



**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**

**ВІСНИК  
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

**технічні науки**

**ВИПУСК 199**

**«МЕХАНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА»**

**khntusg.com.ua**

**mtf.khntusg.com.ua**

Харків 2019



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**В І С Н И К**  
**ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО**  
**УНІВЕРСИТЕТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА**  
**ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

**ТЕХНІЧНІ НАУКИ**

**Випуск 199**

**«МЕХАНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА»**

Харків 2019

УДК 631.171  
ББК 40.71

Друкується за рішенням вченої ради Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка від 25.04.2019 р., протокол № 8.

В збірник включені наукові праці Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка, провідних вищих навчальних закладів, науково-дослідних інститутів і підприємств, в яких відображені результати теоретичних і експериментальних досліджень.

**Редакційна колегія:**

Доцент, к.т.н. **Нанка О.В.** (відповідальний редактор); професор, д.т.н. **Власовець В.М.** (заступник відповідального редактора); професор, д.т.н. **Мельник В.І.**; професор, д.т.н. **Артьомов М.П.**; професор, д.т.н. **Пастухов В.І.**; член-кореспондент НААНУ, професор **Мазоренко Д.І.**; професор, д.т.н. **Лебедєв А.Т.**; професор, д.т.н. **Завгородній О.І.**; професор, д.т.н. **Войтов В.А.**; професор, к.т.н. **Науменко О.А.**; професор, к.т.н. **Бакум М.В.**; професор, д.т.н. **Харченко С.О.**; доцент, к.т.н. **Кірієнко М.М.**; доцент, д.т.н. **Антощенко Р.В.**

*Технічний секретар: Сировицький К.Г.*

Відповідальний за випуск **Власовець В.М.**

Наукове фахове видання  
Вісник Харківського національного технічного університету сільського  
господарства імені Петра Василенка  
Випуск 199

«Механізація сільськогосподарського виробництва»

ISBN 5-7987-0176 X

© Харківський національний технічний  
університет сільського господарства  
імені Петра Василенка, 2019 р.

## **АНОТАЦІЯ**

Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка (ХНТУСГ) включає статті, в яких приведені результати науково-дослідних робіт, проведених в університеті, а також в інших навчальних закладах України, на підприємствах, що мають сільськогосподарський профіль.

У вісник включені статті за напрямками: механотроніка технічних систем; тракторна енергетика; експлуатація машинно-тракторного парку; сільськогосподарські машини; якість, стандартизація та сертифікація; механізація тваринницьких ферм і безпека життєдіяльності. Вісник розрахований на наукових співробітників, викладачів, аспірантів, магістрів, студентів інженерно-технічних факультетів вузів сільськогосподарського профілю, фахівців сільськогосподарського виробництва.

## **АННОТАЦИЯ**

Вестник Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко (ХНТУСХ) включает статьи, в которых приведены результаты научно-исследовательских работ, проведенных в университете, а также в других учебных заведениях Украины, на предприятиях, которые имеют сельскохозяйственный профиль.

Вестник содержит статьи за направлениями: механотроника технических систем; тракторная энергетика; эксплуатация машинно-тракторного парка; сельскохозяйственные машины; качество, стандартизация и сертификация; механизация животноводческих ферм и безопасность жизнедеятельности. Вестник рассчитан на научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, магистров, студентов инженерно-технических факультетов вузов сельскохозяйственного профиля, специалистов сельскохозяйственного производства.

## **ABSTRACT**

The bulletin of the Petro Vasilenko Kharkiv national technical university of agriculture (KHNTUA) includes the articles, in that the brought results over of the research works conducted in an university, and also in other educational establishments of Ukraine, on enterprises that have an agricultural profile.

In announcer the included articles after directions: mechanotronics engineering systems; tractor energy; exploitation of machine tractor park; agricultural machines; quality, standardization and certification; mechanization of stock-raising farms and safety of vital functions. An announcer is counted on research workers, teachers, graduate students, master's degrees, students of technical faculties of institutions of higher learning of agricultural profile, specialists of agricultural production.

## БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР СУЧАСНИХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ. АНАЛІТИЧНІ АСПЕКТИ

Бурлака О.А., доцент, Яхін С.В., доцент, Дудник В.В., доцент,  
Іванкова О.В., доцент, Дрожчана О.У., ст. викладач  
(Полтавська державна аграрна академія)

*Проведено аналітичні дослідження по багато-критеріальному обґрунтуванню вибору сучасних зернозбиральних комбайнів. Враховано особливості конструкції молотильно-сепарувальних пристроїв комбайнів та особливості збирання різноманітних сільськогосподарських культур. Проведено порівняння технологічних аспектів використання зернозбиральних комбайнів з класичними, роторними та комбінованими молотарками. В статті використано аналітичний метод багатокритеріального вибору сучасних зернозбиральних комбайнів «за відстанню до цілі».*

*Основними порівнювальними критеріями було обрано: номінальну потужність двигуна, кВт; площу сепарації молотарки, м<sup>2</sup>; площу решіт очистки, м<sup>2</sup>; місткість бункера, м<sup>3</sup>; масу комбайна, кг; орієнтовну ціну, євро; витрату палива г, кг/т зерна, коефіцієнт надійності, Кн.*

*Порівнювані зернозбиральні комбайни умовно поділені відносно виробників та особливостей конструкції молотильно-сепарувального пристрою на групи машин виробництва України, Білорусії та Росії з класичною молотаркою – зернозбиральні комбайни «Скіф» та КЗС-9-1 «Славутич», «Палессе» GS 12, ACROS – 580; зернозбиральні комбайни з класичною молотаркою провідних закордонних фірм – CLAAS LEXION 540, JOHN DEERE T-670, NEW HOLLAND CX 8080, MASSEV FERGUSON MF 7280; зернозбиральні комбайни з роторною схемою обмолоту провідних закордонних фірм – JOHN DEERE S 690, NEW HOLLAND CR 9080, MASSEV FERGUSON MF 9895, CHALLENGER 680B, Ростсільмаш TORUM 740; зернозбиральні комбайни з провідних закордонних фірм з комбінованою системою обмолоту – CLAAS LEXION 570/570 TERRA TRAC, CLAAS LEXION 600/600 TERRA TRAC, CLAAS LEXION 770, JOHN DEERE C 670.*

*На основі перерахованих критеріїв та аналітичних розрахунків отримано рейтинг зернозбиральних комбайнів з урахуванням конструкцій молотильно-сепарувальних систем.*

**Ключові слова:** *зернозбиральний комбайн, багатокритеріальний вибір, технологія, сільськогосподарські культури, метод, обґрунтування, критерій, молотильно-сепарувальна система.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** В наш час пропозиція технологічних

систем на ринку зернозбиральної техніки досить різноманітна і представлена зернозбиральними машинами та комплексами виробництва провідних закордонних компаній та вітчизняними моделями.

Основним виробником зернозбиральних комбайнів в нашій країні представлений Херсонський машинобудівний завод. На потужностях даного підприємства випускаються зернозбиральні комбайни «Скіф» та КЗС-9-1 «Славутич» [1].

В останній період в Україні зростає тенденція по закупівлі аграріями значної кількості різноманітних імпортних комбайнів, як нових, так і бувших у використанні. Основні бренди та виробники таких машин наступні: Case, New Holland, John Deere, CLAAS, Challenger, Laverda. Закордонні фірми пропонують виробникам зернових культур широкий спектр моделей і варіантів номенклатури зернозбиральної техніки, але при цьому виникають значні проблеми з організацією і проведенням технічного сервісу таких машин. Іноді виникають труднощі і з кваліфікованою перепідготовкою механізаторів.

Як наслідок, у сучасному сільськогосподарському підприємстві проблема раціонального вибору зернозбирального комбайна це складне багатокритеріальне господарське інженерне рішення. Спочатку треба врахувати виробничі потреби підприємства по обсягу збиральних робіт зернових, зернобобових та технічних культур, що підлягають обмолоту, при цьому важливим елементом також є агротехнічні вимоги та агротехнічні особливості посівних площ конкретного сільськогосподарського підприємства. Наступним етапом необхідно визначити основні домінуючі параметри комплексу збиральних машин та урахувати вагомість визначених показників.

Додаткові дослідження слід надати при розгляді альтернатив по проектній пропускній здатності молотарки зернозбирального комбайна (кг/с) та номінальній продуктивності молотарки по зерну (т/год). Останні характеристики дадуть змогу оцінити технологічність та ступінь пристосованості машин до конкретних виробничих умов.

Кінцевий етап по обґрунтуванню придбання тієї чи іншої моделі зернозбирального комбайна пропонується розглядати як результат багатокритеріального вибору з використанням методу «за відстанню до цілі».

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які посилаються автори.** Проблемам раціонального вибору зернозбирального комбайна для конкретних умов збирання врожаю а також дослідженням по удосконаленню молотильно-сепарувальних пристроїв зернозбирального комбайна, способам обґрунтування технологічних операцій виробництва зернових, зернобобових та технічних культур присвячено ряд наукових робіт відомих вчених: Погорілого Л. В., Нагірного Ю. П., Шейченка В. О., Адамчука В. В., Недовесова В. І., Анеляка М. М., Кузьмича А. Я. та ін. [3, 4, 5, 6, 9].

За даними випробувань УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого нарробіток на відмову зернозбирального вітчизняного комбайна КЗС-9-1 «Славутич»



становить близько 10 годин, наробіток на відмову зернозбирального комбайна Дон-1500Б російського виробництва становить приблизно 18-20 годин. Для порівняння – комбайни фірми CLAAS серії «Домінатор» наробіток на відмову складає 150 годин [1]. За результатами статистичних спостережень через перевищення термінів проведення збиральних робіт на Україні сільськогосподарськими виробниками щороку втрачається близько шести мільйонів тон зерна.

Провідними науковцями УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого доведено, що навантаження на комбайн пропускнуою спроможністю десять-дванадцять кілограм за секунду хлібної маси, можна збільшити до двохсот сорока гектарів на збиральний сезон, за умови підвищення рівня технічного обслуговування збиральних машин та технічної культури механізаторів [1]. Виходячи з вищесказаного, для України бажано мати орієнтовно п'ятдесят чотири тисячі технічно справних комбайнів такого класу по пропускнуї спроможності, а реальна цифра, нажаль, набагато менша.

Тому проблема як дефіциту збиральної техніки, так і оптимального вибору сучасного зернозбирального комбайна залишається актуальною для зернотехнічного підкомплексу України.

**Невирішені раніше частини проблеми, яким присвячується стаття.** Більшість керівників та фахівців сільськогосподарських підприємств мають великі труднощі при виборі зернозбирального комбайна. Основні недоліки при обґрунтуванні такого рішення можливо визначити як надання суттєвої переваги тому чи іншому критерію комбайна без багатофакторного порівняння інших характеристик; обмежені фінансові можливості аграріїв, часткова невідповідність річного рекомендованого завантаження комбайна та планового обсягу збиральних робіт в сільськогосподарському підприємстві; недостатньо високий технічний рівень та культура інженерної служби та недостатній рівень технічного сервісу.

**Мета статті (постановка завдання)** – на основі технічних та технологічних характеристик сучасних зернозбиральних комбайнів нами запропоновано обрати більш вагомий критерій з урахуванням досвіду використання таких машин аграрними підприємствами та за допомогою багатокритеріального методу «за відстанню до цілі»; обґрунтувати кращий варіант рішення по виборі зернозбирального комбайна з урахуванням специфіки обмолоту різних сільськогосподарських культур та конструкцій молотильно-сепарувальних пристроїв.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Враховуючи виробничі напрямки та потужності сільськогосподарських підприємств, виробники зернозбиральної техніки пропонують машини різних класів по потужності моторно-силової установки, продуктивності молотарки, конструкції молотильно-сепарувального пристрою та інших технічних та технологічних характеристик зернозбиральних комбайнів. Таким чином обґрунтовується значний спектр варіантів виконання моделей запропонованої зернозбиральної техніки.

Одним із важливих моментів при виборі збирального комплексу машин для конкретного сільськогосподарського підприємства є висока продуктивність зернозбирального комбайна. Стратегія вибору комбайнів високої продуктивності направлена на можливість забезпечувати оптимальні стислі терміни збирання врожаю. Але при цьому також велика роль надається вартості використання машин збирального комплексу, а саме експлуатаційним витратам. Такі витрати включають вартість ремонту та технічного обслуговування, в тому числі і вартість запасних частин; заробітну плату з нарахуваннями; вартість паливо-мастильних матеріалів, амортизаційні відрахування; вартість зберігання.

Перевагою багатьох зернозбиральних комплексів закордонного виробництва в наш час є широке застосування сучасних комп'ютерних технологій, таких як системи автоматичного контролю та управління технологічними процесами, системи моніторингу полів та передачі даних, діагностичні системи складних вузлів і агрегатів комбайна [7, 8, 9]. Такі зернозбиральні машини складні не тільки у використанні, але й потребують дороговартісного висококваліфікованого обслуговування та сервісних робіт, що в майбутньому спричинить додаткові суттєві витрати.

Більш розповсюдженою та загальновідомою конструкцією зернозбиральної техніки є комбайни, що мають молотарку класичного типу з тангенційним молотильним бильним барабаном. Основною частиною молотарки таких комбайнів є тангенційний бильний молотильний барабан або декілька таких барабанів та сепараторів. Рух хлібної маси проходить поперек осі обертання барабану (барабанів). Обмолот зерна відбувається за рахунок удару бичів тангенційного барабана по колоскам. Якщо замість бичів встановлюються інші робочі органи, наприклад штифти чи фігурні ребра, то такий пристрій виконує функцію стабілізатора потоку та сепаратора, що відділяє значну частину (до 60%) дрібного вороху від соломи. Конструкції тангенціальних барабанів в основному відмінні по діаметру та по особливостям виготовлення підбарабання (одно, двох радіусне та ін.)

Також в останні роки спостерігається тенденція до широкого розповсюдження зернозбиральних комбайнів з аксіально-роторною молотильно-сепарувальною схемою обмолоту. Основною відмінністю таких машин в порівнянні з комбайнами, які побудовані за класичною схемою, є те, що в таких конструкціях тангенційний молотильно-сепарувальний барабан або їх комбінація з тангенційними сепараторами та клавішні соломотряси каскадного типу замінені на розташований аксіально (повздожньо відповідно проходження хлібної маси) молотильно-сепарувальний ротор з гвинтовими напрямними хлібної маси, який обертається в циліндричних деках. Обмолот і сепарація зерна виконується в міру переміщення зібраної маси врожаю по напрямку паралельно повздожній вісі ротора за рахунок тертя між робочою поверхнею ребер ротора і напівциліндрами дек ротора. Тобто процес удару бича бильного тангенціального барабану замінені на процес витирання рослинної маси між поверхнею ребер ротора і деки.

Така система сепарації за допомогою аксіально-роторних молотарок набагато менше (3-5разів) травмує зерно. При цьому слід враховувати не тільки видиму руйнацію зерна, але й компресійні пошкодження. Одними з основних недоліків роботи такої системи являються підвищені питомі енергетичні витрати процесу виділення зерна, і як наслідок, у таких комбайнів більша витрата палива на 20-40% на 1 т намолоченого зерна [1].

Значного пошкодження аксіально-роторні сепаратори зернозбиральних комбайнів отримують у випадку потрапляння в них сторонніх твердих предметів. Незадовільні результати роботи таких систем спостерігаються і під час збирання забур'янених посівів сільськогосподарських культур, що є наслідком підвищення вологості технологічного матеріалу. Продуктивність роторних комбайнів у такому випадку суттєво зменшується, а втрати врожаю перевищують 5-10%.

Тобто, ефективну, технологічно обґрунтовану, якісну роботу таких машин можливо отримати на збиранні відносно крупного зерна з сухою технологічною масою. Таким вимогам відповідають з основних культур зернова кукурудза, горох, соняшник та соя.

Перевагою роторного сепаратора в порівнянні з клавішним каскадним соломотрясом є більш інтенсивне розділення дрібного та грубого вороху, а також однакова якість роботи на рівних та похилих ділянках поля (у клавішного каскадного соломотряса спостерігається незадовільна сепарація при роботі зернозбирального комбайна на схилах).

