися що призвело до прискореного виходу з ладу робочих органів для подрібнення зерна. Запропонувати механізми щодо збільшення терміну використання решет дробарок.

3. За допомогою теоретичних та експериментальних досліджень знайти та визначити характеристики дробарок за умови підвищення енергоефективності.

Пошук технічних технологічних та інших інженерних рішень по даному дослідженню буде проведено за напрямками зменшення енергетичних витрат та підвищення стійкості конструкційних параметрів робочих органів молоткових дробарок щодо абразивно-ударного зношування.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дацишин О. В., Ткачук А. І., Чубов Д. С. Машини та обладнання переробних виробництв: Навчальний посібник Київ, 2005. 159 с.

2. Сидашенко А.И., Скобло Т. С. Анализ причин преждевременного износа и разрушения деталей машин сельскохозяйственной техники. *Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексів*. Харків, 2014. №1. С. 105 - 113.

3. Ревенко І. І., Кукта Г. М., Манько В. М. Механізація виробництва продукції тваринництва Київ, 1994. 264 с.



ПАШЕНКО О., магістрант  
МИХАЙЛЕЦЬ А. Б., магістрант

ФАСТИВЕЦЬ О., магістрант

КОРЖ В. О., магістрант

ВЕЛИТ І. А., кандидат технічних наук, доцент

*Полтавський державний аграрний університет*

## **УДОСКОНАЛЕННЯ ПОТОКОВО-ТЕХНОЛОГІЧНОЇ ЛІНІЇ РОЗДАВАННЯ КОРМІВ НА СВИНОФЕРМІ З ВИКОРИСТАННЯМ КОРМОРОЗДОВАЧА ЗМІШУВАЧА**

Аграрна реформа, що проводиться в країні, змінила організаційно-економічні, правові, соціальні та інші умови функціонування АПК та його основної ланки – тваринництва, які безпосередньо вплинули на ефективність виробництва. Але, на жаль, помилки та упущення у проведенні реформ завдали відчутної шкоди народному господарству: спаду виробництва, погіршення соціального та економічного становища товаровиробника і, як наслідок, звуження інвестицій у соціальну та виробничу сфери. .

У цих умовах дуже важливо якомога глибше і всебічно проаналізувати ситуацію з метою визначення ефективності шляхів і методів підвищення економічної ефективності виробництва продукції тваринництва.

Одним із перспективних напрямів підвищення ефективності виробництва є проведення реконструкції тваринницьких ферм з використанням перспективних технологій утримання та годівлі тварин, організації праці, що враховують особливості фізіологічного стану та рівень продуктивності тварин. Порівняно з новим будівництвом реконструкція дозволяє за порівняно невеликих витрат і в короткі терміни значно підняти продуктивність, покращити умови праці тваринників, збільшити віддачу наявних фондів.

Відновлення виробництва продукції свинини в умовах ринку, конкурентної боротьби та необхідності протистояння імпорту іноземних продуктів має здійснюватися на якісно новому технологічному та технічному рівнях, що забезпечують більш повну реалізацію генетичного потенціалу тварин, раціональне використання кормів, робочого часу,

енергоресурсів, основних фондів, отримання високоякісних, екологічно чистих конкурентів продуктів. Не можна відновлювати виробництво продукції за параметрами з відставанням від західних стандартів з трудомісткості в 15...20 разів, енергоємності в 2,5...3,5, витрат кормів у 2.5...3 та продуктивності в 2.. .4 рази.

У справі розвитку агропромислового комплексу, зокрема відновлення виробництва свинарства, значне місце має відводитися використанню досягнень науки і техніки [1].

Необхідно відзначити, що зусилля науково-дослідних інститутів, конструкторських бюро, вузів, що мають науковий потенціал та експериментально-виробничу базу, не дозволяють досягти належних комплексних результатів, насамперед через кризову ситуацію, в якій виявилася країна, АПК, у тому числі вітчизняна агроінженерна наука[2].

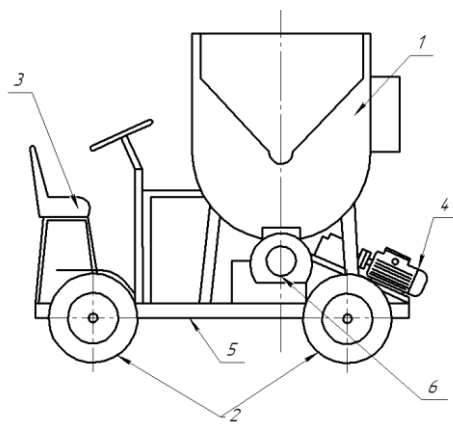
Через відсутність коштів на розробку, виготовлення дослідних зразків нової техніки затягнулися терміни створення пріоритетних машин та обладнання. Відсутність експериментальних об'єктів, що не дозволяє відпрацьовувати нові технології, накопичувати матеріали для подальшого розвитку теоретичних основ, удосконалення механізованих процесів, автоматизації, уточнення форм організації праці та управління виробництвом.

Для відновлення поголів'я та збільшення виробництва продукції свинарства пріоритетним напрямом має бути забезпечення тваринництва повноцінними кормами (комбікормами), у тому числі власного виробництва, розробка науково обґрунтованих пропозицій щодо реконструкції та технічного переоснащення діючих об'єктів[3,4].

Для доставки і роздачі кормів свиням виділяють наступні способи: 1) мобільними машинами, самохідними або причіпними; 2) стаціонарними транспортерними установками; 3) доставка до свинарнику мобільними машинами, а роздача - стаціонарними; 4) доставка до свинарнику мобільними машинами, а розподіл по фронті годівлі роздавачами з обмеженою мобільністю. Найбільш надійний спосіб - за рахунок резервування - доставка і роздача мобільними кормороздавачами. Для рівномірного розподілу і зволоження кормів при вивантаженні їх в годівниці застосовують вагові пристрої. Переміщення сухих кормів по кормовому проводу здійснюється під дією потоку повітря.

Мобільні кормороздавачі, в порівнянні зі стаціонарними, мають невелику енергоємність і металоємність, більш продуктивні. Перевагою такого типу роздавачів є також простота конструкції і надійність в роботі, високий коефіцієнт використання [5]. Але у більшості випадків використовують кормороздавач, який переміщується на рейках. Кормороздавачі КС-1,5 можна використовувати для приготування і роздачі як вологих мішалок, так і напіврідких і сухих кормів на свиновідгодівельних фермах.

Кормороздавач КС-1,5 – багато ємнісний. Він призначений для нормованої роздачі мішанок вологістю 65-75% для свиноматок, а також сухого комбікорму і відвійок для поросят-сосунків в свинарниках-маточниках.



1 – бункер, 2 – пневматичні шини, 3 – місце для оператора, 4 – електромотор, 5 – рама, 6 – шнековий дозатор

Рисунок 1 – Удосконалена конструкція кормороздавача КС-1,5 на пневматичних колесах.

Кормороздавачі запропонованої конструкції працездатні, прості в виготовленні, надійні в роботі, відповідають зоотехнічним вимогам[6].

Кормороздавач-змішувач обладнаний електронною системою для зважування корму, яка відображає на дисплеї загальну масу усіх кормів і зберігає точні пропорції компонентів кормів у відповідності до раціону. Технічні характеристики кормороздавача-змішувача представлені в таблиці 1

Дана конструкція з технічними характеристиками забезпечує продуктивність стада на свинофермі фермі до 1000 голів. Кормороздавач-змішувач змішує і роздає корми по обидві лінії роздавання. Швидкість

руху кормороздавача достатня для нормованої видачі корму. Кормороздавач забезпечує згідно зоотехнічними нормами якість кормової суміші. Корм не забруднений ПММ.

Таблиця 1 – Технічні характеристики кормороздавача-змішувача

| Найменування                    | Показники |
|---------------------------------|-----------|
| Вантажопід'ємність              | 1,5 т     |
| Продуктивність                  | 1,4 т/год |
| Швидкість руху:                 |           |
| при повному завантаженні кузова | 8 км/год  |
| при підборі матеріалу           | 3 км/год  |
| при роздачі корму               | 4 км/год  |
| Кількість шнеків                | 2шт       |
| Змішувач                        | 1шт       |

Досліджено нерівномірність дозування та питомі витрати енергії кормороздавачів з різним конструктивним виконанням. Результати досліджень кормороздавачів-змішувачів при видачі корму в індивідуальні та групові годівниці приведено в таблиці 2 [7].