Інноваційним напрямом сучасного комбайнобудування став альтернативний шлях, де використовуються комбіновані системи обмолоту. У такому випадку обмолот зерна і основна сепарація хлібної маси здійснюється класичним тангенціальним барабаном або їх комбінацією, а сепарація грубого вороху – роторними сепараторами з аксіальним напрямом руху хлібної маси. Такі зернозбиральні комбайни випускають фірми «Клаас» (марки Lexion 570, Lexion 580 I Lexion 600, Lexion 770, Lexion 780, Tucano 470 I Tucano 480), «Джон Дір» (С 670) I «Нью Холанд» (CS 6090 I CSX 7080).

Останні зернозбиральні комбайни фірми «Клаас» з комбінованими молотильно - сепарувальними пристроями спроектовані як комбінація молотильної системи APS тангенціального типу з класичним бильним барабаном посередині – прискорювач (стабілізатор) хлібної маси, молотильний барабан і відбійний бітер з комбінацією роторних сепараторів Roto Plus. Така технологічна комбінація трьох тангенціальних барабанів надає значне прискорення потоку хлібної маси від 3 м/с до 20 м/с. Останнє сприяє збільшенню рівномірності подачі технологічної хлібної маси до барабана і підсилення додаткової сепарації зерна за рахунок дії відцентрових сил [1].

Після проходження зібраної хлібної маси через систему APS зерно виділяється роторною системою сепарації Roto Plus, що змонтована як двороторна конструкція з можливістю автоматичного регулювання зазорів між роторами та їхніми деками. Комбайни серії Lexion обладнано двома роторними

сепараторами, які обертаються у протилежних напрямках. Пропускна здатність таких комбайнів, за результатами випробувань УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, сягає понад 20 кг/с.

Яке рішення є більш доцільне при обиранні зернозбирального комбайна для конкретного господарства за конструкцією молотильно-сепарувальних агрегатів і пропускною потужністю? Відповідь на таке питання не є однозначною. В такому випадку є тільки загальні рекомендації. Тому на нашу думку такі рекомендації доцільно доповнити і методиками багатокритеріального обґрунтуванні інженерно-технологічних рішень.

Аналітичний метод багатокритеріального вибору по відстані до цілі ґрунтується на визначенні інтегрального критерію. Суть аналітичного методу полягає в обґрунтуванні віртуального ідеального варіанту за визначеними критеріями [2], наприклад зернозбиральний комбайн за мінімально можливою ціною та максимально можливою продуктивністю роботи, та оцінці міри наближення порівнюваних параметрів реальних зернозбиральних машин до ідеального варіанту. Показники всіх варіантів порівнюються з ідеальним і визначається відстань до цілі  $\mu$ . Варіант з  $\mu_{\min}$  вважається найкращим. Ідеальний –  $\mu = 0$ , при покращенні критеріїв в сторону зменшення:

Відстань до цілі, за умови покращення критерію в сторону зменшення [2]:

$$\mu = \frac{1}{N} \cdot \sum \left( \frac{U_i}{U_0} \right) - 1, \quad \mu \rightarrow 0 \quad (1)$$

де:  $N$  – кількість критеріїв;  $U_i$  – значення варіанту  $i$ -го критерію;  $U_0$  – значення ідеалізованого варіанту (з найкращим значенням критерію  $i$ ).

Відстань до цілі, за умови покращення критерію в сторону збільшення [2]:

$$\mu = \frac{1}{N} \cdot \sum \left( \frac{U_0}{U_i} \right) - 1, \quad \mu \rightarrow 0 \quad (2)$$

Скорегуємо вихідні дані [1] для розрахунків оптимального варіанту зернозбирального комбайна виробництва України, Білорусії, Росії в сторону зменшення, як покращення показників через обернені значення. Скореговані порівнювані показники та результати розрахунків подано в табл. 1.

Таким чином, з чотирьох порівнюваних варіантів (табл.1) зернозбиральний комбайн Палессе GS 12 по досліджуваних п'яти критеріях виявився кращим, бо відстань до цілі в нього:  $\mu = 0,14142$  найменша. Другу позицію зайняв зернозбиральний комбайн ACROS – 580. Третю позицію має зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич». Четвертим виявився зернозбиральний комбайн Скіф 350. Але перемістити комбайн КЗС-9-1 «Славутич» та Скіф 350 виробництва Херсонського машинобудівного заводу на перші місця може двадцятивідсоткова державна компенсація вартості нової сільськогосподарської техніки вітчизняного виробництва.

За вище наведеною методикою проводимо порівняння більш

розповсюджених зернозбиральних комбайнів з класичною молотильно-сепарувальною схемою обмолоту відомих світових виробників. Скорегуємо вихідні дані для розрахунків оптимального варіанту зернозбирального комбайна, провідних світових компаній, що використовують класичну схемою обмолоту зерна в сторону збільшення, як покращення показників через обернені значення. За визначеною методикою проводимо аналогічні розрахунки багатокритеріального рішення за відстанню до цілі, але в цьому варіанті покращення критеріїв відбувається в сторону збільшення. Результати розрахунків та порівнювані показники подано в табл. 2.

Таблиця 1 – Вихідні дані та результати розрахунків оптимального варіанту зернозбирального комбайна виробництва України, Білорусії, Росії, що скоректовані через обернені показники в сторону зменшення як відстань до цілі, (Джерело:[1], опрацьовано та розраховано авторами)

Марка комбайна	Порівнювальні критерії					Відстань до цілі, $\mu$
	Обернений показник - номінальна потужність двигуна, $1/P_n$ , $1/kВт$	Обернений показник - коефіцієнт надійності, $1/K_n$	Витрата Палива g, $кг/т$ зерна	Маса комбайна $m, т$	Ціна комбайна, $См, грн.$	
КЗС-9-1	0,00578	1,66666	3,7	14	2631000	0,17988
Скіф-350	0,00387	1,42857	3,6	17,7	4520000	0,23752
Палессе GS 12	0,00411	1,25000	3,6	16,6	3700000	0,14142
ACROS - 580	0,00452	1,25000	3,7	13, 4	4450000	0,17742

Таблиця 2 – Вихідні дані для зернозбиральних комбайнів провідних світових компаній, які використовують класичну схемою обмолоту зерна що скоректовані через обернені показники в сторону збільшення, як відстань до цілі та результати розрахунків (Джерело:[1], опрацьовано та розраховано авторами)

Порівнювані критерії	Фірма-виробник, модель			
	CLAAS LEXION 540	JOHN DEERE T-670	NEW HOLLAND CX 8080	MASSEV FERGUSON MF 7280
Номінальна потужність двигуна, $P_n, кВт$	230	299	260	278
Загальна площа сепарації МСП, $S, м^2$	2,17	3,36	2,54	2,16
Обернений показник до маси комбайна, $1/m, 1/т$	0,055035	0,06540	0,07299	0,0612745
Обернений показник до орієнтовної ціни комбайна, $1/C, 1/т.Євро$	0,0034482	0,0041666	0,0056179	0,0037037
Площа сепарації соломотряса, $S_c, м^2$	7,48	5,40	5,93	10,47
Відстань до цілі, $\mu$	0,444	0,2740	0,2471	0,2652

В такому випадку (табл.2) рейтинг зернозбиральних комбайнів закордонного виробництва з класичною молотильно-сепарувальною системою наступний:

1. зернозбиральний комбайн NEW HOLLAND CX 8080;
2. зернозбиральний комбайн MASSEV FERGUSON MF 7280;
3. зернозбиральний комбайн JOHN DEERE T-670;
4. зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 540.

Наступним етапом проведемо порівняння зернозбиральних комбайнів з аксіально-роторною системою молотильно-сепарувального пристрою. Трансформуємо вихідні порівнювальні характеристики зернозбиральних комбайнів (табл.3) таким чином, щоб всі обрані критерії покращувались в сторону збільшення через обернені показники. Основні критерії, за якими було здійснено порівняння та проведені розрахунки, наведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Вихідні дані зернозбиральних комбайнів провідних світових компаній, які використовують аксіально-роторну схемою обмолоту зерна, що скоректовані через обернені показники в сторону збільшення, як відстань до цілі, (Джерело: [1], опрацьовано та розраховано авторами)

Порівнювальні критерії	Фірма-виробник, модель				Ростсільмаш TORUM 740
	JOHN DEERE S 690	NEW HOLLAND CR 9080	MASSEV FERGUSON MF 9895	Challenger 680B	
Номінальна потужність двигуна, кВт	395	337	339	317	294
Площа сепарації МСП, м <sup>2</sup>	3,00	3,06	1,55	1,54	1,30
Площа реші очистки, м <sup>2</sup>	4,70	6,50	5,35	5,35	5,20
Місткість бункера, м <sup>3</sup>	11,0	10,5	12,3	12,3	10,5
Обернений критерій: 1/маса комбайна, 1/т	0,0639549	0,064935	0,0695894	0,0584795	0,061162
Обернений критерій 1/орієнтовна ціна, 1/т євро	0,0055555	0,0071428	0,0052631	0,0058823	0,0083333
Відстань до цілі, $\mu$	0,1846	0,099	0,3220	0,3416	0,3730

За відомою методикою [1] проводимо наступні розрахунки багатокритеріального рішення за відстанню до цілі, в цьому варіанті покращення критеріїв також відбувається в сторону збільшення.

Таким чином, рейтинг зернозбиральних комбайнів які використовують аксіально-роторну схемою обмолоту зерна за результатами аналітичних розрахунків (табл.3) методом за відстанню до цілі має наступний вигляд:

- зернозбиральний комбайн NEW HOLLAND CR 9080;

- зернозбиральний комбайн JOHN DEERE S 690;
- зернозбиральний комбайн MASSEV FERGUSON MF 9895;
- зернозбиральний комбайн Challenger 680B;
- зернозбиральний комбайн Ростсільмаш TORUM 740.

Прикінцевим етапом даної частини досліджень проведемо порівняльний аналіз зернозбиральних комбайнів, що використовують комбіновану систему обмолоту. Трансформуємо всі обрані критерії покращувались в сторону збільшення через обернені показники. Порівняльні критерії та результати розрахунків опрацьовано та наведено в табл. 4.

Таблиця 4 – Вихідні дані зернозбиральних комбайнів провідних світових компаній, які використовують комбіновану схемою обмолоту зерна, що скоректовані через обернені показники в сторону збільшення, як відстань до цілі та результати розрахунків (Джерело: [1], опрацьовано та розраховано авторами)

Порівнювальні критерії	Фірма-виробник, модель		
	CLAAS LEXION 570/570 TERRA TRAC	CLAAS LEXION 600/600 TERRA TRAC	JOHN DEERE C 670
Номінальна потужність, кВт	313	390	299
Загальна площа очищення, м <sup>2</sup>	5,1	6,2	4,55
Місткість бункера, м <sup>3</sup>	10,5	12,0	10,0
Обернений критерій маса комбайна, 1/т	0,0724637	0,0704225	0,0653167
Обернений критерій, 1/орієнтовна ціна, тис.євро	0,0026315	0,0025	0,0028571
Відстань до цілі, $\mu$	0,1332	0,0290	0.1940

З використанням формули 1 та методики [2] проводимо наступні розрахунки багатокритеріального рішення за відстанню до цілі, в цьому варіанті покращення критеріїв також відбувається в сторону збільшення. Отже, рейтинг зернозбиральних комбайнів які використовують комбіновану схему обмолоту зерна за результатами аналітичних розрахунків методом за відстанню до цілі (табл.4) має наступний вигляд:

- зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 600/600 TERRA TRAC;
- зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 570/570 TERRA TRAC;
- зернозбиральний комбайн JOHN DEERE C 670.

Але такі комбайни досить дорого коштують, тому фінансові обмеження аграрних підприємств не завжди дають змогу їх придбати.

Метод багатокритеріального вибору за відстанню до цілі дуже наглядно інтерпретується графічно [2]. Для його реалізації необхідно побудувати графік з числом координатних осей, що дорівнює числу критеріїв у вигляді пелюсткової діаграми. При цьому можливо використовувати програмне забезпечення Microsoft Excel. При цьому не слід забувати, що і як у аналітичних розрахунках методу за відстанню до цілі, у графічній його інтерпретації усі порівнювані

критерії мають бути узгоджені в одномірності – збільшення або зменшення у одну сторону.

З'єднані лініями значення критеріїв на пелюсткових діаграмах утворюють багатокутники. Площі таких багатокутників порівнюються між собою. Ідеалізований варіант – відповідно багатокутник з найменшою або найбільшою теоретично можливою площею за порівнюваними числовими значеннями критеріїв. Багатокутники, що відтворюють комплексну характеристику реального об'єкта досліджень, в нашому випадку зернозбирального комбайна, тим краще, чим якнайближче наближені до ідеалізованого теоретичного варіанту.

Узагальнений критерій відстані до цілі  $\mu$ , визначається як відношення площі  $\Pi$  і-го варіанту до площі ідеалізованого [2].

$$\mu_i = \frac{\Pi_i}{\Pi_0}, \mu \geq 1 \quad (3)$$

Площа багатокутника визначається як  $\Sigma$  площ трикутників із сторонами, що відповідають значенням критеріїв  $K_i$  [2].

$$\Pi = \Sigma \Pi_i, \Pi_i = \frac{1}{2} \cdot K_1 \cdot K_2 \quad (4)$$

Одним з суттєвих недоліків такого методу є те, що абсолютні значення критеріїв відрізняються між собою на порядок і вище. А величини  $\Pi_i$  і  $\mu$ , залежать навіть від взаємного розташування критеріїв на графіку [2].

Виключити такий недолік можливо переходом у відносні одиниці вимірювання - нормуванням критеріїв: розділити цифрове значення кожного реального критерію на його кращий в таблиці порівнянь ідеалізований варіант. В такому разі визначення комплексного оціночного параметру за відстанню до цілі буде більш точним [2].

Тому перетворимо дані з табл. 1, табл. 2, табл. 3, табл. 4 для зручності побудови пелюсткових графіків шляхом ділення реальних показників – порівнювальних критеріїв на їх найкращий ідеалізований варіант та в середовищі програмного забезпечення Microsoft Excel будуюмо пелюсткову діаграму (рис.1), що графічно інтерпретує відносні показники порівнювальних критеріїв зернозбиральних комбайнів виробництва України, Білорусії, Росії по методу за відстанню до цілі.

За перетвореними даними з табл. 2 в середовищі програмного забезпечення Microsoft Excel будуюмо пелюсткову діаграму (рис. 2), що графічно інтерпретує відносні показники порівнювальних критеріїв зернозбиральних комбайнів світових компаній, які використовують класичну схемою обмолоту зерна по



методу за відстанню до цілі.

За перетвореними даними з табл. 3 в середовищі програмного забезпечення Microsoft Excel будуємо пелюсткову діаграму (рис. 3) для зернозбиральних комбайнів, провідних світових компаній, які використовують аксіально-роторну схемою обмолоту зерна.

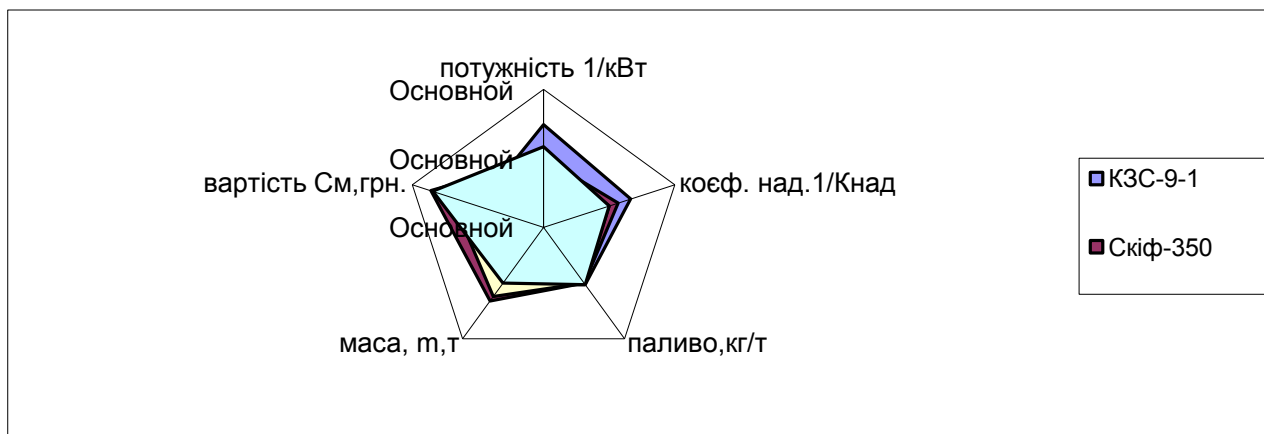


Рис.1 – Графічна інтерпретація багатокритеріального вибору по методу за відстанню до цілі для зернозбиральних комбайнів виробництва України, Білорусії, Росії.  
Кращий варіант - Палессе GS 12 виробництва Білорусії.