Таблиця 2 – Результати досліджень кормороздавачів-змішувачів при видачі корму в індивідуальні та групові годівниці

| Показники                                                   | Норма корму, кг | Нерівномірність дозування, % | Питомі витрати енергії, Вт с/кг |
|-------------------------------------------------------------|-----------------|------------------------------|---------------------------------|
| Кормороздавач на рельсовому візку зі шнековим дозатором     |                 |                              |                                 |
| Вологі мішанки (W=66%)                                      | 5,2             | 2,75                         | 0,093                           |
| Суха кормова суміш (W=12%)                                  | 4,9             | 1,5                          | 0,096                           |
| Кормороздавач на рельсовому візку з барабаним дозатором     |                 |                              |                                 |
| Вологі мішанки (W=66%)                                      | 5,75            | 2,41                         | 0,092                           |
| Суха кормова суміш (W=12%)                                  | 3,3             | 1,78                         | 0,07                            |
| Кормороздавач на пневматичних колесах зі шнековим дозатором |                 |                              |                                 |
| Вологі мішанки (W=66%)                                      | 5,59            | 2,82                         | 0,09                            |
| Суха кормова суміш (W=12%)                                  | 5,17            | 1,55                         | 0,085                           |

Аналіз результатів показує, що кормороздавачі можуть видавати сухі розсипні кормові суміші і вологі мішанки в групові та індивідуальні годівниці. Межі регулювання подачі забезпечують необхідну норму видачі свиням відповідно до зоотехнічних вимог.

Застосування електромобільних кормороздавачів з удосконаленими конструктивними параметрами ходової частини на пневматичні колеса дозволяє знизити витрата електроенергії на процес роздавання кормової суміші на 3,3% порівняно з кормороздавачем на рельсовому візку зі шнековим дозатором, зменшити собівартість виробництва свинини в фермерських господарствах.

Результати дослідження процесу дозування робочими органами електромобільного кормороздавача за показниками нерівномірності і питомих енерговитрат знаходяться в наступних межах: шнековий дозуючий орган в ручному режимі: нерівномірність дозування корму знаходиться в межах від  $-10\%$  до  $+37\%$  і в середньому становить  $17,29\%$ ; – шнековий дозатор з керованою захоплюючої здатністю: при частоті обертання в межах  $2,0-6,0 \text{ c}^{-1}$  і положенні заслінки від  $0,075$  до  $0,160 \text{ м}$  нерівномірність знаходиться в межах зоотехнічних вимог і не перевищує  $5\%$ .

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Баньковська І. Б. Модель оптимізації виробництва якісної свинини в сучасних умовах товарного свинарства. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*, 2016. № 250. С. 114 – 124.
2. Вдовенко Н. М., Грищенко Н. П., Шепелєв В. С. Регулювання ринку свинини України в умовах євроінтеграції: [монографія] Київ, 2017. 371 с.
3. Державна служба статистики України. [Електронний ресурс], 2020, Режим доступу: [www.ukrstat.gov.ua](http://www.ukrstat.gov.ua).
4. Волощук. В. М. Стан і перспективи розвитку галузі свинарства. *Вісник аграрної науки*, 2014. № 2. С. 17 – 20.

5. Велит І.А., Іванкова О.В., Бовсуновський В.М., Бурлака О.А. Машина та обладнання для кормоприготування. Навчальний посібник. Полтава, 2019р. 92с.

6. Велит І.А., Дрейман І., Безуглий А., Удосконалення конструкції кормороздавача для використання на малих та середній свинофермах. *Матеріали 17 Міжнародного форуму молоді «Молодь та сільськогосподарська техніка у ХХІ сторіччі», 25-26 березня. Харків, 2021р. с.27.*

7. Велит І.А., Скиба М.М., Дорохін Р.С. Економічна оцінка ефективності використання кормороздавача - змішувача для сімейних ферм. *Матеріали IV Міжнародної науково-практичної Інтернет конференції «Хімія, екологія та освіта» 21-22 травня. Полтава, 2020р. с. 32-34.*



БУРЦОВА М. А., магістрант

ШАДЯН А. В., магістрант

*Полтавський державний аграрний університет*

## **РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ НАГРІВУ КОРЕНЕПЛОДІВ**

Довге зберігання коренеплодів в сирому вигляді потребує більших енерговитрат на підтримання раціональної вологості, температурного стану, кількісного газового складу у сховищі та інших параметрів. Навіть при підтриманні оптимальних параметрів зберігання певна частка врожаю зменшує свою товарну придатність, а інша - втрачає свої біологічно активні речовини за рахунок природних процесів життєдіяльності, що відбуваються в коренеплодах.

Одним з перспективних способів тривалого зберігання коренеплодів з максимальним вмістом вітамінів і мікроелементів є сушка.

Коренеплоди зневодненні при застосування новітніх підходів та устаткування зберігають до 96% корисних мікроелементів та вітамінів і можуть бути віднесені до продуктів за значною біологічною активністю.

Технологія використання сушки при промислому теплопідводі до вологих продуктів сприяє майже 100% використанню підведеної до коренеплодів енергії. На відміну від всіх інших видів сушіння, енергія підводиться безпосередньо до води продукту, чим досягається висока ККД процесу сушіння.

Тому дослідження, направлені на поліпшення умов зневоднення продуктів з використанням проминистого способу підводу теплової енергії є безумовно актуальними та мають суттєве практичне застосування.

Для аналізу і розрахунку процесу сушіння необхідно знати теплофізичні характеристики коренеплодів, такі як коефіцієнт теплопровідності, коефіцієнт температуропровідності, теплоємність сировини. Теплофізичні характеристики впливають на швидкість протікання тепло- і масообміну [1].

Фізичні та теплофізичні властивості та характеристики коренеплодів наведені в таблицях 1, 2.

Таблиці 1 – Фізичні показники коренеплодів [1]

| Коренеплод | $w$       | $\rho_n$ , кг/м <sup>3</sup> |
|------------|-----------|------------------------------|
| Морква     | 0,91      | 625                          |
| Буряк      | 0,74-0,81 | 555                          |
| Топінамбур | 0,8-0,81  | 515                          |

Таблиці 2 – Фізичні показники коренеплодів [1]

| Коренеплод | $c_v$ , кДж/(м <sup>3</sup> ·К) | $\lambda$ , Вт/(м·К) | $a \cdot 10^{-8}$ , м <sup>2</sup> /с |
|------------|---------------------------------|----------------------|---------------------------------------|
| Морква     | 3140-4000                       | 0,57                 | 13,6                                  |
| Буряк      | 3440-3530                       | 0,49                 | 13,1                                  |
| Топінамбур | 3930                            | 0,41                 | 11,4                                  |

Значення теплофізичних характеристик для різних сортів коренеплодів помітно відрізняються. Це викликано неоднаковою пористістю і масовою часткою вологи в коренеплодах, а також тим, що зразки, призначені для переробки, беруться з різних частин коренеплодів.

Експериментально встановлено, що фізична щільність серцевини більше, ніж поверхневих шарів коренеплодів [2]. З цієї причини теплопровідність серцевини більше, ніж поверхневих шарів. Значення теплофізичних характеристик, отримані різними експериментальними методами, мають деякі відмінності. Так, для моркви визначення за методом імпульсного джерела величини коефіцієнта теплопровідності і температуропровідності, відповідно  $0,62 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$  і  $0,15 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}$ , а за методом бікалориметра двох точок  $0,61 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$  і  $0,164 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}$  [1].

На величину теплофізичних характеристик впливає походження і природа речовини. Розміри і розташування квазічастинок на молекулярному рівні мають різний характер навіть для одного сорту матеріалу, виробленого в різних умовах [1].

За узагальненими даними, наведеними професором Г.К. Філоненко [3]:

– моркві відповідають наступні значення теплофізичних характеристик: питома теплоємність  $3,13\text{--}3,8 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{град)}$ ; коефіцієнт теплопровідності  $0,17\text{--}0,638 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$ ; коефіцієнт температуропровідності  $0,113\text{--}0,269 \cdot 10^{-6} \text{ м}^2/\text{сек}$ ;

– буряку відповідають наступні значення теплофізичних характеристик: питома теплоємність  $3,34\text{--}3,8 \text{ кДж/(кг}\cdot\text{град)}$ ; коефіцієнт теплопровідності  $0,25\text{--}0,638 \text{ Вт/(м}\cdot\text{град)}$ ; коефіцієнт температуропровідності  $a \cdot 10^2 = 0,077\text{--}0,169 \text{ м}^2/\text{сек}$ .

Наведені значення коефіцієнтів теплопровідності і температуропровідності свідчать про те, що в процесі сушіння коренеплодів швидкість поширення теплоти в об'ємі продукту невелика. Отже, сушка великих частинок призводить до того, що зовнішні шари продукту мають більш високу температуру, ніж внутрішні.

Для відстеження характеру зміни температури нагріву коренеплодів на різних режимах функціонування різнотипних променистих нагрівачів був проведений ряд експериментальних досліджень.

Аналіз отриманих даних дозволив встановити, що температура нагріву коренеплодів (рис.1) безпосередньо залежить від параметрів ІЧ-енергопідводу. Розглянуто вплив трьох чинників: потужності випромінювача (600 Вт (-1), 1000 Вт (0) і 1400 Вт (+1)); часу нагріву (58 сек (-1), 328 (0) і 598 сек (+1)); відстані між випромінювачем і коренеплодами (148 мм (-1), 198 мм (0) і 248 мм (+1)). Отримано рівняння регресії:

$$y_1 = 118.75 + 28.66x_{1м} + 16.57x_{2н} - 24.29x_3 - 22.21x_{1м}^2 - 13.89x_{2н}^2 + 10.93x_3^2 - 8.5x_{1м}x_3,$$

де  $x_{1м}$  – потужність випромінювача, Вт;

$x_{2н}$  – час нагріву, сек;

$x_3$  – відстань між випромінювачем та коренеплодами, мм;

$y_1$  – температура нагріву коренеплодів, С.

Як і слід було очікувати, поверхні відгуку нагріву коренеплодів, наведені на рисунку 1, є експоненціальні залежності. Експонентний характер нагріву коренеплодів в процесі опромінення його потужним потоком ІЧ-випромінювання вказує на чіткий вплив показника концентрації потужності на швидкість нагріву продукту.

В якості головного якісного параметра біотехнічних умов нагрівання при отриманні продуктів високої біологічної активності прийнята температура коренеплодів, яка не повинна перевищувати 60 °С.

Протягом повного циклу опромінення - 598 секунд, що на відстані 225-248 мм при потужності випромінювача 400 Вт, температура нагріву коренеплодів не перевищує 60°С. Мінімальна температура нагріву коренеплодів (39°С) спостерігається при параметрах ІЧ-енергопідводу: 400 Вт, 58 сек і 248 мм. Максимальна температура нагріву коренеплодів (180°С) спостерігається при наступних параметрах ІЧ-енергопідводу 1400 Вт, 328-598 сек і 148 мм.

Перевірка гіпотези про адекватність отриманих рівнянь здійснювалась за допомогою критерію Фішера:

$$F = 0,48 \leq 3,8.$$

Гіпотеза не відкидається, рівняння регресії визнається адекватним.

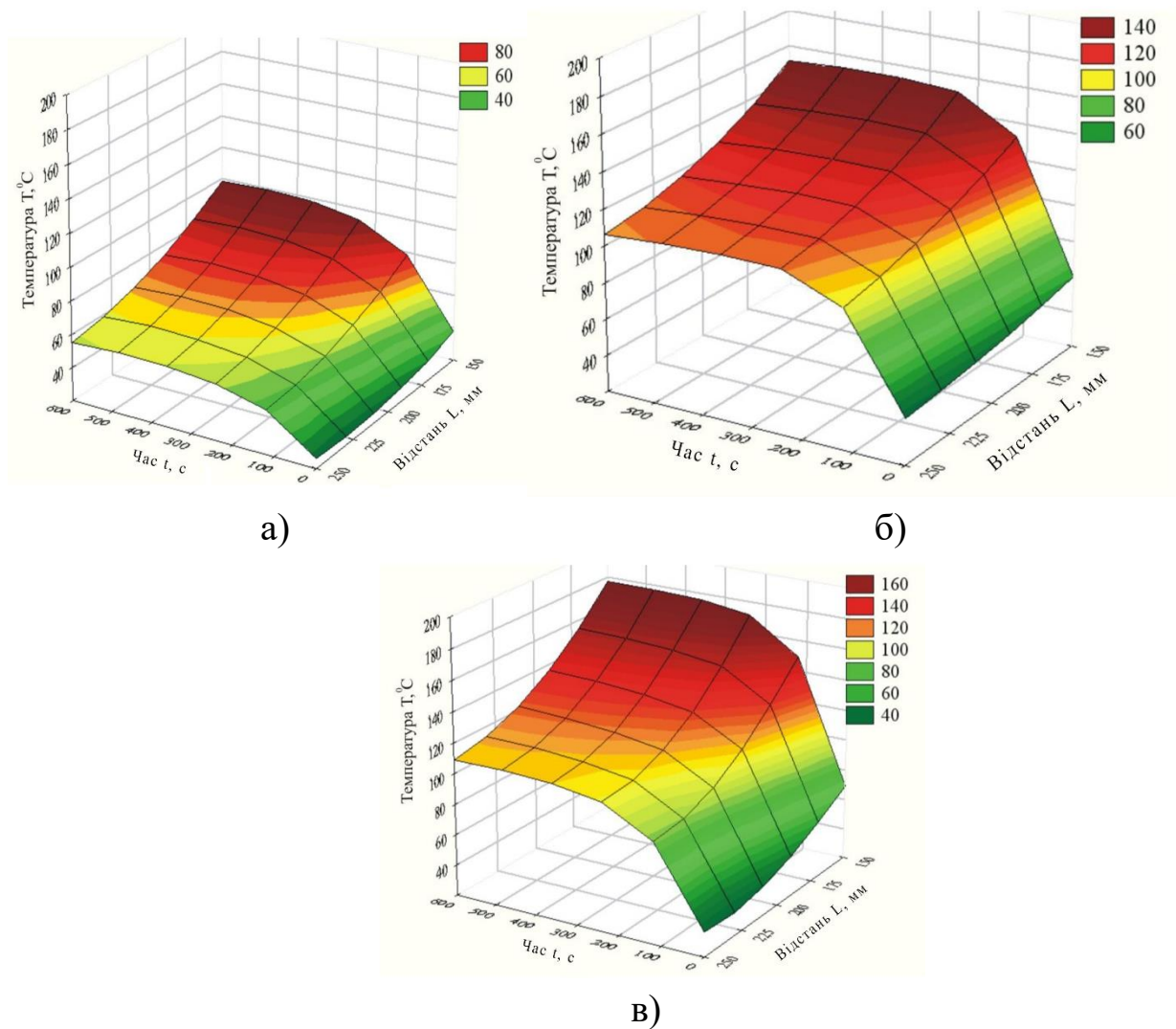


Рисунок 1 - Залежність температури нагріву коренеплодів від параметрів ІЧ-енергопідводу: а - потужність випромінювача 400 Вт; б - потужність випромінювача 1000 Вт; в - потужність випромінювача 1400 Вт.

Оптимальна відстань від ІЧ-випромінювача потужністю 500 Вт до опромінюваної поверхні коренеплоди становить 225-250 мм; при цьому відстані температура нагріву не перевищує 60°C протягом одного повного циклу імпульсного перериваного опромінення.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Гинзбург А. С. Теплофизические характеристики пищевых продуктов. Справочник. Москва, 1990. 287 с.
2. Лягина Л.А. Повышение эффективности сушки продуктов растительного происхождения за счет инфракрасно-конвективного

воздействия: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.20.02. Саратов, 2010. 23 с.