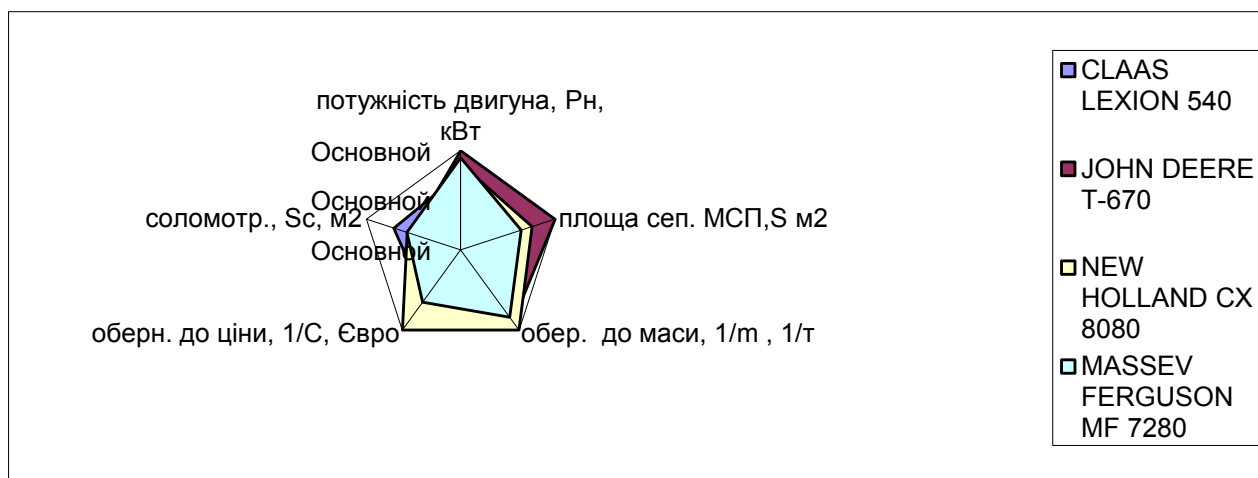


Рис. 2 – Графічна інтерпретація багатокритеріального вибору по методу за відстанню до цілі для зернозбиральних комбайнів, провідних світових компаній, які використовують класичну схемою обмолоту зерна. Кращий варіант – NEW HOLLAND CX 8080.

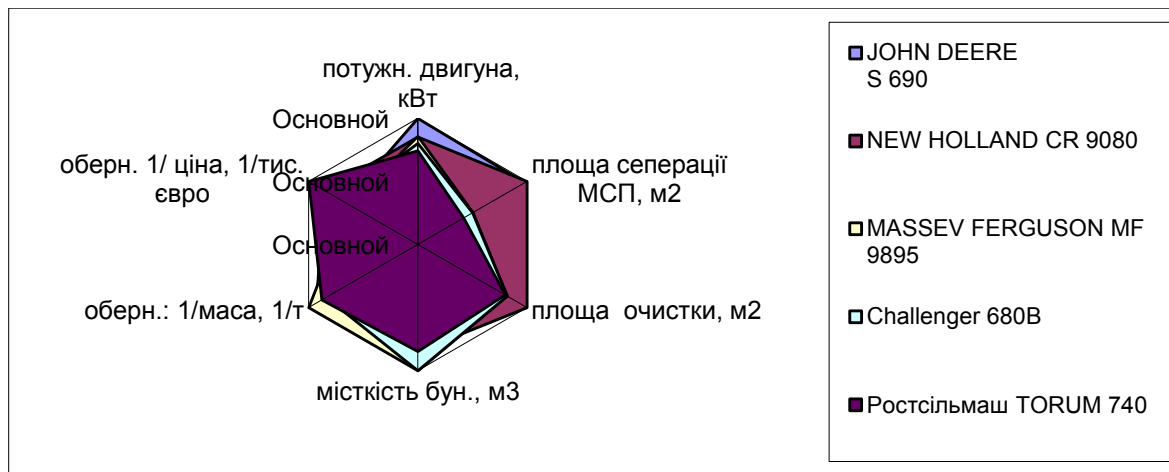


Рис 3 – Графічна інтерпретація багатокритеріального вибору по методу за відстанню до цілі для зернозбиральних комбайнів, провідних світових компаній, які використовують аксіально-роторну схемою обмолоту зерна.  
Кращий варіант – зернозбиральний комбайн NEW HOLLAND CR 9080.

За перетвореними даними з табл. 4 в середовищі програмного забезпечення Microsoft Excel будуємо пелюсткову діаграму (рис. 4), що графічно інтерпретує відносні показники порівнювальних критеріїв зернозбиральних комбайнів світових компаній, які використовують комбіновану схемою обмолоту зерна по методу за відстанню до цілі.

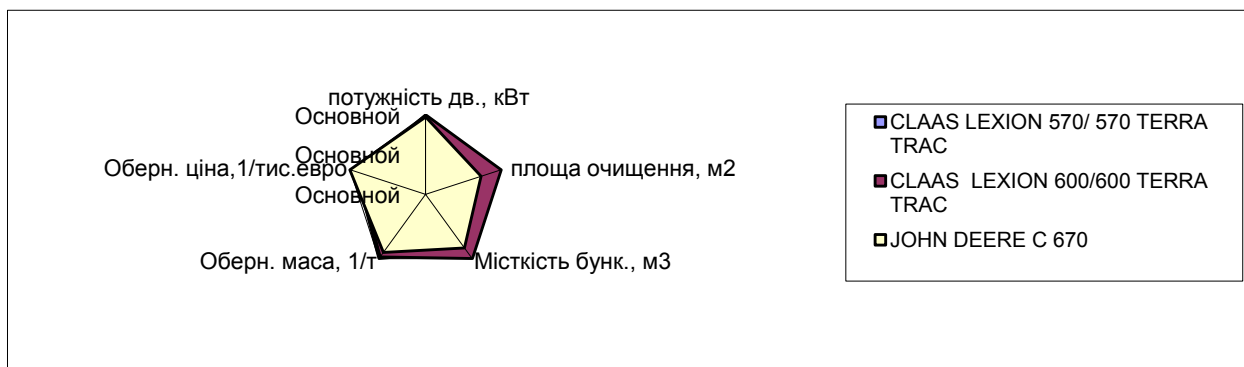


Рис. 4 – Графічна інтерпретація багатокритеріального вибору по методу за відстанню до цілі для зернозбиральних комбайнів, провідних світових компаній, які використовують комбіновану схемою обмолоту зерна. Кращий варіант – зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 600/600 TERRA TRAC.

Результати графічної інтерпретації багатокритеріального вибору зернозбиральних комбайнів з використанням методу за відстанню до цілі наведені на рис. 1, рис. 2, рис 3, рис 4.

Отже, кращими комбайнами по типах систем обмолоту та сепарації зерна за результатами багатокритеріального методу за відстанню до цілі відповідно стали:

- зернозбиральний комбайн Палессе GS 12 - група машин виробництва

країн бувшого СНД;

- зернозбиральний комбайн NEW HOLLAND CX 8080 – група машин закордонного виробництва з класичною молотильно-сепарувальною системою;

- зернозбиральний комбайн NEW HOLLAND CR 9080 – група машин, які використовують аксіально-роторну схемою обмолоту зерна;

- зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 600/600 TERRA TRAC - група машин, які використовують комбіновану схемою обмолоту зерна.

**Висновки** з даного дослідження та перспективи подальших розробок у даному напрямку:

1. У сучасному сільськогосподарському виробництві проблема раціонального вибору зернозбирального комбайна це складне багатокритеріальне господарське рішення. Спочатку треба врахувати виробничі потреби по обмолоту зернових культур, агротехнічні вимоги та агротехнічні особливості конкретного сільськогосподарського підприємства; потім визначити основні домінуючі параметри комплексу збиральних машин та бажано співставити їх по ступені вагомості. Нажаль, домінуючим та обмежувальним критерієм вибору є ціна комбайна.

2. Результатами розрахунків є наступний рейтинг досліджуваних машин:

3 чотирьох порівнюваних варіантів зернозбиральних комбайнів виробництва країн бувшого СНД, з класичною схемою обмолоту, комбайн Палессе GS 12 по досліджуваних п'яти критеріях виявився кращим, бо відстань до цілі в нього найменша. Другу позицію зайняв зернозбиральний комбайн ACROS – 580. Третю позицію має зернозбиральний комбайн КЗС-9-1 «Славутич». Четвертим виявився зернозбиральний комбайн Скіф 350. Але перемістити комбайн КЗС-9-1 «Славутич» та Скіф 350 виробництва Херсонського машинобудівного заводу на перші місця може двадцятивідсоткова державна компенсація вартості нової сільськогосподарської техніки вітчизняного виробництва.

3. Рейтинг порівнювальних зернозбиральних комбайнів закордонного виробництва з класичною молотильно-сепарувальною системою наступний: зернозбиральний комбайн NEW HOLLAND CX 8080; зернозбиральний комбайн MASSEV FERGUSON MF 7280; зернозбиральний комбайн JOHN DEERE T-670; зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 540.

- Рейтинг зернозбиральних комбайнів які використовують аксіально-роторну схемою обмолоту зерна за результатами аналітичних розрахунків методом за відстанню до цілі полягає у наступному: зернозбиральний комбайн NEW HOLLAND CR 9080; зернозбиральний комбайн JOHN DEERE S 690; зернозбиральний комбайн MASSEV FERGUSON MF 9895; зернозбиральний комбайн Challenger 680B; зернозбиральний комбайн Ростсільмаш TORUM 740.

4. Рейтинг зернозбиральних комбайнів які використовують комбіновану схему обмолоту зерна за результатами аналітичних розрахунків методом за відстанню до цілі такий: зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 600/600 TERRA TRAC; зернозбиральний комбайн CLAAS LEXION 570/570 TERRA TRAC; зернозбиральний комбайн JOHN DEERE С 670.

5. При проведенні подальших досліджень додаткову увагу слід надати таким критеріям: проектній пропускній спроможності технологічної хлібної маси (кг/с) зернозбирального комбайна та номінальній продуктивності молотарки по зерну (т/год); а також показникам енергетичної ефективності та екологічності – витраті палива, кг/т зерна; експлуатаційній масі, т. Таки показники більш ґрунтовно дають можливість оцінювати технічні, технологічні та екологічні характеристики пропонованих комбайнів, їх специфічні конструктивні особливості та одержати питомі (долучені до одиниці продуктивності або до одиниці площі) показники конструктивно-технологічного рівня з урахованням степеня шкідливого впливу аграрного виробництва.

#### Список використаних джерел

1. В. Гречкосій, І. Дацюк. Обмолот: схеми і способи. Механізація АПК.02.03.2012р. URL: [http://agro-bisiness.com.ua/images/4-227/4\\_46.jpg](http://agro-bisiness.com.ua/images/4-227/4_46.jpg).
2. Нагірний Ю.П. Обґрунтування інженерних рішень./ – К.: Урожай, 1994 – 216 с.
3. Sheychenko V., Anelak M., Kuzmych A., Gritsaka O., Dudnikov I., Tolstushko N. *Investigation of the grain separation process in the three-drum threshing-separating device of a combine harvesterscientific* -VI International scientific congress agricultural machinery. 25.06 – 28.06.2018 Burgas, Bulgaria, с. 27-32.
3. Шейченко В.О. Недовесов В.І., Анеляк М.М., Кузьмич А.Я., Грицака О., Дудніков І.А. Особливості обмолоту та сепарації зерна в багатобарабанному молотильно-сепарувальному пристрої. Механізація та електрифікація сільського господарства: загальнодерж. наук. зб. Глеваха, 2018. Вип. №7 (106). с. 63–73.
4. Шейченко В., Анеляк М., Кузьмич А., Дудніков І. Від пшениці до соняшнику. Агромаркет, червень, 2018, №7, с.76-79.
5. Шейченко В.О. Робота над соломою. Farmer №8(104) | серпень 2018 р., с. 146-150.
6. Герасименко Р. Д., Броварець О. О. Система моніторингу врожайності сільськогосподарських культур. Хранение и переработка зерна. 2014. № 7 (184). С.22-25.
7. Куценко М. Датчики в системах картування врожайності. The Ukrainian Farmer. 2009. №9-10. URL: <http://agroit.com.ua/story/46-datchiki-v-sistemah->

kartirovaniya-urozhaynosti.html.

8. Погорілий Л., Івасюк В., Соломаха О. До практичної реалізації моніторингу ґрунтів у системі точного землеробства. Техніка АПК. 2002. №10-11 (жовтень-листопад). – С. 8-9.

## **Abstract**

### **MULTI-CRITERIAN SELECTION OF MODERN GRAIN-BASED COMBINES. ANALYTICAL ASPECTS**

Burlaka O, Yakhin S., Dudnik V., Ivankova O., Drozchana O.

*In this article, analytical studies have been carried out on the multicriterial substantiation of the choice of modern combine harvesters. The peculiarities of the design of the hammer-separator combine harvesters and features of harvesting of various crops are considered. Technological aspects of the use of combine harvesters are comparable with classical, rotary and combined torches. The article uses the analytical method of multicriteria selection of modern combine harvester "for distance to the target".*

*The main comparative criteria were chosen: rated engine power; the area of separation of the threshing machine; grill area for cleaning; bunker capacity; mass of combine; indicative price; fuel consumption, coefficient of reliability.*

*Grain combines are conventionally divided in relation to manufacturers and features of the design of the threshing-separating device on the groups of machines produced in Ukraine, Belarus and Russia with a classic threshing machine – grain harvesters "Skif" and KSS-9-1 "Slavutich", "Palessa" GS 12, ACROS-580; combine harvesters with a classical hammer of leading foreign firms – CLAAS LEXION 540, JOHN DEERE T-670, NEW HOLLAND CX 8080, MASSEV FERGUSON MF 7280; combine harvesters with rotor grinding scheme of leading foreign firms – JOHN DEERE S 690, NEW HOLLAND CR 9080, MASSEV FERGUSON MF 9895, CHALLENGER 680B, Rostselmash TORUM 740; combine harvesters from leading oversea companies with combined threshing system – CLAAS LEXION 570/570 TERRA TRAC, CLAAS LEXION 600/600 TERRA TRAC, CLAAS LEXION 770, JOHN DEERE C 670.*

*On the basis of the listed criteria and analytical calculations the rating of grain harvesting combines with the account of the structures of threshing-separation systems is obtained.*

**Keywords:** *combine harvester, multi-criteria choice, technology, crops, method, substantiation, criterion, threshing and separation system.*

## Аннотация

### МНОГОКРИТЕРИАЛЬНЫЙ ВЫБОР СОВРЕМЕННЫХ ЗЕРНОУБОРОЧНЫХ КОМБАЙНОВ. АНАЛИТИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ

Бурлака О.А., Яхин С.В., Дудник В.В., Иванкова О.В., Дрожжана О.У.

*Проведены аналитические исследования по многокритериальному обоснованию выбора современных зерноуборочных комбайнов. Учтены особенности конструкций молотильно-сепарационных устройств комбайнов и особенности уборки различных сельскохозяйственных культур.*

*Проведено сравнение технологических аспектов использования зерноуборочных комбайнов с классическими, роторными и комбинированными молотилками. В статье использовано аналитический метод многокритериального выбора современных зерноуборочных комбайнов «за расстоянием до цели».*

*Основными сравниваемыми критериями были обраны: номинальная мощность двигателя, кВт; площадь сепарации молотилки, м<sup>2</sup>; площадь решет очистки, м<sup>2</sup>; емкость бункера, м<sup>3</sup>; массу комбайна, кг; приблизительную цену, евро; расход топлива, кг/т зерна, коэффициент надежности.*

*Сравниваемые зерноуборочные комбайны условно поделены относительно фирм-производителей, а также особенностей конструкции молотильно-сепарационных устройств на группы машин производства Украины, Белоруссии та России с классической молотилкой – зерноуборочные комбайны «Скиф» та КЗС-9-1 «Славутич», «Палессе» GS 12, ACROS – 580; зерноуборочные комбайны с классической молотилкой ведущих зарубежных фирм – CLAAS LEXION 540, JOHN DEERE T-670, NEW HOLLAND CX 8080, MASSEV FERGUSON MF 7280; зерноуборочные комбайны с роторною схемой обмолота ведущих зарубежных фирм – JOHN DEERE S 690, NEW HOLLAND CR 9080, MASSEV FERGUSON MF 9895, CHALLENGER 680B, Ростсельмаш TORUM 740; зерноуборочные комбайны ведущих зарубежных фирм с комбинированной системой обмолота – CLAAS LEXION 570/570 TERRA TRAC, CLAAS LEXION 600/600 TERRA TRAC, CLAAS LEXION 770, JOHN DEERE C 670.*

*На основе перечисленных критериев и аналитических расчетов получен рейтинг зерноуборочных комбайнов с учетом конструкций молотильно-сепарационных систем.*

**Ключевые слова:** зерноуборочный комбайн, многокритериальный выбор, технология, сельскохозяйственные культуры, метод, обоснование, критерий, молотильно-сепарационная система.

## ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗЕРНОПОСІВНИХ МАШИН

**Дудніков А.А., к.т.н., професор, Біловод О.І., к.т.н., доцент,  
Дудник В.В., к.т.н., доцент, Бурлака О.А., к.т.н., доцент,  
Дрожчана О.У., старший викладач**  
(Полтавська державна аграрна академія)

*Проведена оцінка надійності робочих органів зернових сівалок з урахуванням умов їх роботи на основі математичних залежностей, застосовуються в теорії ймовірності.*

*Проведені дослідження по вибору оптимальних параметрів вібраційного зміцнення ріжучих робочих органів сівалок, що сприяють підвищенню зносостійкості і надійності посівної техніки.*

*Запропонований спосіб відновлення робочої поверхні диска сошника приварюванням сегментів до його зовнішнього діаметру із зазначенням їх геометричних параметрів.*

*Виявлені параметри варіювання факторів експерименту.*

*Проведені мікроструктурні дослідження з ціллю визначення впливу метода обробки на властивості матеріалу дисків сошників.*

*Проведені стендові випробування дисків сошників, відновлених різними методами на установці, що дозволяє регулювати інтенсивність зношування дисків, а також експлуатаційні дослідження для визначення ефективності використання різних методів їх відновлення.*

*Визначені значення і розподіл залишкових напружень в матеріалі нового диска і відновленого приварюванням трьох сегментів зі сталі з наплавленням сормайтотом і вібраційним зміцненням.*

*Знайдені значення ступеня зміцнення матеріалу ріжучої кромки відновлених дисків сошників.*

*Встановлені оптимальні режими вібраційного зміцнення: частоти і амплітуди коливань обробного інструменту, час.*

*Визначені оптимальні параметри дисків сошників: зовнішній діаметр, товщина ріжучої кромки, кут леза, що забезпечує їх найменший знос і якість сівби зернових.*

*Наведені результати зміни товщини диска і зносу його по діаметру підчас стендових досліджень нових дисків та відновлених приварюванням сегментів зі сталі 45 з автоматичним наплавленням сормайтотом і вібраційним зміцненням.*

*Проведені експлуатаційні дослідження вказаних варіантів зернових сівалок з ціллю перевірки експлуатаційної стійкості відновлених і зміцнених вібраційним способом дисків сошників.*

*Встановлено, що найбільше значення напрацювання мала сівалка з дисками*

*сошників, відновлених приварюванням сегментів зі сталі 45 з автоматичним наплавленням сормайтотом і зміцненням вібраційним деформуванням.*

**Постановка проблеми.** Відновлення деталей дозволяє позитивно впливати на покращення показників надійності і використання сільськогосподарських машин. Економічна сторона доцільності проведення робіт по відновленню деталей машин полягає в зниженні собівартості ремонту, а також в зменшенні затрат при їх експлуатації.

До деталей, які посилено зношуються в процесі експлуатації відносяться диски сошників зернових сівалок. Досить низька їх довговічність обумовлена зношуванням робочої поверхні, що вимагає частого їх відновлення.

В зв'язку з цим проблема підвищення довговічності дисків сошників зернових сівалок являється актуальною.

Питанням розробки і застосування технологічних процесів підвищення довговічності деталей машин присвячені роботи М.І. Чорновола, А.І. Бойка, Д.Г. Войтюка, І.П. Сичова та ін.

**Актуальність роботи** обумовлена необхідністю розробки метода підвищення надійності дисків сошників сільськогосподарських машин методом вібраційного зміцнення їх робочих поверхонь.

У цьому зв'язку актуальним є проведення досліджень по визначенню оптимальних параметрів вібраційної обробки дискових робочих органів при їх відновленні, що забезпечують необхідну надійність. Тому дослідження, спрямовані на розробку технології вібраційного зміцнення вказаних деталей, можуть бути віднесені до числа важливих і актуальних.

**Аналіз останніх досліджень.** Внаслідок абразивного зношування ріжучих елементів ґрунтообробних машин викликає необхідність їх відновлення. Існуючі способи відновлення спрямовані на зменшення швидкості зношування за рахунок застосування зносостійких матеріалів і ефективних технологій виготовлення та відновлення.

До матеріалів підвищення довговічності вказаних деталей можуть бути віднесені хіміко-термічна обробка, пластичне деформування [1].

Застосовуються способи наплавки: метод плакування зносостійкою стрічкою, метод зміцнення тертям [2].

Указані способи відрізняються високою складністю, вимагають спеціального дорогого обладнання і тому поки ще не знайшли широкого застосування в ремонтному виробництві.

В машинобудуванні застосовується метод алмазного вигладжування для поверхневого зміцнення деталей, що виготовляються [3].

В Англії, США, Японії при відновленні деталей сільськогосподарської техніки одержав деяке розповсюдження метод нанесення на поверхню полімерних матеріалів [4].

В літературі [5] описаний метод відновлення диска сошника приварюванням до нього секторів вольфрамовим електродом в середовищі



аргону магніторегулюємою дугою. З огляду складності цей метод не знайшов поки належного застосування в сільськогосподарському ремонтному виробництві.

Є дані відновлення диска по діаметру способом зварювання в напуск з подальшим зміцненням порошками на основі сормаїту [6]. Даний технологічний спосіб відрізняється складністю, трудомісткістю і не забезпечує в повній мірі гарантії від можливості втомного руйнування при експлуатації дисків сошників.

**Виділення не вирішеної раніше загальної проблеми.** Стосуючись перспектив використання вібраційних коливань в технологічних процесах, можна відмітити, що інтерес до цієї проблеми зі сторони відповідних спеціалістів різних галузей буде зростати [7].

Основними передумовами до цього являються: інтенсифікація існуючих технологічних процесів; можливість розробки нових способів обробки матеріалів; зниження енергозатрат.

Вібраційні коливання дозволили створити нові методи обробки і технологічні процеси, що сприяють розробці ресурсозберігаючих технологій, які характеризуються більш високою інтенсивністю.

Зносостійкість поверхні деталей, оброблених вібраційним методом, залежить від глибини зміцненого шару, проте в літературі відсутні конкретні рекомендації по її визначенню [8].

Немає достатнього пояснення поведінки різних матеріалів при вібраційному деформуванню. Відсутні закономірності визначення зусилля деформування від таких параметрів, як режими обробки, геометрія обробного інструменту та оброблюваних деталей. Недостатньо вивчені наступні питання: вплив зміцнення матеріалу оброблюваних деталей, схильних до абразивного зношування; вплив вібраційної обробки на підвищення довговічності робочих органів зернових сівалок.

Представляє практичний і теоретичний інтерес проведення подальших досліджень процесу вібраційного зміцнення деталей сільськогосподарських машин, що працюють в особливо навантажених умовах, для розробки технології, що забезпечує підвищення їх довговічності і надійності.

**Мета і завдання досліджень.** Метою є підвищення надійності зернопосівної техніки при її виробництві та відновленні з використанням вібраційного зміцнення робочих органів.

Поставлена мета в роботі визначалась вирішенням наступних завдань:

- дати аналіз існуючих властивостей відновлених поверхонь дисків;
- обґрунтувати параметри технологічного процесу відновлення дисків сошників зернових сівалок і впровадити у виробництво;
- оцінити економічну ефективність використання розробленої технології.

**Виклад матеріалу дослідження.** Оцінка надійності зазначених робочих органів з урахуванням специфіки умов їх роботи шляхом порівняння показників відновлених і нових дисків, використовуючи математичні залежності, прийняті в теорії ймовірностей.

Інтенсивність зношування робочих органів впливає на надійність посівної техніки. Тому при розробці технології їх відновлення проводили вибір оптимальних параметрів обробки, що знижують величину зносу різального елемента дисків сошників.

Заміри товщини ободу диска проводили мікрометром МКЦ-25 з електронним цифровим пристроєм відліку, а мікрометраж діаметра диска здійснювали штангенциркулем ШЦЦ-500 з точністю відліку 0,01 мм. Величину кута леза диска вимірювали кутоміром з дискретністю відліку 5'.

Лабораторні дослідження з відновлення робочих органів – дисків сошників методом вібраційного деформування проводили на спеціально виготовленій установці, яка забезпечує виконання технологічних процесів (роздача, обтиск, зміцнення) з необхідними робочими параметрами: збурююча сила, амплітуда і частота коливань, швидкість руху обробного інструменту.

Відновлення робочої поверхні диска проводили методом приварювання сегментів до його зовнішнього діаметру (рис. 1).

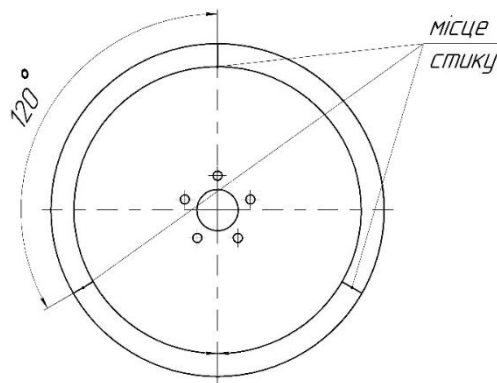


Рис. 1 – Схема приварювання сегментів до відновлюваної поверхні диска

Сегменти, виготовлені зі сталі 45 товщиною 2,5 мм і шириною 15 мм на сорокатонному пресі, приварювалися дротом Ø2 мм зі сталі 08ГС з наступним наплавленням сормайтотом.

Величину зносу дисків може бути описана наступною залежністю:

$$I = f(A, n, t), \quad (1)$$

де:  $A$  і  $n$  – відповідно амплітуда і частота коливань обробного інструменту;  
 $t$  – час зміцнення.

Основний рівень та інтервал варіювання кожного фактору представлено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Параметри варіювання факторів експерименту

Фактори	Код	Інтервал варіювання	Рівні варіювання		
			нижній -1	основний 0	верхній +1
1. Амплітуда, мм	x <sub>1</sub>	0,25	0,25	0,5	0,75
2. Частота, хв <sup>-1</sup>	x <sub>2</sub>	700	700	1400	2100
3. Час, с	x <sub>3</sub>	10	10	20	30

Результати планування багатофакторного експерименту оброблялись відповідно прийнятій методиці [9].

Для визначення впливу методу обробки на властивості матеріалу дисків сошників були проведені мікроструктурні дослідження, необхідні для вибору оптимальних параметрів технологічного процесу відновлення.

Величину зерна досліджуваних зразків визначали шляхом порівняння видимих під мікроскопом зерен з еталонною шкалою (ГОСТ 5639).

Твердість матеріалу дисків сошників визначали методом Роквелла на приладі ТК-2М (ГОСТ 23677-79).

Мікротвердість заміряли на мікротвердомірі ПМТ-3.

Стендові випробування дисків сошників, відновлених різними технологіями, проводили на установці (рис. 2), що представляє собою ґрунтовий канал радіуса  $R$ . Установка дозволяє регулювати інтенсивність зношування дисків за рахунок наступних параметрів: швидкості руху сошника, різного складу абразивної суміші, ступеня ущільнення суміші. Відповідно до технічних умов експлуатації зернових сівалок діапазон швидкості становив 2,2...2,8 м/с. Середнє напрацювання дисків сошників повинно становити 1000 годин або 2700 га обробленої землі.



Рис. 2 – Загальний вигляд установки для випробування дисків сошників на знос

Експлуатаційні випробування були останнім етапом досліджень при визначенні ефективності використання різних методів відновлення дисків сошників зернових сівалок.

Для порівняльної оцінки експлуатаційних випробувань були зібрані дані про ресурс таких варіантів дисків сошників:

- нові зі сталі 65Г;

- відновленні приварюванням сегментів зі сталі 45, наплавлених сормайтотом і зміцненні вібраційним деформуванням.

При відновленні зношеного диска наплавкою виникають залишкові напруження радіальні  $\delta_r$  і окружні  $\delta_\theta$ .

З урахуванням значень пластичного деформування значення радіальних і окружних напружень матимуть вигляд:

$$\left. \begin{aligned} \delta_r &= \frac{E}{1-\mu^2} \left[ \frac{dU}{dr} + \mu \frac{U}{r} - (\varepsilon_r^0 + \mu \varepsilon_\theta^0) \right] & (1) \\ \delta_\theta &= \frac{E}{1-\mu^2} \left[ \frac{U}{r} + \mu \frac{dU}{dr} - (\varepsilon_\theta^0 + \mu \varepsilon_r^0) \right] & (2) \end{aligned} \right\}$$

де:  $E$  – модуль Юнга;  $\mu$  – коефіцієнт Пуансона;  $\varepsilon_r^0$  і  $\varepsilon_\theta^0$  – умовні пластичні деформування;  $U = U(r)$  – радіальні переміщення;  $r$  – координати в радіальному напрямі.

Розподіл залишкових напружень для випадку відновленого диска сошника методом приварювання трьох сегментних шин представлений на рис. 3.

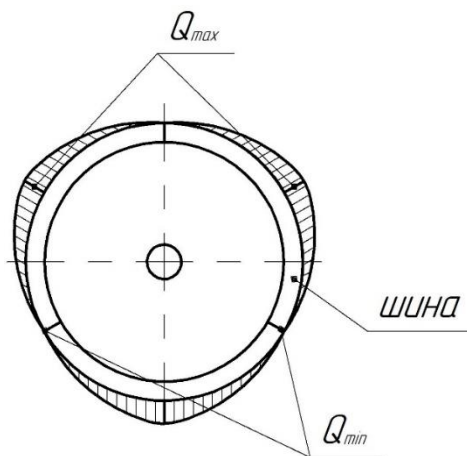


Рис. 3 – Розподіл залишкових напружень у відновленому диску

Отримані математичні залежності з урахуванням експериментальних даних дозволяють визначити величину залишкових напружень в будь-якій точці диска, відновленого методом наплавки сегментних шин.

Отримані розрахунковим шляхом залишкові напруження приведені в табл. 2.

Таблиця 2 – Значення залишкових напружень

Варіант диска сошника	Залишкові напруження, МПа	
	$\delta_r$	$\delta_\theta$
1. Нові (зі сталі 65Г)	99-107	138-153
2. Відновлені приварюванням сегментів зі сталі 45 з наплавкою сормайтотом і вібраційним зміцненням	81-87	115-122

Ступінь зміцнення  $\eta$  матеріалу ріжучої кромки відновлених дисків сошників визначали по залежності:

$$\eta = \log_{\varepsilon} \frac{\delta_S}{\delta_T}, \quad (3)$$

де:  $\delta_S$  – напруження течії;  $\delta_T$  – межа текучості;  $\varepsilon$  – логарифмічний ступінь деформації.