З. Филатов В.В. Совершенствование процесса термообработки зерна при инфракрасном энергопідводе: дис. ... канд. техн. наук: 05.18.12, 05.02.13. Омск, 2005. 312 с.



БОРОВИК В. А., магістрант  
ГРЕЧКО В. О., магістрант  
ПЕРФІЛОВ О. О., магістрант  
ТУМКО В. І., магістрант

*Полтавський державний аграрний університет*

## **КІНЕМАТИКА РУХУ ЗЕРНА ПО РУХОМІЙ РОБОЧІЙ ПОВЕРХНІ РЕШЕТА СЕПАРАТОРА**

На післязбиральну обробку і зберігання зерна припадають значні витрати, пов'язані з його виробництвом. Найбільш гостро дана ситуація постає для насінницької галузі, при цьому загальний рівень забезпеченості виробничих сільськогосподарських підприємств засобами вторинного очищення становить близько 12% від необхідної.

Для вирішення окресленої проблеми необхідно поліпшувати технології та підвищувати продуктивність відповідних технічних засобів. Широке використання перспективних сучасних зерноочисних машин дозволить знизити витрати на обробку зерна.

Ключовими конструктивними елементами технічних засобів сепарації для вторинного очищення зерна, є пробивні решета. З них найбільш застосовними вважаються полотна з прямокутними отворами, що здійснюють розподіл насіння по товщині. Ці решета мають набагато більшу величину питомої продуктивності, ніж решета з круглими отворами.

До досліджень останніх років, присвяченим удосконаленню конструкцій самих решіт можна віднести роботи [1,2] та інші. При їх

аналізі з'ясовано, що за рахунок продуманої геометрії перемичок решета можна підвищити його пропускну здатність і зменшити рівень травмування зерна.

У більшості випадків удосконалення конструкцій решіт пов'язане з кінематичними параметрами їх коливань. В.Н. Мінаєв і Х. Реггі при дослідженні кінематичних параметрів профільованих решіт прийшли до висновку, що максимальна ефективність сепарації, при всіх використовуваних навантаженнях відповідає амплітуді  $r = 15$  мм [3]. В.Н. Мінаєв і Х. Реггі повідомляють, що плоскі решета забезпечують повноту поділу на 10 ... 15% нижче від профільованих у всьому діапазоні зміни питомих навантажень [3]. Настільки суттєве покращення технологічного процесу функціонування решета дослідники пояснюють інтенсифікацією поздовжнього розташування частинок профільованим решетом. Однак вони не враховують, що не для будь-яких типів отворів решета можна призначати великі (порівняно) амплітуди коливань. При переході на значно вищі амплітуди коливань решета збільшуються своє прискорення, крім того, за умови якщо довжину підвісок залишити аналогічними до традиційних варіантів у вітчизняних зерноочисних машин, спотворюється закон коливань решіт.

В інших випадках, для сепарації зерна доцільно застосувати негармонійний закон коливань решета. У роботі [4] досліджується решета з круглими отворами для відокремлення вівсюга. Решітний стан, що приводився в зворотно-поступальний рух за допомогою чотирьовального вібратора, придатний для реалізації гармонійних та бігармонійних коливань.

На нього встановлювали плоскі і жолоби решета. Решітний стан був підвішений до рами машини за допомогою плоских пружин, що дозволяло йому здійснювати коливання по дузі кола або, у спрощеному вигляді по прямій. Це дає можливість сприймати сепаратор як коливальний, так і вібраційний. Амплітуда і кутова швидкість відповідали відповідно  $r_1 = 0,91$  мм і  $\omega = 110,2$  с<sup>-1</sup>.

На основі проведених експериментів з'ясувалося, що повнота поділу при роботі решіт на бігармонійних режимах коливань є вищою в середньому на 5 ... 7%, ніж на режимі гармонійних коливань, причому нижня межа відповідає величині якісного показника для жолобоподібного,

а верхній - для плоского решета. Автор не повідомляє про конкретні режимах бігармонічних коливань, що інтенсифікують процес сепарації, проте з його висновків стає зрозуміло, що в цьому випадку потрібно прагнути працювати на режимах, що забезпечують максимальну величину результуючої швидкості руху зерна на решеті.

Б.В. Жіганков при дослідженні технологічного процесу поділу зернової суміші по довжині частинок на ступеневому решеті і зробив висновок про те, що гармонійний режим коливань не забезпечує позитивних результатів, так як призводить до високого рівня динамічних навантажень на раму.

Автором теоретично і експериментально досліджено процес сепарації на решеті, що наводиться в зворотно-поступальний рух за допомогою кулісного механізму. В результаті застосування негармонійного приводу решета знизилися динамічні навантаження на елементи конструкції [4].

Триває вдосконалення конструкцій решіт з прямокутними отворами. П.А. Смельянов запропонував нову конструкцію решета з профілюючою поверхнею. Для цього на перемичках між отворами решета розміщені розмежовувачі трикутної (в поперечному перерізі) форми. Випадкове розташування зерна щодо прохідних отворів перетворюється в точно окреслений, що сприяє збільшенню продуктивності очисної машини. Продовгуваті домішки (стебла, солома, колоски) затримуються на розмежовувачах і не забивають отвори решета [5]

Багато в чому технологічні показники процесу очищення зерна на решетах залежать від якості їх виготовлення і умов експлуатації.

Л.Н. Буркова розкрила питання впливу розташування отворів решета на якість сепарації. Автор зробив висновки: точність виготовлення отворів решета впливає на якість розділення зернової суміші, причому розподіл їх відхилень підпорядковується нормальному закону; деформація площини решета призводить до появи частинок сходових фракції в прохідній [1]. При цьому автор не вказав, наскільки великий вплив точності виготовлення решета впливає на повноту поділу.

Робочий розмір отвору решета з часом його експлуатації збільшується і цілком ймовірно, що величина його зносу перевищить початкові відхилення.

Одним з найбільш об'ємних напрямів вдосконалення плоских решіт є заміна перемичок між отворами на струни. Багатьма вченими досліджено питання підвищення технологічних параметрів струнних решіт. Відомі роботи В.А. Кубишева, М.А. Тулькібаєва, Ю.В. Терентьєва, А.І. Климка [6].

Ю.В. Терентьєв досліджував закономірності процесу сепарації зерна на струнному решеті. При цьому автором обґрунтована кругла (в поперечному перерізі) форма перемичок решета як найбільш раціональна для проходження насіння в підгратний простір. Ю.В. Терентьєв приходить до висновку про те, що струнні решета менш чутливі до перевантажень, ніж пробивні.

І.П. Лапшиним продовжено дослідження роботи решіт дрото-зварної конструкції при післязбиральній обробки зерна. Автором виявлено раціональний режим кругових коливань цих решіт, при роботі на якому продуктивність підвищується в 1,2 ... 2,0 рази, а витрати потужності на привід знижуються на 10 ... 17% у порівнянні з існуючими прямолінійними коливаннями. Даний ефект був виявом використання інтенсифікуючої дії дрото-зварного решета і оптимальних параметрів його кінематичного режиму, але залишається не зрозумілим питання, як буде здійснена очищення решіт від застряглих в них зернівок.

Однак, струнні решета незважаючи на кращі якісно-кількісні показники, не набули широкого застосування в зерноочистка через більшу складність у виготовленні і витрат при експлуатації в порівнянні з пробивним.

Незважаючи на достатньо різноманітні та поглиблені дослідження різних сепараторів в них не було приділено належної уваги сепараторам з решетними станами з прямокутними пробивними отворами.

Проведення багатофакторного експерименту здійснюється з метою обґрунтування оптимальних параметрів решета з похилими отворами. Критерієм оптимізації є повнота поділу зернової суміші. Оскільки експериментальні дослідження здійснювалися на підсівних решетах, що виділяє дрібні і щуплі домішки з основної культури, фактор втрат зерна за решетом не розглядається як впливовим на якість роботи.

Експеримент проводився зі застосуванням симетричного ортогонального композиційного плану другого порядку. Використання

останнього обґрунтовано зручністю математичних розрахунків, так як не потрібно здійснювати перерахунок коефіцієнтів регресії при вибракуванні статистично значущих. Властивості композиційності цього плану є тим, що дозволяє отримати спочатку лінійну модель, а в разі її адекватності - добудувати до моделі другого порядку.

При оцінці якості роботи решета застосовувався план другого порядку з трьома факторами:

$n$  – частота кругових коливань решета ( $X_1$ );

$\beta$  – кут нахилу довгих кромок прямокутних отворів решета до його поздовжньої осі ( $X_2$ );

$G$  – питоме навантаження на решето ( $X_3$ );

Стандартна матриця цього плану передбачає проведення 15-ти дослідів.

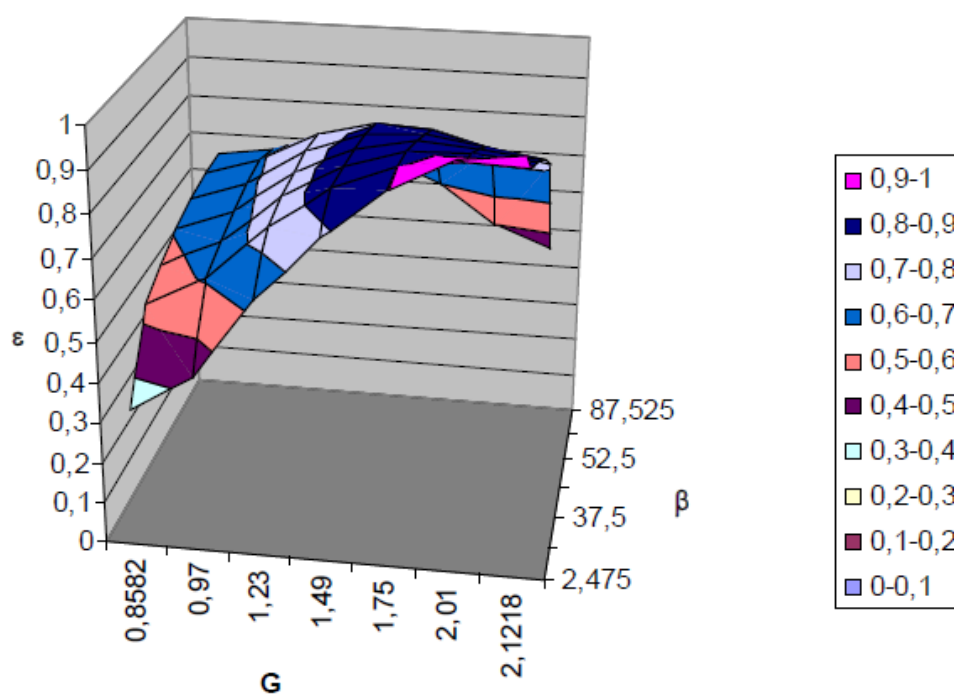
У відповідності до дослідів, що проводились з 4-ти кратною повторюваністю, були отримані наступні значення якості розділення зернової маси на решеті, що здійснює обертові рухи.

Після проведення регресійного аналізу дослідних даних, були отримані коефіцієнти регресії.

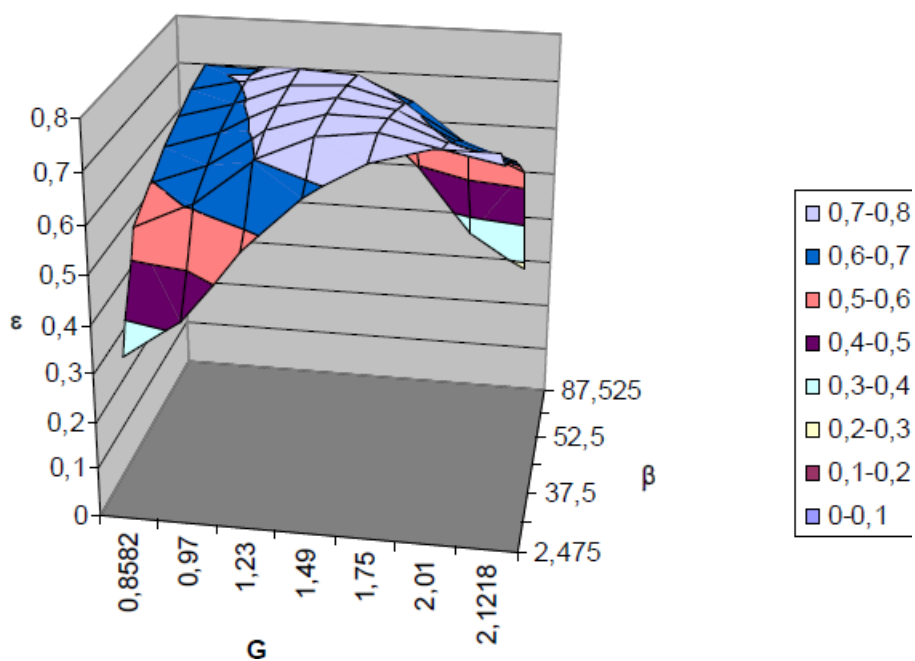
Усі коефіцієнти є значимі, так як довірчий інтервал у відповідності до критерію Стьюдента дорівнює 0,000628876. Модель визнана адекватною на 5% рівні по критерію Фішера ( $F_{\text{розр}}=2,01 < F_{\text{табл}}=2,05$ ).

$$\begin{aligned} Y = & -0.96866 + 0.0027879X_1 + 0.014646X_2 + \\ & + 1.853479X_3 + 1.73083 \cdot 10^{-5} X_1 X_2 - 0.005653125X_1 X_3 - \\ & - 0.00795625X_2 X_3 + 1.13361 \cdot 10^{-5} X_1^2 - 6.20146 \cdot 10^{-5} X_2^2 - 0.2897948 \cdot 10^{-5} X_3^2. \end{aligned}$$

Аналізуючи отримане рівняння регресії у представленому вигляді слід привести наступні висновки:

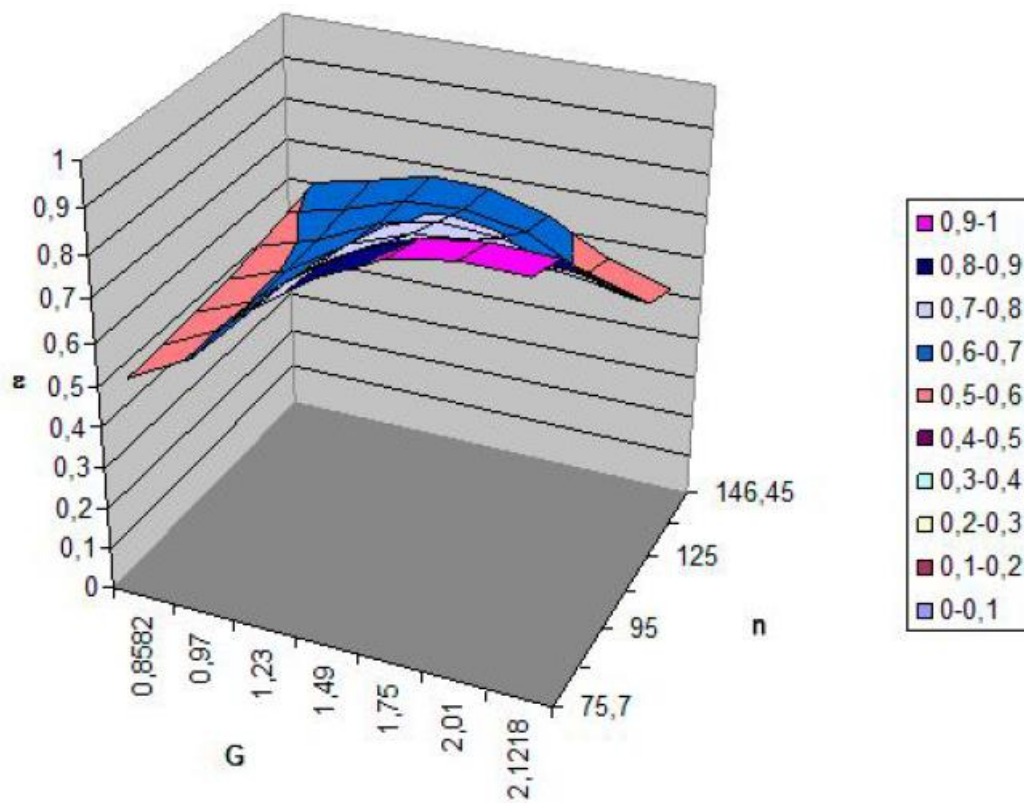


a)