Розрахункові значення ступеня зміцнення, одержані по залежності (2) приведені в табл. 3.

Таблиця 3 – Розрахункові значення ступеня зміцнення

Оброблюваний матеріал	Ступінь зміцнення, $\eta$	
	Значення деформування	Вібраційне деформування
1. Сталь 65Г	0,120	165
2. Сталі 45, сормайт	0,086	142

Встановлено, що ступінь зміцнення матеріалу дисків сошників, відновлених приварюванням сегментів з наступною наплавкою сормайтом при вібраційному деформуванню в 1,37...1,58 більше ніж при звичайній обробці.

Дослідженнями були встановлені оптимальні режими вібраційного зміцнення: частота коливань робочого органу  $n=1400 \text{ хв}^{-1}$ ; амплітуда робочого органу  $A=0,5 \text{ мм}$ ; час зміцнення  $t=20 \text{ с}$ .

Збільшення товщини ріжучої кромки леза дисків у процесі стендових випробувань суттєво впливає на його зношування, що знижує якість технологічного процесу посіву.

Кожен диск вимірювали в трьох перерізах через кожні чотири години їх роботи на стенді протягом 24 год.

Методикою дослідження були передбачені наступні варіанти дисків  $\varnothing 350 \text{ мм}$ : нові диски зі сталі 65Г; відновлені приварюванням сегментів зі сталі 45 з наплавленням сормайтом і вібраційним зміцненням (табл. 4).

Таблиця 4 – Характеристика параметрів дисків

Варіант диска	Параметри вимірювання		
	зовнішній діаметр, мм	товщина ріжучої кромки $a$ , мм	кут леза, $\varphi^\circ$
1	350	2,47	$20^\circ 14'$
2	350	2,43	$20^\circ 2'$

Дані лабораторних вимірювань наведені в табл. 5.

Таблиця 5 – Результати зносу дисків при стендових випробуваннях

Номер варіанту	Знос діаметра D		Знос товщини леза $a$	
	абсолютний знос, мм	відносний знос, мм	абсолютна зміна товщини, мм	відносна зміна товщини, мм
1	0,79	0,0023	0,51	0,206
2	0,29	0,0008	0,28	0,115

Результати експериментальних досліджень зміни зносу товщини диска  $\Delta\alpha$  і його діаметра  $\Delta D$  в стендових умовах випробувань наведено на рис. 4 та 5.

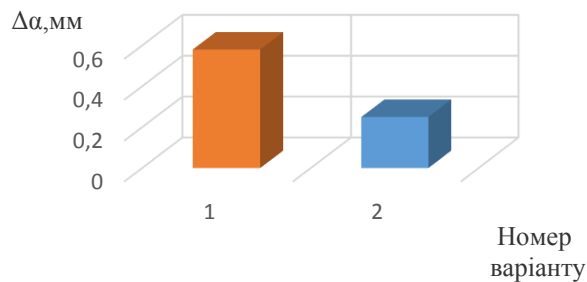


Рис. 4 – Діаграма зміни товщини  $\Delta\alpha$  леза дисків  $\text{Ø}350$  мм при стендових випробуваннях: 1 – нові диски зі сталі 65Г; 2 – відновлені приварюванням сегментів зі сталі 45 з наплавленням сормайтотом і вібраційним зміцненням

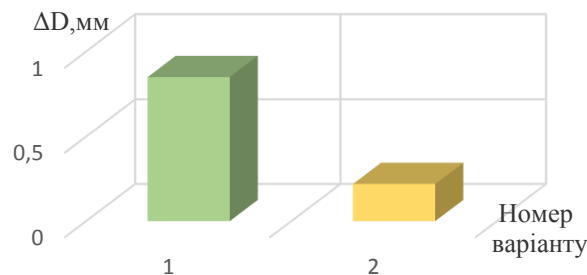


Рис. 5 – Діаграма зміни діаметрального зносу  $\Delta D$  дисків  $\text{Ø}350$  мм при стендових випробуваннях: 1 – нові диски зі сталі 65Г; 2 – відновлені приварюванням сегментів зі сталі 45 з наплавленням сормайтотом і вібраційним зміцненням

Аналіз отриманих даних дозволяє зробити висновок: зносостійкість дисків залежить від їх параметрів, виду обробки і поєднання основного і наплавленого матеріалу. В результаті проведених стендових випробувань дисків і дослідження властивостей їх матеріалу запропонований варіант диска, відновленого приварюванням сегментів зі сталі 45 з наплавкою сормайтотом з наступним вібраційним зміцненням. За отриманими даними рекомендується диск сошника діаметром 350 мм з приварюванням сегментів зі сталі 45 з наплавленням сормайтотом і подальшим вібраційним зміцненням робочої поверхні. Товщина леза диска має становити  $2,5+0,1$  мм. Лабораторні дослідження показали, що поверхні дисків сошників функціонально відповідають умовам їх відновлення. Однак, реальні умови роботи зернових сівалок відрізняються впливом великої кількості факторів, що впливають на диски сошників, врахувати які в лабораторних умовах не представляється можливим. Тому для перевірки експлуатаційної стійкості відновлених і зміцнених вібраційним способом дисків сошників їх встановлювали на 24-х рядні сівалки СЗ-3,6. Випробування проводили під час осінньо-польових робіт в господарствах Полтавської області.

При польових випробуваннях швидкість руху сівалок становила 10...12 км/год. Після напрацювання кожною з двох сівалок 20 гектарів проводили зовнішній огляд дисків. Дані про напрацювання зернових сівалок із зазначеними варіантами дисків сошників наведені в табл. 6. Найбільше значення напрацювання 272 га мала сівалка з дисками сошників, відновленими приварюванням сегментів зі сталі 45 з наступним автоматичним наплавленням сормайтотом і зміцненням вібраційним деформуванням. Збільшення напрацювання у порівнянні з новими дисками становитиме 1,33 рази, зменшення зносу диска по діаметру в 1,64 рази, а збільшення товщини леза ножа диска в 1,62 рази. Експлуатаційні дослідження зазначених варіантів дисків сошників показали повну відповідність стендовим випробуванням. Найбільшу зносостійкість в обох випадках випробувань показали диски сошників, відновлені приварюванням сегментів зі сталі 45 з автоматичним наплавленням сормайтотом і вібраційним зміцненням.

Таблиця 6 – Результати зносу дисків при стендових випробуваннях

Варіанти диска сошника	Засіяна площа, га	Знос диска по діаметру, мм	Збільшення товщини леза ножа диска, мм
1. Нові диски зі сталі 65Г	205	1,44	0,97
2. Диски, відновлені приварюванням сегментів зі сталі 45 з наплавленням сормайтотом та зміцнені вібраційним деформуванням	272	0,88	0,60

### **Висновки.**

1. Виконаний аналіз експлуатаційної стійкості дисків сошників встановлених на зернових сівалках.

2. Порівняльні дослідження показали, що розроблений метод відновлення вібраційним деформуванням забезпечує підвищення зносостійкості дисків сошників: швидкість зношування його по діаметру знижується в 1,64 рази, зменшується затуплення лез в 1,62 рази, порівняно з новими дисками.

3. Характер зносу нових дисків сошників не відрізняється від відновлених за розробленою технологією.

### **Список використаних джерел**

1. Стаханова Т.Ю. Технология поверхностного упрочнения деталей машин: Иваново: НГХТУ, 2009. 64 с.
2. Дащенко А.Ф., Кравчук В.С., Норгичов В.Д. Несущая способность упрочненных деталей машин: Одесса: Астропринт, 2004. 157 с.
3. Beseler K. Modern ring rolling practice. Metall forming, 1999. Vol. 36, № 2. P 44-50.
4. Richard Douglas, Sheild Flux. Dual coreel elektodes: New York: Chemerton corporatsou USA, 1998. 26 p.
5. Новикевич Н.Ф., Осмак М.И., Грищев И.И. Технология восстановительной сварки дисков зерновых сеялок. Технология машиностроения и динамики

- прочности машин. Львов: Высшая школа, 1985. С. 72-74.
6. Палащ В.М., Назар І.Б., Євтушенко В.В. Технологічний процес підвищення довговічності спрацьованих дисків зернової сівалки. Зб. тез Міжнародної науково-практичної конференції: Машинобудування і металообробка. Кіровоград. 2003. С. 171-173.
  7. Бабичев А.П., И.А. Бабичев. Основы вибрационной технологии. Ростов н/Д: Издательский центр ДГТУ, 2008. 694 с.
  8. Карпенко Г.В., Бабей Ю.И. Упрочнение стали механической обработкой. Киев: Наукова думка, 1996. 186 с.
  9. Адлер Ю.П., Маркова Е.В., Грабовський Ю.В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий. Москва: Наука, 1986. 278 с.

## **Annotation**

### **LONG-TERM LIFTING OF WORKING BODIES OF GRAIN MACHINES**

A. Dudnikov, O. Bilovod, V. Dudnik, O. Burlaka, O. Drozhchana

*An assessment of the reliability of the working bodies of grain sowing machines, taking into account the conditions of their work on the basis of mathematical dependencies, is used in the theory of probability.*

*The research was carried out on the choice of optimal parameters of vibration strengthening of the cutting tools of the sowing machines, which promote increase of wear resistance and reliability of the sowing machinery.*

*The method of restoring the work surface of the coil disk by welding the segments to its outer diameter with the indication of their geometric parameters is proposed.*

*The parameters of variation of the factors of the experiment are revealed.*

*Microstructural studies were carried out with the purpose of determining the influence of the method of treatment on the properties of the material of the discs of the coulter.*

*The bench tests of coil discs, restored by various methods at the installation, which allows to regulate the intensity of wear of disks, as well as operational studies to determine the effectiveness of using different methods of their recovery.*

*The values and distribution of residual stresses in the material of the new disk and the restoration by welding of three segments of steel with sintered and welded steel reinforcement are determined.*

*The values of the degree of strengthening of the cutting edge material of the recovered discs of the coils are found.*

*The optimal modes of vibration strengthening: the frequency and amplitude of the oscillation of the tool, time are established.*

*The optimum parameters of the coulter discs are defined: external diameter, cutting edge thickness, angle of blade, which ensures their least wear and quality of grain sowing.*

*The results of the change in the thickness of the disk and its wear on the diameter during the bench studies of new disks and reconstructed welded segments of steel 45 with automatic winding and vibration reinforcement are shown.*

*Operational studies of these variants of grain sowing machines have been carried out with the aim of verifying the operational stability of the recovered and reinforced vibration plates of the coulter discs.*



*It was established that the greatest value of the production was a small seed drill with discs of coils, restored by welding of segments of steel 45, followed by automatic surfacing of sorbate and strengthening of vibration deformation.*

## **Аннотация**

### **ПОВЫШЕНИЕ ДОЛГОВЕЧНОСТИ РАБОЧИХ ОРГАНОВ ЗЕРНОПОСИВНЫХ МАШИН**

Дудников А.А., Беловод А.И., Дудник В.В., Бурлака А.А., Дрожчаная О.У.

*Проведена оценка надежности рабочих органов зерновых сеялок с учетом условий их работы на основе математических зависимостей, что применяются в теории вероятности.*

*Проведенные исследования по выбору оптимальных параметров вибрационного упрочнения режущих рабочих органов сеялок, способствующих повышению износостойкости и надежности посевной техники.*

*Предложенный способ восстановления рабочей поверхности диска сошника приваркой сегментов к его внешнему диаметру с указанием их геометрических параметров.*

*Выявленные параметры варьирования факторов эксперимента.*

*Проведенные микроструктурные исследования, с целью определения влияния метода обработки на свойства материала дисков сошников.*

*Проведенные стендовые испытания дисков сошников, восстановленных различными методами на установке, что позволяет регулировать интенсивность изнашивания дисков, а также эксплуатационные исследования для определения эффективности использования различных методов их восстановления.*

*Определены значения и распределение остаточных напряжений в материале нового диска и восстановленного приваркой трех сегментов из стали с наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением.*

*Найденные значения степени упрочнения материала режущей кромки восстановленных дисков сошников.*

*Установлены оптимальные режимы вибрационного упрочнения: частоты и амплитуды колебаний обрабатываемого инструмента, время.*

*Определены оптимальные параметры дисков сошников: внешний диаметр, толщина режущей кромки, угол лезвия который обеспечивает их наименьший износ и качество посева зерновых.*

*Приведенные результаты изменения толщины диска и износа его по диаметру во время стендовых исследований новых дисков и восстановленных приваркой сегментов из стали 45 с автоматической наплавкой сормайтотом и вибрационным упрочнением.*

*Проведенные эксплуатационные исследования указанных вариантов зерновых сеялок с целью проверки эксплуатационной устойчивости восстановленных и упрочненных вибрационным способом дисков сошников.*

*Установлено, что наибольшее значение наработки имела сеялка с дисками сошников, восстановленных приваркой сегментов из стали 45 с последующей автоматической наплавкой сормайтотом и упрочнением вибрационным деформированием.*

## JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS A REAR-MOUNTED LINKAGE WIDE SPAN TRACTOR (VEHICLE)

**Kuvachov V.P., Assoc. Prof. Eng., PhD.**

*(Tavria State Agrotechnological University)*

***Abstract** – To ensure the statically high universality, wide span tractors (vehicles) can (and undoubtedly should) be aggregated with various trailed, semi-mounted and mounted agricultural machines and implements. The sealing effect on the soil of their running systems in the fertile (agrotechnical) zone of the field, as well as the traction and coupling properties, stability and controllability of the movement of wide span vehicle is substantially determined by the scheme of their connection and the parameters of the rear-mounted linkage. The purpose of research is to increase the traction and traction properties, stability and controllability of the movement of wide span tractor (vehicle) and to reduce the sealing effect of running machinery systems on the soil in the fertile zone of the field, by justifying the parameters of their hinged devices and the scheme of attaching agricultural machines and implements to them. Theoretical studies, synthesis of structural schemes and parameters of a wide span tractor (vehicle) were carried out by simulating the conditions of its operation on a PC. The research methods are based on the basic principles of theoretical mechanics and tractor theory using the Mathcad package. As a physical object of research, a wide span vehicle design of the Tavria State Agrotechnological University (TSAU), Ukraine. A result of the conducted researches it was established that in addition to the angles of inclination of the rear-mounted linkage wide span tractor (vehicle), such design parameters as the distance from the hinged device to the center of resistance and the support wheel of the agricultural machine or implement have a significant effect on the redistribution of normal reactions on its front and rear wheels. With the purpose of almost completely eliminating the sealing effect on the soil of the running systems of machines in the fertile (agrotechnical) zone of the field, it is recommended to use regulators on wide span tractors (vehicles) to correct the normal vertical load on the support wheels of an agricultural machine or implement that work according to the principle of known traction tractors.*

**Formulation of the problem.** Recently, wide span vehicles (more often referred to as wide span tractors) have become increasingly popular in the world [1, 2]. The latter make it possible to realize technology of track, bridge and controlled traffic farming [3, 4]. And their development corresponds to the vector of scientific and technological progress directly in the trend of automation and robotization of agricultural production.

Owing to their quite high versatility, wide span tractors (vehicles) can (and undoubtedly should) be aggregated with various trailed, semi-mounted and mounted

agricultural machines and implements. Due to the weight of the latter and tractive resistance, regardless of the way they are connected by means of an attachment, they can cause a significant redistribution of vertical loads on the wheels of the bridge tractor. The main problem is that if the agricultural machines and implements are not connected correctly, there may be no loading, but, conversely, unloading the steering and driving wheels of a wide span tractor (vehicle) with all the ensuing consequences. At the same time, the vertical load on the supporting wheels of the attached agricultural machines and tools placed, as a rule, in the agrotechnical (fertile) zone of the field can be substantially increased. Because of this, as a result of the excessive sealing effect of the running systems of machines on the soil, the entire effect of the controlled traffic farming can be reduced to zero. Therefore, the issue of studying the influence of the parameters of the rear-mounted linkage a wide span tractor (vehicle) and the scheme of attaching machines and implements to it on the nature of the change in the vertical loads on its wheels is urgent.

This work is devoted to studying the features of aggregation of wide span tractor (vehicle) with agricultural machines and implements.

**Analysis of recent studies and publications.** The existing world experience in the integration of wide span tractors (vehicles) has shown the possibility of using three-point rear-mounted linkage on them (Fig. 1). The study of the structural features of the latter when used on wide span tractors (vehicles) is practically not covered in the scientific literature. It is fairly well known that the angles of inclination of the central and lower links of its hinged mechanism exert a significant influence on the redistribution of normal reactions on the wheels of a traditional tractor. And the very nature of the redistribution of normal reactions on the tractor wheels is determined by the design parameters of its hinged mechanism and the agricultural machine or implements aggregated with it. For example, with the increase in the angle of inclination of the central traction of the front attachment of the arable unit, built according to the "push-pull" scheme based on the tractor of the HTZ series 120/160, vertical reactions on the front axle of the tractor increase, and in the rear – decrease [5]. The same picture is observed with an increase in the angle of inclination of the lower links. At the same time, these regularities are valid for the traditional layout of the machine-tractor unit, when the attachments with attached agricultural machines and implements are located outside the zone of the tractor's wheelbase. And, naturally, they are not suitable for analysis of the character of the change in vertical reactions on the wheels of wide span tractors (vehicles).

Also, taking into account the possibility of unification of the rear-mounted linkages of wide span tractors (vehicles) with traditional ones, the parameters of which are determined by the ISO 730:2009, it is necessary to establish the correspondence of sizes and requirements for a three-point rear-mounted linkage intended for connection of agricultural machinery and implements to the tractor. This ISO 730:2009 standard defines the various categories of three-point rear-mounted linkage that are used for various agricultural tractors.



a)



b)

Fig. 1 – The rear-mounted linkages of wide span tractor (vehicle) ASALift WS9600 (<http://www.gartnertidende.dk>) (a) and design of TSAU [6] (b)

It should also be noted that recently certain trends in improving the design of three-point rear-mounted linkage of tractors [7-12] have been outlined. But, the problem of studying the influence of the parameters of the rear-mounted linkages of a wide span tractors (vehicles) and the scheme of attaching machines and implements to it on the character of the change in the vertical loads on its wheels is not paid enough attention.

**Statement of the objective and tasks of the study.** The objective of the study is to increase the traction and traction properties, stability and controllability of the movement of wide span tractor (vehicle) and to reduce the sealing effect of running machinery systems on the soil in the fertile zone of the field, by justifying the parameters of their hinged devices and the scheme of attaching agricultural machines and implements to them.

To achieve the set objective, the following tasks were solved:

- to determine the influence of the angles of inclination of the traction devices a rear-mounted linkage of wide span tractor (vehicle) and its design parameters on the nature of the redistribution of normal reactions on the front, rear wheels and support wheels of the agricultural implement;
- to justify the optimal variant of adjusting a rear-mounted linkage of wide span tractor (vehicle) in order to increase its traction and coupling properties, stability and controllability of the movement;
- to propose a way to reduce the sealing effect of the running systems of machines on the soil in the fertile zone of the field.

**Methods of research.** Theoretical studies, synthesis of structural schemes and parameters of a wide span tractor (vehicle) were carried out by simulating the conditions of its operation on a PC. The research methods are based on the basic principles of theoretical mechanics and tractor theory using the Mathcad package. As a physical object of research, a wide span vehicle design of the Tavria State Agrotechnological University (TSAU), Ukraine.

**The basic part of the study.** To solve the problem, we formulate the equilibrium condition of the wide span vehicle in the longitudinal-vertical plane. To do this, consider it as a physical solid body that has a longitudinal plane of symmetry passing through the center of its masses. With the agricultural machine attached to it, we will present it in the calculation scheme in the form of a flat equivalent model (Fig. 2). The working bodies of aggregated agricultural machines and implements in the model are represented by the projection of one working organ in which the resultant (horizontal  $R_X$  and vertical  $R_Y$  components) are concentrated their traction resistance. The quantitative relationship between them, as is known, is determined by the type of the working organ itself. This equivalent working body is assembled with a wide span vehicle with the help of the central and lower links of its attachments. All support wheels that can have an aggregate agricultural machine or implement on the scheme are represented by one equivalent support wheel.

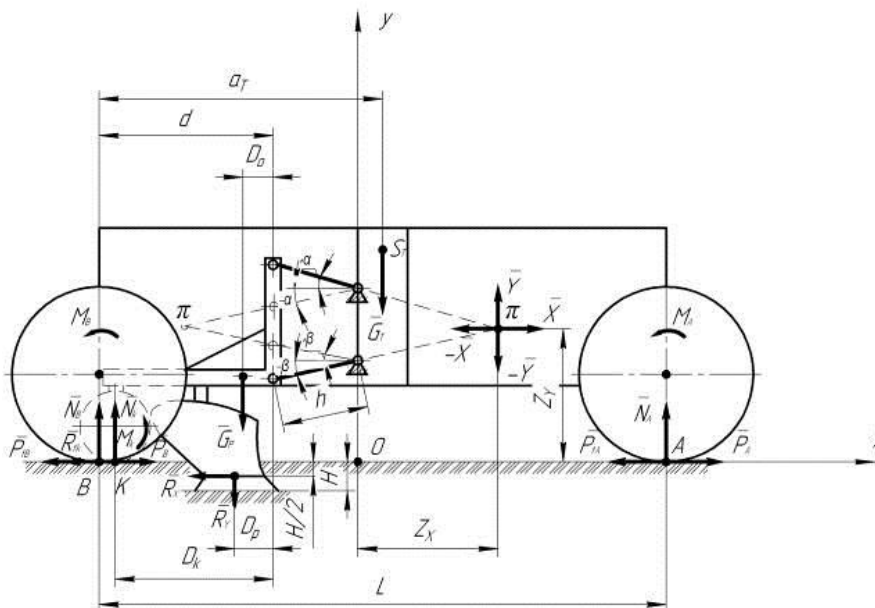


Fig. 2 – The scheme of forces and moments acting on the wide span vehicle in the longitudinal-vertical plane

In accordance with the generally accepted principle of replacing bonds by the forces of their reactions, the mutual influence of the vehicle and agricultural implements is expressed through the forces  $X$  and  $Y$ , which are concentrated in the instantaneous center of rotation of the attached device (point  $\pi$ , see Fig. 2). When considering the vehicle's equilibrium condition, we take the positive direction of the

forces  $X$  and  $Y$ , and for the agricultural implement – the negative one.

The coordinates of the instantaneous center of rotation of rear-mounted linkage of the wide span vehicle ( $Z_X$  and  $Z_Y$ ) (Fig. 2) are not constant in time during its movement. But since the trend of their oscillations is not very large, it practically does not affect the character of the redistribution of vertical loads on the front and rear wheels of the wide span vehicle, whereby they (coordinates) are taken constant.

Of the possible options for connecting machines and tools to a wide span vehicle, the angles of inclination of the central ( $\alpha$ ) and lower ( $\beta$ ) links of its rear-mounted linkage can be either positive or negative, or equal to zero (Fig. 2).

Proceeding from the foregoing it follows that the rear-mounted linkage of the wide span vehicle, depending on the angles of inclination of its central and lower links, can have six variants of its adjustment:

- 1)  $\alpha > 0, \beta < 0$ ;
  - 2)  $\alpha < 0, \beta > 0$ ;
  - 3)  $\alpha \leq 0, \beta < 0, |\alpha| < |\beta|$ ;
  - 4)  $\alpha > 0, \beta \geq 0, \alpha > \beta$ ;
  - 5)  $\alpha < 0, \beta \leq 0, |\alpha| > |\beta|$ ;
  - 6)  $\alpha \geq 0, \beta > 0, \alpha < \beta$ .
- (1)

Depending on the angles  $\alpha$  and  $\beta$  of the tilt, respectively, of the central and lower links of the rear-mounted linkage wide span vehicle, the coordinates of its instantaneous turning center ( $Z_X$  and  $Z_Y$ ) can be expressed through its design parameters (Fig. 3).

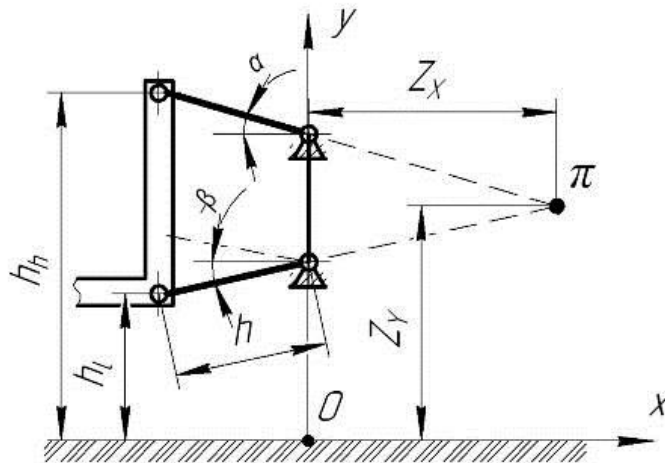


Fig. 3 – Scheme for determining the coordinates of the instantaneous center of rotation of the rear-mounted linkage wide span vehicle

The coordinates of the instantaneous center of rotation of the rear-mounted linkage in each of the variants (1) according to Fig. 3 can be defined as follows:

$$\begin{aligned} Z_{\dot{O}} &= \frac{h_h - h_l}{\text{TAN}(\alpha) - \text{TAN}(\beta)}; \\ Z_Y &= h_l - \frac{(h_h - h_l)\text{TAN}(\beta)}{\text{TAN}(\alpha) - \text{TAN}(\beta)}, \end{aligned} \quad (2)$$

where:  $Z_X, Z_Y$  – longitudinal and lateral coordinates of the instantaneous center of rotation of the rear-mounted linkage wide span vehicle;  $h_h, h_l$  – are design parameters, the nature of which is clear from Fig. 4.

To calculate the two vertical reactions  $N_A$  and  $N_B$  on the front and rear wheels of the vehicle (see Fig. 2), it is sufficient to make up two systems of equations in which the sum of the projections of all forces in the vertical plane and the sum of their moments relative to, for example, point  $B$ :

$$\begin{cases} \sum_{k=1}^n (F_k)_y = 0; \\ \sum_{k=1}^n M_B(F_k) = 0, \end{cases} \quad (3)$$

where:  $\sum_{k=1}^n (F_k)_y$  – the sum of the  $k$ -th forces acting on the wide span vehicle in the vertical plane;  $\sum_{k=1}^n M_B(F_k)$  – the sum of the moments of the  $k$ -th forces acting on the wide span vehicle relative to point  $B$ .

In accordance with the scheme of acting forces (see Fig. 2), we have:

$$\begin{cases} N_A + N_B - G_{\dot{O}} + Y = 0; \\ -N_A \cdot L + G_{\dot{O}} \cdot a_{\dot{O}} - M_A - M_B \pm Y(Z_X + h \cos|\beta| + d) \pm X \cdot Z_Y = 0, \end{cases} \quad (4)$$

where:  $G_T, a_T$  – weight of the vehicle and the horizontal coordinate of its center of mass;  $M_A, M_B$  – moments of rolling resistance of the front and rear wheels of the vehicle, respectively;  $L$  – wheelbase of the vehicle;  $d$  – distance from the attached mechanism of the attached agricultural implement to the rear axle of the wide span vehicle;  $h$  – the length of the lower linkage of the rear-mounted linkage.

The choice of the sign «+» or «-» before the last two terms in the second equation of the system (4) depends on the position of the instantaneous center of rotation of the rear-mounted linkage (point  $\pi$ ) relative to point  $B$ . So, if the moment formed by the reactions  $X$  and  $Y$ , hour, then the sign «+» is put, in the opposite case «-».

The moments of  $M_A$  and  $M_B$  can be expressed as follows:

$$\begin{aligned} M_A &= (P_A - P_{fA})r_A, \\ M_B &= (P_B - P_{fB})r_B, \end{aligned} \quad (5)$$

where:  $P_{fA}, P_{fB}$  – tangential traction forces on the front and rear wheels of the vehicle, respectively;  $P_A, P_B$  – rolling resistance forces of the front and rear wheels of the vehicle, respectively;  $r_A, r_B$  – radii of the front and rear wheels of the vehicle.

In its turn:

$$\begin{aligned} P_A &= N_A; & P_{fA} &= f N_A; \\ P_{\hat{A}} &= N_{\hat{A}}; & P_{f\hat{A}} &= f N_{\hat{A}}, \end{aligned} \quad (6)$$

where:  $f$  – coefficient of rolling resistance;  $\varphi$  – coefficient of traction of the wide span vehicle.

According to the system (4), the vertical reactions  $N_A$  and  $N_B$ , taking into account the expressions (5) and (6), after the corresponding transformations will be determined as follows:

$$\begin{cases} N_B = G_{\dot{\delta}} - Y - N_A, \\ N_A = \frac{G_{\dot{\delta}} \cdot a_{\dot{\delta}} - (G_{\dot{\delta}} - Y) \cdot r_{\hat{A}}(\varphi - f) \pm Y(Z_X + h \cos|\beta| + d) \pm X \cdot Z_Y}{L - (\varphi - f) \cdot (r_{\hat{A}} - r_{\hat{A}})}. \end{cases} \quad (7)$$

To determine the two unknown reactions  $X$  and  $Y$ , as well as the unknown vertical reaction  $N_k$  on the support wheel of an equivalent agricultural implement, three independent equations of its equilibrium are sufficient:

$$\begin{cases} \sum_{p=1}^m (F_p)_{\dot{\delta}} = 0; \\ \sum_{p=1}^m (F_p)_y = 0; \\ \sum_{p=1}^m M_{\pi}(F_p) = 0, \end{cases} \quad (8)$$

where:  $\sum_{p=1}^m (F_p)_x$  – sum of the  $p$ -th forces acting on the agricultural implement in the

horizontal plane;  $\sum_{p=1}^m (F_p)_y$  – sum of the  $p$ -th forces acting on the agricultural



implement in the vertical plane;  $\sum_{p=1}^m M_{\pi}(F_p)$  – sum of the moments of the  $p$ -th forces acting on the agricultural implement relative to the instantaneous center of rotation of the attachment (point  $\pi$ ).

In accordance with the scheme of acting forces (see Fig. 2), we have:

$$\begin{cases} N_k - G_D - R_Y - Y = 0, \\ -P_{fk} - R_{\tilde{O}} + \tilde{O} = 0, \\ \pm G_P(D_0 + h\cos|\beta| + Z_X) \pm R_Y(D_P + h\cos|\beta| + Z_X) \pm N_k(D_k + h\cos|\beta| + Z_X) \pm \\ \pm P_{fk} \cdot Z_Y \pm R_{\tilde{O}}(Z_Y + \dot{I} / 2) - \dot{I}_k = 0, \end{cases} \quad (9)$$

where:  $H$  – depth of soil cultivation by the agricultural implement;  $G_P$  – weight of agricultural implements;  $R_X, R_Y$  – horizontal and vertical components of traction resistance of agricultural tools;  $P_{fk}, M_k$  – force and moment of rolling resistance of the supporting wheel of the agricultural implement;  $D_0, D_P, D_k$  – design parameters of the agricultural implements, the nature of which is clear from Fig. 3.

The sign «+» in the third equation of the system (9) is put in the case when the corresponding forces form a moment with respect to the point  $\pi$ , whose direction coincides with the direction of the clockwise direction, otherwise the sign «-» is put.

The force  $P_{fk}$  and the moment  $M_k$  of the rolling resistance of the support wheel of the agricultural implement can be determined as follows:

$$\begin{aligned} P_{fk} &= fN_k, \\ M_k &= fN_k r_k, \end{aligned} \quad (10)$$

where:  $r_k$  – radius of the support wheel of the agricultural implement.