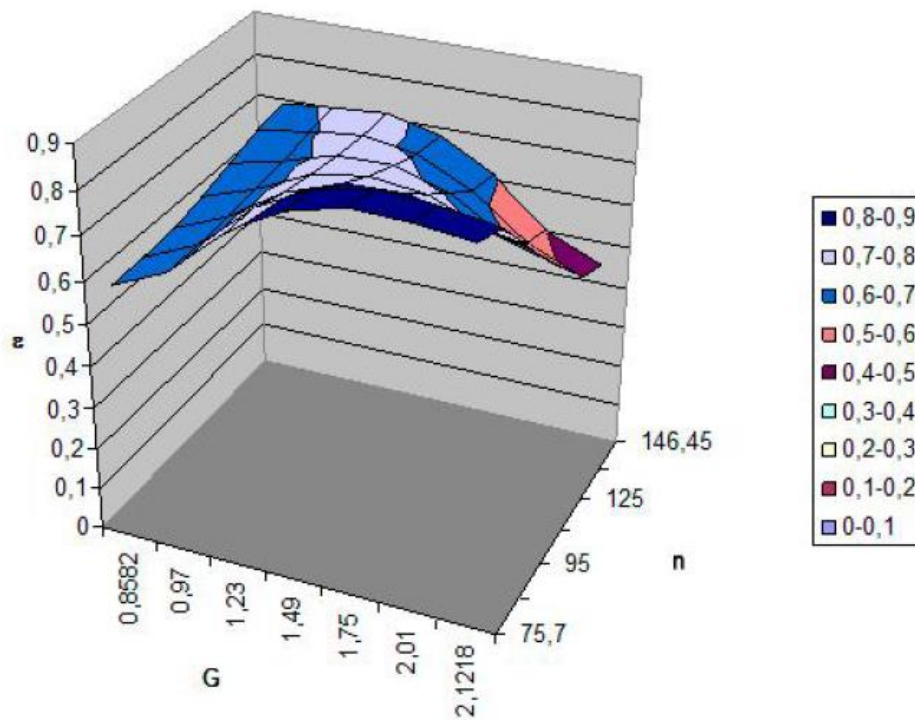


б)

Рисунок 1 – Поверхні відгуку функції  $\varepsilon = f(\beta, G)$  при постійній частоті обертання решета: а –  $n = 80 \text{ xв}^{-1}$ ; б –  $n = 110 \text{ xв}^{-1}$ .

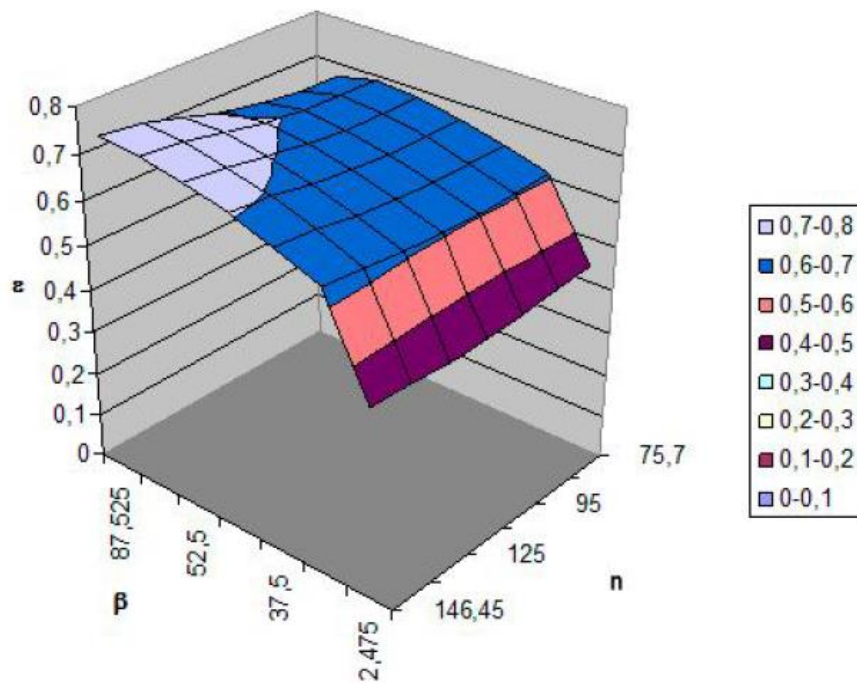


а)

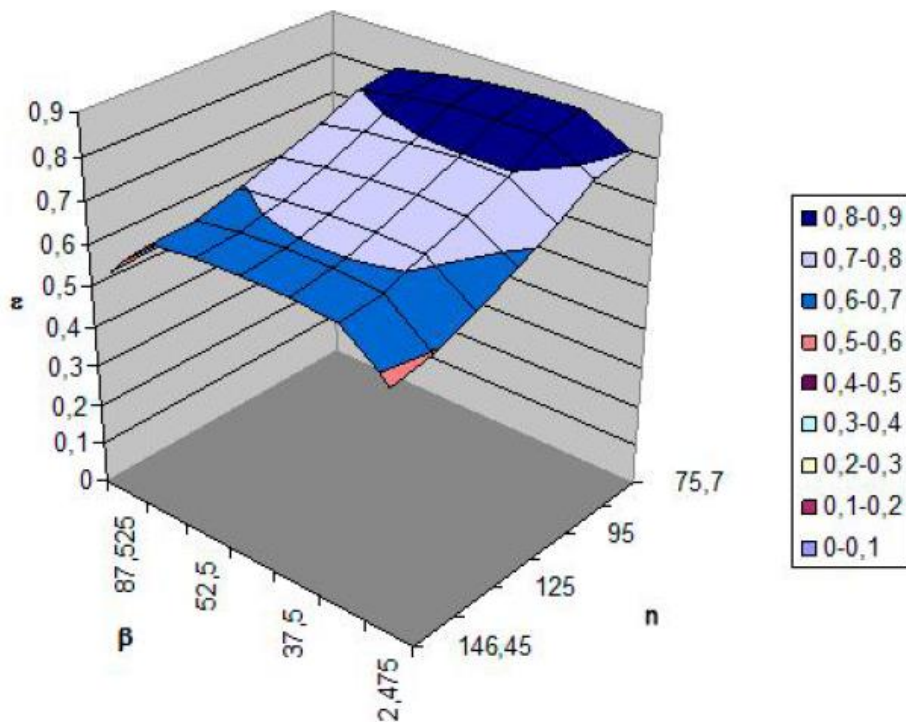


б)

Рисунок 2 – Поверхні відгуку функції  $\varepsilon = f(n, G)$  при постійному куті нахилу довгої сторони прямокутних отворів решета до повздовжньої осі: а –  $\beta=30^\circ$ ; б –  $\beta=45^\circ$ .



а)



б)

Рисунок 3 – Поверхні відгуку функції  $\varepsilon = f(n, \beta)$  при постійному навантаженню на решето: а –  $G=0.98 \text{ кг/м}^2$ ; б –  $G=1.48 \text{ кг/м}^2$ .

1. Зі збільшенням частоти обертання решета, кута нахилу довгих кромek прямокутних отворів решета до його поздовжньої осі і питомого навантаження на решето, якість поділу зернового матеріалу поліпшується,

що підтверджує позитивними значеннями коефіцієнтів  $b_1$ ,  $b_2$ ,  $b_3$  при відповідних  $X_1$ ,  $X_2$  і  $X_3$ .

2. Питоме навантаження на решето має більший вплив, ніж кут нахилу довгих кромek прямокутних отворів решета до його поздовжньої осі і частоти обертання решета ( $|b_3| > |b_2| > |b_1|$ ).