From the system of equations (9), taking into account the expressions (10) after the corresponding transformations, we find:

$$\begin{cases} Y = N_{\hat{E}} - G_{\hat{I}} - R_Z, \\ \tilde{O} = f \cdot N_{\hat{E}} + R_{\tilde{O}}, \\ N_{\hat{E}} = \frac{\pm G_{\hat{I}} (D_0 + h\cos|\beta| + Z_X) \pm R_Y (D_{\hat{I}} + h\cos|\beta| + Z_X) \pm R_{\tilde{O}} (Z_Y + \dot{I} / 2)}{\pm (D_{\hat{E}} + h\cos|\beta| + Z_X) \pm f \cdot Z_Y - f \cdot r_{\hat{e}}}. \end{cases} \quad (11)$$

The systems of equations (7) and (11) allow to determine the optimum values of both the inclination of the tilt of the rear-mounted linkage and other design parameters of the wide span vehicle from the position of the desired redistribution of normal

reactions on its front and rear wheels. The analysis of these expressions shows that, in addition to the inclination angles of the rear-mounted linkage, a significant influence on the redistribution of normal reactions on the wheels of the wide span vehicle is provided by such design parameters as the distance from the attachment to the resistance center ( $D_p$ ) and the support wheel ( $D_k$ ) of the agricultural implement. It should be borne in mind that in real operating conditions, the point of application of the hook load can be shifted relative to the center of mass of the agricultural implement in one direction or another (for example, the assembly of a wide span vehicle with a technological capacity).

During the research, the inclination angles of the linkage ( $\alpha$  and  $\beta$ ) of the rear-mounted linkage were changed from  $-20$  degrees. up to  $40$  deg., that constructively such values can take place at the wide span vehicle, as it is clearly shown in Fig. 1. With regard to the distance from the rear-mounted linkage to the center of resistance and the support wheel of the agricultural implement, the considerations with respect to the methodology for selecting the values of these parameters follow from the analysis given below

The results of calculating the normal reactions on the front and rear wheels of the wide span vehicle TSAU and supporting wheels of its technological part are represented in relation to the load acting on them in the static position (without hook load at rest), that is, the degree of their redistribution will be:

$$\chi_i = \frac{100N_i}{N_{i\ st}}, \quad (12)$$

where:  $\chi_i$  – degree of redistribution of normal reactions on the  $i$ -th wheel of the wide span vehicle and agricultural implements, %;  $N_i$  – redistributed normal reaction on the  $i$ -th wheel of the bridge tractor and agricultural implements;  $N_{i\ st}$  – load on the  $i$ -th wheel of a wide span vehicle and agricultural implement in a static position (without a hook load at rest).

**Results and discussion.** Analysis of the mathematical modeling data shows (Fig. 4 and 5) that the degree of redistribution of normal reactions on the front, rear wheels of the TGATU wide span vehicle TSAU and the support wheels of the agricultural implement essentially depends on the inclination angle  $\alpha$  of the central traction of the rear-mounted linkage.

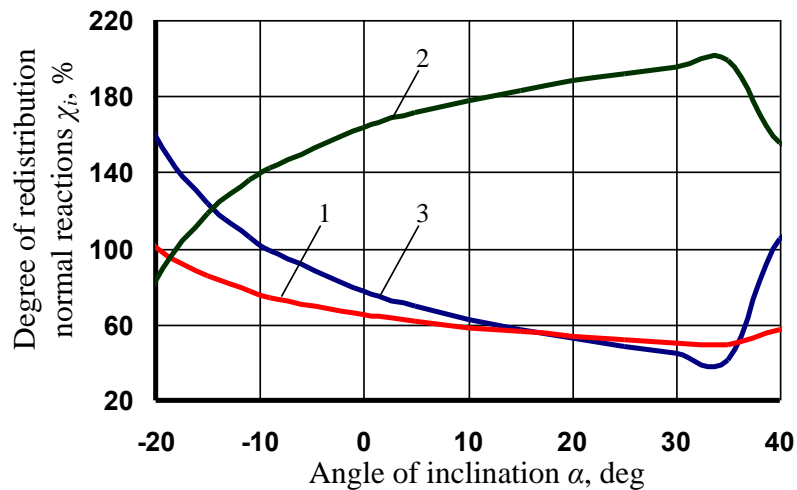


Fig. 4 – Degree of redistribution of normal reactions on the front (1), rear (2) wheels of the wide span vehicle TSAU and supporting wheels of the agricultural implement (3) from the inclination angle  $\alpha$  of the central traction of the rear-mounted linkage with negative inclination of the lower links ( $\beta = -10$  deg)

The analysis of Fig. 4 showed that with a negative angle of inclination of the central traction of  $\alpha = -17$  deg, the vertical load on the rear wheels (curve 2) of the wide span vehicle TSAU design corresponds to the value of the static position ( $\chi_2=100\%$ ). At the same time, its front wheels (curve 1) are somewhat unloaded, which increased the load on the support wheel of the agricultural implement (curve 3). The increase in the vertical load on the supporting wheels of agricultural implements is highly undesirable, since they are usually located in the agrotechnical (fruitful) zone of the field. And, proceeding from the principles of bridge and controlled traffic farming, the sealing effect on the soil of the running systems of machines in the fertile zone of the field should be maximally excluded [4]. With an increase in the angle of inclination of the central traction  $\alpha$  from  $-10$  to  $35$  deg. the normal reaction on the support wheels of the agricultural implement tends to desirably decrease relative to its static position, reaching an unloading rate of up to 40%. But, the vertical load on the front wheels of the wide span vehicle is also undesirably reduced, almost doubling them. Unloading of the latter leads to a proportional increase in the vertical load on the rear wheels of the vehicle (curve 2).

With an increase in the angle of inclination of the central thrust of more than  $35$  deg., the reverse picture is observed (Fig. 4). Vertical load on the rear wheels of the wide span vehicle decreases, and on the front wheels increases, approaching, its static value. Such a result can be explained by a significant decrease in the horizontal coordinate  $Z_X$  of the instantaneous center of rotation of the rear-mounted linkage (point  $\pi$ ), which caused a redistribution of the moments of the acting forces.

The foregoing analysis summarizes the following. At a negative angle  $\beta$  of the inclination of the lower links, the most suitable is the adjustment of the rear-mounted linkage wide span vehicle TSAU, in which the angle of inclination  $\alpha$  of the upper link

has a large positive value, reaching a level of 40 deg. In this case, the vertical load on its rear wheels is increased by an average of 1.5 times relative to its static state, and the normal reaction on the front wheels is reduced to 60%, which is permissible from the point of providing sufficient controllability of the movement of the vehicle under the kinematic method of its control. The normal reaction on the support wheel of the agricultural implement is, in this case, desirably reduced or practically equal to its static value.

But, it should be borne in mind that the adjustment of the three-link rear-mounted linkage with a large positive angle of inclination of the central rod (reaching 40 deg. and above) and a negative angle of inclination of the lower links is possible only after a detailed study of the kinematics of its operation, which may serve as a basis for further research.

It should also be noted that the location of the agricultural implement in the inter-wheel space of the wide span vehicle positively affects the provision of sufficient controllability of the latter under the kinematic method of its control. Since, in the considered range of the angle of inclination of the top linkage of the rear-mounted linkage, its front wheels are unloaded by no more than 50%. At the same time, the normal reaction to them can be reduced to 50% relative to its static position from the position of reducing the compaction effect on the soil by the support wheels of the agricultural implement.

With a positive value of the angle of inclination of the lower link of the rear-mounted linkage wide span vehicle TSAU, which is highly unlikely from the position of kinematics of the three-link rear-mounted linkage, and also the loading of the rear wheels, vertical reactions, depending on the angle of inclination of the upper link, are redistributed as follows (Fig. 5).

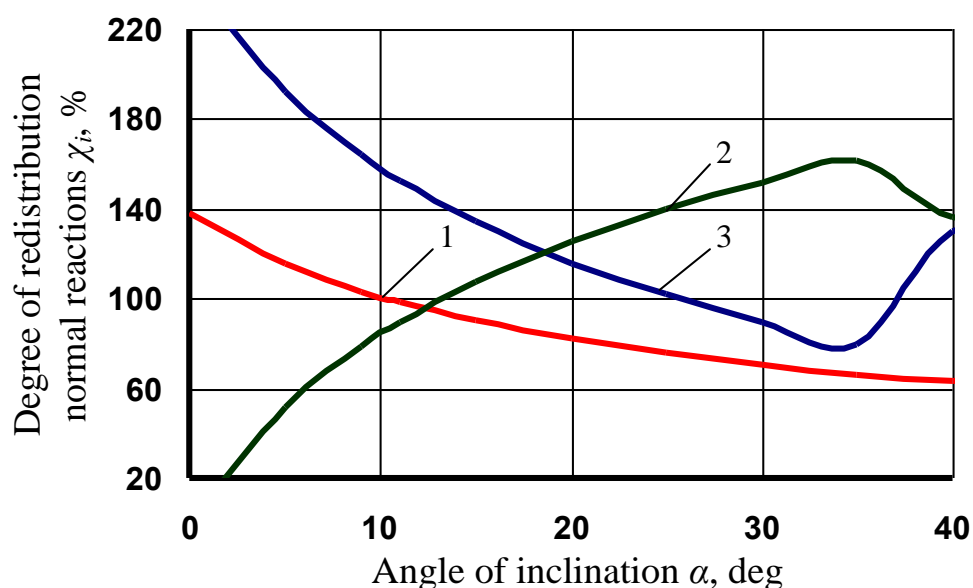


Fig. 5 – Degree of redistribution of normal reactions on the front (1), rear (2) wheels of the wide span vehicle TSAU and supporting wheels of the agricultural implement (3) from the inclination

angle  $\alpha$  of the central traction of the rear-mounted linkage with a positive inclination of the lower links ( $\beta = 10$  deg)

The analysis of Fig. 5 shows that, with a positive angle of inclination of the lower links of the rear-mounted linkage, unloading of the front wheels of the wide span vehicle TSAU occurs at an angle of inclination of the upper draft of more than 10 deg. At the same time, its rear wheels are appropriately loaded. At small positive angles of inclination of the central draft (less than 10 deg.), despite the increased load on the front wheels of the wide span vehicle, its rear wheels are almost completely unloaded. Part of the weight is then redistributed onto the support wheels of the agricultural implement.

As for the vertical load on the support wheel of the agricultural implement, it begins to decrease only at elevation angles higher than 25 deg. (Fig. 5). And, having overcome the mark of the angle of inclination of the last in 37 deg., the nature of the redistribution of this load begins to change. As a result, we have some decrease in the vertical load on the rear wheels of the wide span vehicle.

From the foregoing it follows that with a positive angle of inclination of the lower links of the rear-mounted linkage wide span vehicle TSAU is most desirable to adjust the upper thrust at angles of inclination from 25 to 35 deg. Since in this case we have a certain decrease in the sealing effect of the supporting wheels of the agricultural implement on the soil in the fertile zone of the field, the rear wheels load and the natural permissible reduction (up to 30%) of the vertical load on its front wheels.

In addition to what has been said, the analysis of Fig. 4 and 5 indicate that to exclude the negative sealing effect of the support wheels of agricultural machines and implements on the soil in the agrotechnical (fertile) zone of the field, if possible, then no more than 50%. In this situation, the additional use of the regulator to correct the normal load on the support wheels of the agricultural implement will make it possible to achieve an almost complete elimination of the compacting effect on the soil of the running systems of machines in the fertile zone of the field. The principle of operation of this regulator is similar to the widely known hydraulic traction amplifiers. The latter, as is known, form the force necessary to lift the hinged device with a mounted agricultural machine or implement. The position of the instantaneous turning center of the hinged mechanism remains unchanged. This condition is met when the amount of effort of lifting the agricultural implement does not exceed the value necessary for its penetration from the soil.

When using this regulator on a wide span vehicle, the degree of redistribution of normal reactions on its front and rear wheels will substantially depend on the horizontal coordinate of the center of mass ( $D_0$ ) and the center of resistance of the agricultural implement ( $D_p$ ). Using the expressions (4) and (7), the degree of redistribution of these reactions on the front and rear wheels of the wide span vehicle TSAU, depending on the change in the design parameters  $D_0$  and  $D_p$ , will have the following form (Fig. 6).

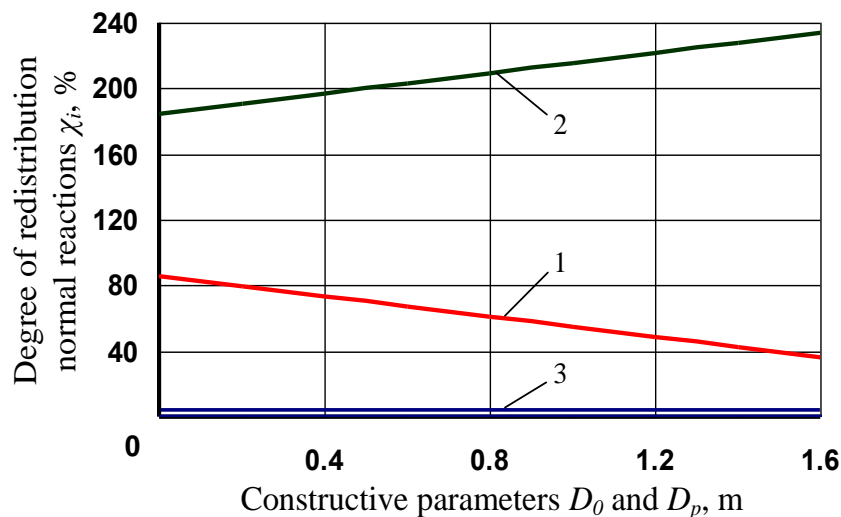


Fig. 6 – Degree of redistribution of normal reactions on the front (1), rear (2) wheels of the wide span vehicle TSAU using a regulator to adjust the normal load on the support wheels of the agricultural implement (3)

From the analysis of Fig. 6 it follows that the distance of the center of mass and the center of resistance of the agricultural machine or implement from the rear-mounted linkage wide span vehicle results in a natural increase in the load on its rear wheels, due to the weight of the attachment, and the reduction of the load on the front wheels. And with the increase in the absolute value of the design parameters  $D_0$  and  $D_p$  to 1.6 m, the vertical load on the front wheels may drop to a critical level (20-40%), which is the possible loss of controllability of the wide span vehicle with its kinematic control.

At the same time, the constructively possible decrease in the values of these parameters positively affects the character of the redistribution of vertical loads on the wheels of the wide span vehicle. Since it almost doubles the load on the rear wheels and discharges the front wheels by no more than 50%. From the point of maximum realization of the traction-coupling properties of wide span tractors (vehicles) and so the absence of a sealing effect on the soil of the running systems of machines in the fertile zone of the field, the result obtained is the most desirable.

On the basis of the analysis presented above, it should be noted that in most possible options for setting up a bridge tractor rear-mounted linkage wide span vehicle we have unloading its front wheels. To increase and, consequently, maintain sufficient controllability of the wide span vehicle under the kinematic method of its control, it is advisable to place all possible technological capacities closer to the front axis of its wheels. Thus, increasing the vertical load on them by adding weight from the process container to the material.

**Conclusion.** As a result of the research, it has been established that apart from the inclination angles of the rear-mounted linkage wide span tractor (vehicle), such design parameters as the distance from the attachment to the center of resistance and the support wheel of the agricultural machine or implement have a significant effect on the redistribution of normal reactions on its front and rear wheels.

Adjustment of the three-link rear-mounted linkage wide span tractor (vehicle) with a large positive angle of inclination of the central rod (reaching 40 deg. and above) and a

negative angle of inclination of the lower links is possible only after a detailed study of the kinematics of its operation, which may serve as the basis for further research.

With the purpose of almost completely eliminating the sealing effect on the soil of the running systems of machines in the fertile (agrotechnical) zone of the field, it is recommended to use regulators on wide span tractors (vehicles) to correct the normal vertical load on the support wheels of an agricultural machine or implement that work according to the principle of known traction tractors.

In most possible options for setting up a rear-mounted linkage wide span tractor (vehicle) we have unloading its front wheels. To increase and, consequently, maintain the residual controllability of the wide span tractor (vehicle) under the kinematic method of its control, it is expedient to place all possible technological capacities closer to the front axis of its wheels. Thus, increasing the vertical load on them by adding weight from the process container to the material.