3. Спільне взаємодія факторів  $X_{13}$  і  $X_{23}$  негативно відображається на розподілі зернової маси.

4. Взаємодія факторів  $X_1^2$ ,  $X_2^2$ ,  $X_3^2$  негативно впливають на якість розділення зернового матеріалу, так як мають негативні коефіцієнти і утворюють опуклу поверхню відгуку.

5. Значеннями факторів  $X_{12}$ ,  $X_1^2$ ,  $X_1^2$  можна знехтувати, так як величина коефіцієнтів має показник степені  $10^{-5}$ .

При розкритті кодованих величин в натуральні рівняння регресії приймає вигляд:

$$\begin{aligned} \varepsilon = & -0.96866 + 0.0027879G + 0.014646w + \\ & + 1.853479\beta + 1.73083 \cdot 10^{-5}Gw - 0.005653125G\beta - \\ & - 0.00795625w\beta + 1.13361 \cdot 10^{-5}G^2 - 6.20146 \cdot 10^{-5}w^2 - 0.2897948 \cdot 10^{-5}\beta^2. \end{aligned}$$

На підставі рівняння регресії отримані залежності якості поділу зернового матеріалу (рис. 1-3).

За результатами багатofакторного експерименту можна зробити наступні висновки на якість розділення зернового матеріалу в різному ступені впливають всі три фактори; повнота поділу зернового матеріалу буде максимальною при малому питомому навантаженні на решето і малій частоті обертання решета, а при збільшенні цих параметрів зменшується.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Бурков Л.Н. Полнота разделения зерновых смесей на плоских решетках // *Тракторы и с.-х. машины*. 2001. №3. С. 31-32.

2. Халанский В.М. Математическое моделирование движения частиц зернового вороха в пневмоцентробежном сепараторе и обоснование его базовых параметров. *Изв. Темиразев. с.-х. акад.* 1997. №4. С. 179-188.

3. Минаев В.Н. Влияние параметров плоских профилированных решет на отделение мелких примесей. *Техника в сел. хоз-ве.* 2000. №6. С. 54-55.

4. Жиганков Б.В. Кинематика ступенчатого сита для разделения частиц по длине. *Тр. ВНИИ зерна и продуктов его перераб.* 1977. Вып. 86. С. 34-42.

5. Емельянов П.А. Усовершенствованное решето вибрационной зерноочистительной машины. *Механизация и электрификация сел. хоз-ва.* 1999. №7. С. 10-11.

6. Климок А.И. Взаимодействие проходových частиц с продольными перемычками прямоугольных отверстий решета. *Очистка и сортирование семян сельскохозяйственных культур.* 1991. №3 - С. 65- 69



КОРОБКА О. О., магістрант

ВАСЕЦЬКИЙ Я. В. магістрант

*Полтавський державний аграрний університет*

## **ВИЗНАЧЕННЯ КОРИСНОЇ ПОТУЖНОСТІ ТА ПРОДУКТИВНОСТІ ПОДРІБНЮВАЧА**

На даному етапі розвитку техніки в галузі подрібнення кормових культур проблема створення енергоресурсозберігаючих машин, що працюють за принципом «зріз сколюванням» і дозволяють отримати продукт помелу, що відповідає зоотехнічним вимогам, залишається актуальною. У зв'язку з тенденцією зменшення поголів'я худоби на приватних подвір'ях, пов'язаних з дорожнечою кормів, важливим є питання розробки малогабаритних подрібнювачів.

Такі вчені, як П.І. Леонтьєв, Н.С. Сергєєв, У.К. Сабієв, І.Б. Шагдиров, І.Я. Федоренко та ін., займалися вивченням подрібнювачів відцентрово-роторного типу, що застосовуються на виробництві. Вони відрізняються від подрібнювачів молоткового типу тим, що процес подрібнення здійснюється способом «зріз сколюванням», це найбільш

вигідний спосіб руйнування зернових культур, наприклад, ріпаку. Дозволяє отримати продукт помелу, що відповідає зоотехнічним вимогам, при цьому витрати енергії на подрібнення не перевищують витрати енергії порівняно із застосуванням технічних засобів молоткового типу, призначених для подрібнення кормів [1-4]. З вищесказаного випливає, що удосконалення робочих органів вже існуючих знарядь, взяте за основу розробки конструкторсько-технічної документації, що включає конструктивну схему відцентрово-роторного подрібнювача, що працює за принципом «зрізу сколювання», є актуальним завданням. Подрібнювач, який дозволить обробляти різні кормові культури з можливістю отримання продукту помелу із заданим гранулометричним складом та відповідного зоотехнічним вимогам, здатний вирішити низку проблем. Відбувається зниження енерговитрат на подрібнення до двох разів у порівнянні з дробарками молоткового типу – це важливо для сільгоспвиробника.

Одним із важливих питань у методиці досліджень є визначення потужності, що споживається установкою на подрібнення. Потужність, що витрачається подрібнювачем на руйнування зерна, фіксували за допомогою ватметра. У сучасній техніці використання приладів даного типу виправдовується їх простотою у користуванні, точністю показань, надійністю та невисокою вартістю.

Важливим фактором є визначення витрати електроенергії на тонну продукту, що одержується в подрібнювачі фуражного зерна.

Продуктивність фіксували під час режиму роботи подрібнення зерна. Установившись періодом чи режимом надалі називатимемо режим, у якому витрата енергії постійна.

Момент настання режиму, що встановився, визначали за показаннями ватметра. При режимі, що встановився, фіксували числові показання приладу, проводили відбір проб для розрахунку продуктивності установки, що працює в заданому режимі.

Величину годинної продуктивності фіксували методом вимірювання часу, що витрачається на подрібнення 1 кілограм зернового матеріалу. Зважували подрібнений матеріал на електронних вагах з точністю до 0,01 г. Досліди проведені з п'ятикратною повторністю, кожен результат розрахунку – середня арифметична сума проб, взятих під час дослідів.

Проведений аналіз експериментів щодо визначення витрат енергії на подрібнення показав: у результаті виконання ріжучих елементів за криволінійною формою наскрізних пазів під кутами питома енергоємність знижується на 11,9% (рис. 3, 4). Продуктивність збільшується на 10,7%.

Результати показників, отримані під час подрібнення зернових культур, представлені на рисунках 1 та 2.



Рисунок 1 – Продуктивність ЦРІ при подрібненні зерна на робочих органах, що серійно випускаються.

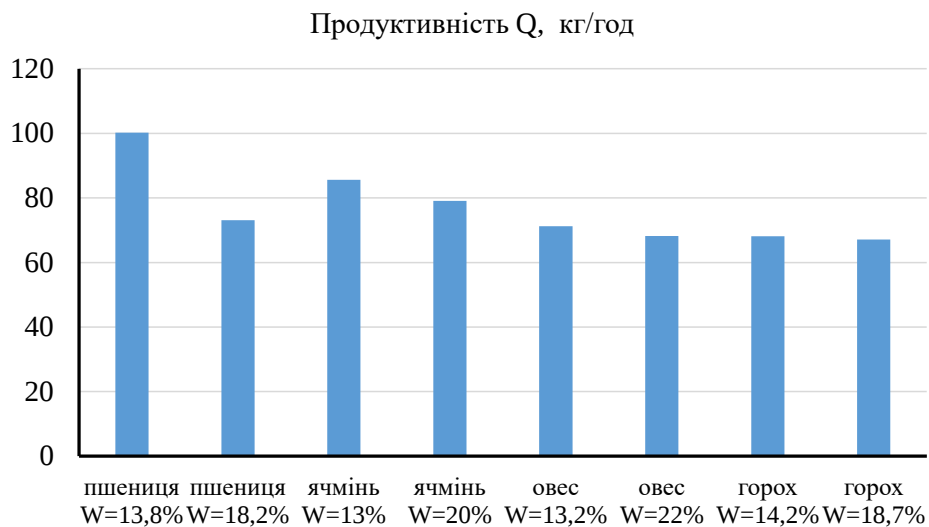


Рисунок 2 – Продуктивність ЦРІ на пропонованих робочих органах з криволінійними ріжучими елементами у формі циклоїди.



Рисунок 3 – Питома енергоємність подрібнення зерна на серійних робочих органах



Рисунок 4 – Питома енергоємність подрібнення на пропонованих робочих органах.

Проаналізувавши експериментальні дані, відзначимо, питома енергоємність процесу під час використання робочих органів із криволінійними ріжучими елементами загалом знижується на 11,9 % з допомогою підвищення продуктивності на 10,7%.

Вологість подрібнюваного матеріалу істотно впливає на процес подрібнення: з підвищенням вологості зростає пластичність матеріалу, це збільшує енерговитрати на подрібнення.

Аналіз експериментальних даних показує, що питома енергоємність процесу подрібнення зернових культур знижується в середньому на 11,9% за рахунок підвищення продуктивності подрібнювача на 10,7%

## **СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Максаков В. Я. Виробництво і використання комбикормів. Київ, 1998. 151 с.
2. Мельников С. В. Планирование эксперимента в исследованиях сельскохозяйственных процессов. Киев, 1992. 200 с.
3. Мельников С. В. Справочник по механизации животноводства. Ленинград, 1983. 336 с.
4. Петриченко В.Ф., Кулик М.Ф., Ібатуллін І.І. Виробництво, зберігання і використання кормів. Вінниця, 2005. 472 с.



ІВАНОВ О. М., кандидат технічних наук  
КОСТЕНКО О. М., доктор технічних наук, професор  
СІМОНОВ К. В., здобувач вищої освіти ступеня доктора філософії  
*Полтавський державний аграрний університет*

## **ТЕОРЕТИЧНЕ ПІДґРУНТЯ ДЛЯ МОДЕЛЮВАННЯ ГРАВІТАЦІЙНОГО РУХУ ЗЕРНОВОЇ МАСИ ПРИ ЙОГО ЗАВАНТАЖЕННІ В БУНКЕР**

Під час гравітаційного завантаження зерна у силос відбувається неконтрольоване зростання швидкості падіння зернової маси та чисельні силові взаємодії ударного типу з конструктивними елементами силосів. Дані ударні зіткнення спричиняють порушення цілісності зерна з отриманням мікротріщин, поверхневих сколів, розділення на окремі складові та інші негативні наслідки, що у кінцевому випадку призводить до зменшення якості зерна [1, 2].

Вирішення окресленої проблеми вимагає розробки та впровадження технічних рішень та засобів, що здійснюють коректування швидкісного руху зерна, його концентрації у певному об'ємі та контрольованій подачі. Такі дослідження були розпочаті у роботі [3], де було встановлено зв'язок між кутами ділянок спускного прямого каналу з наведенням функціональної залежності між ними для прямолінійного руху. У роботі [4] розглянуто вже гвинтовий канал, який має тільки розгінну ділянку зі змінним кутом нахилу спіралей, що не дає можливість зменшувати швидкість руху зерна.

Окрема увага науковців присвячена проблемі розробки фізико-математичних моделей руху зерна. Зокрема у дослідженнях [5, 6] розглянуто рух частинок сферичної форми по поверхнях сільськогосподарських машин та рух зерна по рухомим поверхням висівних машин відповідно. Зокрема в [5] наводяться залежності для визначення розміщення зерна, але не швидкості його руху. Робота [6] містить аналітичні залежності для визначення траєкторії руху зернин по поверхні диска та швидкості обертання масиву насіння, але не враховує його відхилень від правильної конічної форми. У роботах [7, 8] представлено математичні моделі руху зерна у повітряному потоці та у циліндричному решеті, що обертається. Зокрема, у роботі [7] побудовано математичну модель руху часточки обчесаного вороху, яка встановлює залежність між швидкістю руху часточки і швидкістю повітряного потоку, але у неявному вигляді. Це значно ускладнює знаходження реальної швидкості і потребує додаткових механіко-математичних досліджень. В той же час, модель у [8] представлена диференціальними рівняннями, що описують рух вороху по циліндричному решету, яке обертається навколо осі під кутом до горизонту. Модель представлена окремою обертальною та поступальною складовою руху в неявній формі і призначена перш за все для виявлення ефективних режимів роботи для очистки зерна. Розглянуті вище фізико-математичні моделі націлені переважно на вирішення завдань очистки та обробки зернової маси. Моделі не мають можливостей для контролю швидкості руху зерна, зокрема не описують його гравітаційний рух по спіралі з двома змінними кутами нахилу для розгінної і гальмівної ділянок.

Отже, незважаючи на значну кількість наукових досліджень, присвячених питанням травмування зерна при його обробці, транспортуванні та завантаженні у силос, проблема досі залишається не до кінця вирішеною. Існуючі технічні засоби завантаження силосів зерновим матеріалом, а також наявні теоретичні фізико-математичні моделі та практичні дослідження, не в повній мірі задовольняють потреби виробництва. Зокрема, у розглянутих вище пристроях, методах та підходах науковців недостатньо освітлена проблема, регулювання, контролю та зменшення швидкості руху зерна під час виконання операції його завантаження у силоси. Нагальною також залишається проблема громіздкості конструкцій. Це, у свою чергу, зумовлює необхідність розробки гравітаційного завантажувача з іншим принципом роботи та відповідним теоретичним обґрунтування руху зернового матеріалу в ньому.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Комченко, Е. В., Басюк, С. П. (2003). Влияние материала стенок бункера на истечение различных сыпучих материалов. *Энергосбережение и энергосберегающие технологии в АПК*, 1, 145–149.
2. Горюшинский, И. В., Мосина, Н. Н. (2001). К вопросу оценки процесса загрузки емкостей сыпучими материалами. *Сборник научных трудов студентов, аспирантов и молодых ученых СамИИТ*, 3, 83–84.
3. Арендаренко, В. М., Антонець, А. В., Савченко, Н. К., Самойленко, Т. В., Іванов, О. М. (2020). Розрахункова модель гравітаційного руху зернового матеріалу в похилому каналі з дискретно змінним кутом нахилу. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 4, 273–282. doi: 10.31210/visnyk.2020.04.35. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2020/04/35.pdf>
4. Самойленко, Т. В., Арендаренко, В. М., Антонець, А. В. (2020). Кінематика руху зерна по спіральному пристрою зі змінним кутом спуску. *Вісник Полтавської державної аграрної академії*, 1, 267–274. doi: 10.31210/visnyk2020.01.31. URL: <https://www.pdaa.edu.ua/sites/default/files/visnyk/2020/01/31.pdf>
5. Морозов, І. В., Дудін, О. В. (2003). Модель траєкторії руху зерна по поверхнях сільськогосподарських машин. *Вісник Харківського*

державного технічного університету сільського господарства «Механізація сільськогосподарського виробництва», 21, 124–131.

6. Гевко, Б. М. (2012). Математична модель руху зерна по рухомим поверхням висівних апаратів. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету. Технічні науки*, 11(1), 113–118.

7. Леженкін, О., Головлєв, В., Михайленко, О., Рубцов, М. (2019). Математична модель руху часточки обчисаного вороху зернових у повітряному потоці. *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету*, 19(3), 14-21.

8. Науменко, М. М., Сокол, С. П., Філіпенко, Д. В., Гурідова, В. О. (2017). Математична модель руху зернової суміші в циліндричному решеті, що обертається навколо осі. *Геотехнічна механіка*, 133, 250-256.

НАУКОВЕ ВИДАННЯ

«ЕНЕРГО- І РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА МАШИНИ У  
ПЕРЕРОБНОМУ ТА ХАРЧОВОМУ ВИРОБНИЦТВІ»

Матеріали

V Всеукраїнської науково-практичної  
інтернет-конференції

24-26 листопада 2021 року

Технічний секретар: **Арендаренко В.М.**

Відповідальний за випуск: **Іванов О.М.**

Комп'ютерна верстка: **Іванов О.М.**

---

Підписано до опублікування 20.12.2021 р.

Формат 60x84/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.

Друк ризограф. Ум. друк арк. 3,18. Обл.-вид. арк. 5,81

---

Видавець

Полтавський державний аграрний університет

36003, м. Полтава, вул. Г.Сковороди, 1/3