## References

1. Pedersen H.H. Wide span – re-mechanising vegetable production / Pedersen H.H., Oudshoorn F.W., McPhee J.E., et al. // XXIX International horticultural congress on horticulture: sustaining lives, livelihoods and landscapes: international symposia on the physiology of perennial fruit crops and production systems and mechanisation, precision horticulture and robotics Book Series: Acta Horticulturae. – 2016. – Volume: 1130. – Pages: 551-557.
2. Onal I. (2012), Controlled Traffic farming and Wide Span Tractors / I. Onal // Journal of Agricultural Machinery Science. – 2012. – №8(4). – P. 353-364.
3. Wang Qingjie. Design and experiment of blades-combined no and minimum-till wheat planter under controlled traffic farming system / Wang Qingjie, Zhao Hongbo, He Jin, et al. // Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering. – 2016. – Volume: 32, Issue: 17. – Pages: 12-17.
4. Надикто В.Т. Колійна та мостова системи землеробства. Монографія / Надикто В.Т. Улексін В.О. – Мелітополь: ТОВ «Видавничий будинок ММД», 2008. – 270 с.
5. Булгаков В.М. Агрегатирование плугов / Булгаков В.М., Кравчук В.И., Надикто В.Т. – Киев: Аграрная наука. – 2008. – 152 с.
6. Кувачов В.П. Специализированное транспортное средство для колеевого земледелия / Кувачов В.П. // Вестник ХНТУСГ им. П. Василенко. – 2014. – №148. – С. 63-69.
7. Bhondave Babu. Design and Development of Electro Hydraulics Hitch Control for Agricultural Tractor / Bhondave Babu, Ganesan T., Varma Naveen, et al. // SAE international journal of commercial vehicles. – 2017. – Volume 10, Issue 1. – Pages: 405-410.
8. Bukta AJ. Free play as a source of nonlinearity in tractor-implement systems during transport / Bukta AJ., Sakai K., Sasao A., et al. // Transactions of the ASAE. – 2017. – Volume 45, Issue 3. – Pages: 503-508.
9. Pullen D.W.M. Prediction and experimental verification of the hoe path of a rear-mounted inter-row weeder / Pullen D.W.M., Cowell P.A. // Journal of agricultural engineering research. – 2000. – Volume 77, Issue 2. – Pages: 137-153.
10. Посметьев В.И. Обоснование выбора схемы устройства к навесному механизму трактора при его агрегатировании с дисковыми орудиями /

- Посметьев В.И., Зеликов В.А., Латышева М.А. // Научный журнал КубГАУ. – 2000. –№94(10). – С. 1-8.
11. Рыжих Н.Е. Совершенствование навесных устройств тракторов (Навесные агрегаты. Классификация и увеличение прочности навесных устройств)/ Рыжих Н.Е. // Научный журнал КубГАУ. – 2005.–№11(03).–С. 1-8.
  12. Попов В.Б. К вопросу параметрической оптимизации подъемно-навесного устройства мобильного энергетического средства на стадии проектирования / Попов В.Б. // Вестник ГГТУ им. П.О. Сухого. – 2014. – № 2. – С. 35–42.

## **Аннотация**

### **ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ НАВЕСНОГО МЕХАНИЗМА МОСТОВОГО ТРАКТОРА (ТРАНСПОРТНОГО СРЕДСТВА)**

Кувачев В.П.

*Для обеспечения достаточно высокой универсальности мостовые тракторы могут (и, несомненно, должны) агрегатироваться с различными прицепными, полунавесными и навесными сельскохозяйственными машинами и орудиями. Уплотняющее воздействие на почву их ходовых систем в плодородной (агротехнической) зоне поля, а также тягово-цепные свойства, устойчивость и управляемость движения мостовых тракторов существенным образом определена схемой их присоединения и параметрами навесного устройства. Главная проблема состоит в том, что при неправильном присоединении сельскохозяйственных машин и орудий может иметь место не догрузка, а, наоборот, разгрузка управляющих и ведущих колес мостового трактора со всеми вытекающими отсюда последствиями. При этом вертикальная нагрузка на опорные колеса присоединенных сельскохозяйственных машин и орудий может быть существенно увеличена, что нивелирует весь эффект от колеиной системы земледелия. Изучению особенностей агрегатирования мостовых тракторов с сельскохозяйственными машинами и орудиями посвящена данная работа. Целью исследований является повышение тягово-цепных свойств, устойчивости и управляемости движения мостовых тракторов, путем обоснования параметров их навесных устройств и схемы присоединения к ним сельскохозяйственных машин и орудий. Теоретические исследования, синтез конструктивных схем и параметров мостового трактора осуществлялся путем моделирования на ПК условий его функционирования. В основу методов исследования положены основные принципы теоретической механики и теории трактора с использованием пакета Mathcad. В качестве физического объекта исследования выступало специализированное ширококолейное агросредство конструкции Таврического государственного агротехнологического университета (ТГАТУ), Украина. В результате проведенных исследований установлено, что кроме углов наклона тяг навесного устройства мостового трактора, существенное влияние на перераспределение нормальных реакций на его передних и задних колеса оказывают такие конструктивные параметры, как расстояние от навесного устройства до центра сопротивления и опорного колеса сельскохозяйственной машины или орудия. С целью практически полного исключения уплотняющего воздействия на почву ходовых систем машин в*



плодоносной (агротехнической) зоне поля рекомендуется использовать на мостовых тракторах регуляторы для корректировки нормальной вертикальной нагрузки на опорных колесах сельскохозяйственной машины или орудия, работающих по принципу известных увеличителей сцепного веса традиционных тракторов.

## **Анотація**

### **ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ НАВІСНОГО МЕХАНІЗМУ МОСТОВОГО ТРАКТОРА (ТРАНСПОРТНОГО ЗАСОБУ)**

Кувачов В.П.

Для забезпечення достатньо високої універсальності мостові трактори можуть (і, безсумнівно, повинні) агрегатуватися з різними причіпними, напівнавісними і навісними сільськогосподарськими машинами і знаряддями. Ущільнююча дія на ґрунт їх ходових систем в плодоносній (агротехнічній) зоні поля, а також тягово-зчіпні властивості, стійкість і керованість руху мостових тракторів суттєво визначена схемою їх приєднання і параметрами навісного механізму. Головна проблема полягає в тому, що при неправильному приєднання сільськогосподарських машин і знарядь може мати місце не довантаження, а, навпаки, розвантаження керуючих і ведучих коліс мостового трактора з усіма наслідками, які звідси випливають. При цьому вертикальне навантаження на опорні колеса приєднаних до нього сільськогосподарських машин і знарядь може бути значно збільшено, що нівелює весь ефект від запровадження колійної системи землеробства. Вивченню особливостей агрегування мостових тракторів з сільськогосподарськими машинами і знаряддями присвячена дана робота. Метою досліджень є підвищення тягово-зчіпних властивостей, стійкості і керованості руху мостових тракторів, шляхом обґрунтування параметрів їх навісних механізмів і схеми приєднання до них сільськогосподарських машин і знарядь. Теоретичні дослідження, синтез конструктивних схем і параметрів мостового трактора здійснювався шляхом моделювання на ПК умов його функціонування. В основу методів дослідження покладено основні принципи теоретичної механіки і теорії трактора з використанням пакета *Mathcad*. В якості фізичного об'єкта дослідження виступав спеціалізований ширококоліїний агрозасіб конструкції Таврійського державного агротехнологічного університету (ТДАТУ), Україна. В результаті проведених досліджень встановлено, що крім кутів нахилу тяг навісного пристрою мостового трактора, суттєвий вплив на перерозподіл нормальних реакцій на його передніх і задніх колесах надають такі конструктивні параметри, як відстань від навісного механізму до центру опору і опорного колеса сільськогосподарської машини або знаряддя. З метою практично повного виключення ущільнюючого впливу на ґрунт ходових систем машин в плодоносній (агротехнічній) зоні поля рекомендується використовувати на мостових тракторах регулятори для коригування нормального вертикального навантаження на опорних колесах сільськогосподарської машини або знаряддя, які працюють за принципом відомих довантажувачів зчіпної ваги традиційних тракторів.

## **SURVEY OF OPTIMAL MODES OF STRENGTHENING TREATMENT OF MACHINE PARTS**

**Kelemesh A., Ph.D., Associate Professor, Gorbenko O., Ph.D., Associate Professor**

*(Poltava State Agrarian Academy)*

*The article deals with the issues of improving the reliability and durability of machine parts by improving the quality of their surface layer with various processing methods. The issues of the influence of surface plastic deformation on the quality indicators of processing are presented and the parameters of the processing tool are determined, and a mathematical relationship is obtained between the allowance for processing and the value of residual deformation. Presented the characteristic of methods of processing parts in the manufacture and restoration. Set out the method of vibration hardening in the development of the process. The classification and characteristics of the oscillatory processes used in the processing of the material of the restored parts are given. The search for optimal modes of surface plastic deformation both in our country and abroad has been carried out. The proposed processing modes are usually selected on the basis of experimental data and empirical dependencies obtained from testing samples or, more rarely, full-scale parts subjected to surface plastic deformation under different modes. In this case, the best of those used in the experience modes that provide the highest increment of the endurance limit of the part should be considered optimal.*

Improving the reliability of machine parts is one of the most important tasks, both in mechanical engineering and in repair production. To solve this problem, there is a whole arsenal of modern methods: traditional constructive methods for improving the shape of parts; the use of high strength materials; methods of chemical heat treatment. Among these methods, a special place is occupied by surface plastic deformation (SPD), which is the final operation in the technological cycle of manufacturing or restoring parts and a very effective means of improving their strength and performance characteristics.

Hardening (surface cold working) of the material being processed is effective because it allows to significantly increase the endurance limits of a wide range of machine parts. Due to the SPD processing, favorable changes occur in the surface layers, which increase the fatigue resistance of the part material.

In most cases, the usage of SPD allows you to achieve a much greater effect than a constructive change in the shape of the workpiece.

Among the most important achievements of technical science is the development of studies on the quality of the surface layer and the creation of a new scientific and practical direction aimed at improving the performance of machine parts by

technological methods.

The choice of certain SPD methods for their implementation is determined mainly by the level of physical and mechanical properties, shape, size and surface condition of the workpiece, as well as technological considerations [1].

In many areas of mechanical engineering, rolling in with rollers (balls) has become widespread, which makes it possible to increase fatigue strength and wear resistance [2]. Along with it, other SPD methods are used in industry: diamond smoothing, rolling holes, shot processing, hardening by coining.

Recently, much attention has been paid to various combined methods, combining the traditional SPD with some other types of heat and force effect on the machining tool. Among them, it should be noted electromechanical processing, vibration damping and vibrating ironing, vibration-centrifugal hardening processing [3,4,5].

The effectiveness of a particular processing method, that is the achievement of the required level of fatigue strength of parts is determined by a whole complex of physical factors and, first of all, by the size and distribution of residual stresses in the part after the SPD, the depth of the plastically deformed layer and physical hardening of the material. Therefore, for the purposeful control of these physical factors, it is necessary to ensure a rational combination of these parameters of the processing mode.

The search for optimal SPD regimes is conducted both in our country and abroad. The literature provides some data on the effect of the main parameters of the SPD on the hardening efficiency.

Theoretical and experimental studies conducted by I. Kudryavtsev, A. Babichev, A. Dudnikov and other scientists and aimed at finding methods and means of implementing reserves to increase the fatigue of parts, allowed to develop guidance materials on the choice of effective SPD modes for a wide range of parts.

It has been established that an increase in fatigue resistance due to SPD is primarily due to the favorable effect of compressive residual stresses in the surface layer of hardened parts. The hardening mode will be considered effective if it provides a sufficient level of these stresses.

Residual compressive stresses slow down the processes of nucleation and development of micro damages, reduce the sensitivity of the hardened surface layer of parts to the localization of stresses from external loads near structural and technological concentrators, as well as neutralize the adverse effect on tensile residual stresses on fatigue resistance.

It should be noted that when deforming the required system of residual compressive stresses in parts, it is necessary to take into account the magnitude and sign of the technological initial stresses that may remain in them from the previous treatment and which can significantly affect the final residual stress-strain state of the surface layer of the hardened part. This applies particularly to the details of reduced stiffness, where the role of the surface layer is very large. In our opinion, with an increase in the strength characteristics of the material being processed of parts, the relative thickness of the hardened layer will decrease.

The solution to the problem of hardening can be found in changing the geometry of the machining tool (punch), in particular, the need to change the pitch angle of the punch, the height of its calibrating part, which will change the degree of inclination of the surface layer of the part and thereby compensate for the relative reduction in processing effort.

When choosing the main parameters of the processing mode of hollow parts, it is recommended to vary their values in intervals that are wide enough for practical needs. Changes in the specified parameters, as well as processing modes (amplitude of oscillation of the machining tool, vibration frequency of the exciter, processing time) should be considered as an important reserve for increasing the efficiency of vibration formation during the restoration (manufacturing) of parts such as a sleeve.

The amount of processing effort is recommended to be assigned depending on the allowance for processing and on the yield strength of the material of the workpiece and the state of its surface before processing.

As a criterion, when choosing the optimal modes of hardening processing of parts made of soft materials (copper, bronze, brass, etc.) to obtain a roughness close to the minimum, as well as the greatest hardening and optimal level of residual stresses in the surface layer, we can recommend using the average pressure  $p_{av}$  in the contact the area of the machining tool with the workpiece [6]:

$$p_{av} = \frac{P}{F_c}, \quad (1)$$

where:  $P$  – is the processing force;  $F_c$  – is the actual surface contact area.

So when processing parts made of bronze  $p_{av}$  assigned within 400...450 MPa. Determination of the workload should be made depending on the size of the processing tool and the mode of vibro-processing.

When selecting modes of hardening treatment, one should also take into account the parameters characterizing the physicomachanical properties of the material of the workpiece, its shape and dimensions [7].

Those who have approaches do not solve the generally considered problem of hardening the material of workpieces, because they reveal the problem of predicting the possible damage to the surface of parts in case of SPD only at the empirical level. The proposed criteria and dependencies in the literature determine only the critical (limiting) processing conditions, under which the surface layer of the parts is destroyed, and therefore do not allow to fully assess the physical state of this layer after processing.

According to the mechanical theory of the formation of the surface layer, developed by V. Smelyansky [8], SPD is considered as a process of plastic flow of metal, and the properties of the surface layer – as a result of its deformation. This theory takes into account both the laws of plastic accumulation of deformations, and the

features of the kinematics of the interaction of the tool with the workpiece. As a criterion for assessing the physical state of the surface layer of the part, a dimensionless quantity  $\Psi$  was taken, reflecting the degree of damage to the material in the course of SPD and determined by the intensity of the strain rate and the limiting degree of shear deformation of the material of the surface layer. To calculate, the real profile of the deformation zone is used, the shape and dimensions of which depend on the processing modes.

The effectiveness of the application of strengthening technology is also influenced by the structure of the material; the degree of strain hardening of materials depends on it. The smallest increase in the hardness of the surface layer of parts with the same deformation gives steel with a sorbitol structure. The presence of martensitic in the structure enhances the effect of strain hardening as a result of the partial transformation of residual austenite into martensitic. Hardening reserves can be used more fully on low carbon steels with a martensitic structure than on high strength steels with the same structure, despite the greater increase in hardness.

This situation is due to the fact that on low carbon steels subjected to SPD, the center of destruction originates under the surface that is in the zone of lower operating stresses and therefore fatigue cracks mainly propagate in the hardened layer, as a result of which the hardening effect is realized.

In recent years, some work has been done in the field of analysis of the heat generation process in the contact zone of the machining tool with a part for the SPD of various materials, which is of great interest in connection with the problem of increasing the durability of the strengthening tool, clarifying the nature of residual stresses and finally SPD.

Among the tasks arising from the SPD, an important place is occupied by the search for optimal modes of deforming machine parts in order to maximize their fatigue resistance and to make the most complete use of hardening reserves of materials.

The parameters of the processing mode are usually chosen on the basis of experimental data and empirical dependencies obtained from testing samples or, more rarely, full-scale parts subjected to SPD under different conditions. In this case, the best of those used in the experience modes that provide the highest increment of the endurance limit of the part should be considered optimal.

Such a technique cannot be considered completely perfect, since:

a) by varying in experience the workload with a given shape of the working tool or the geometry of the tool under constant load, change simultaneously both the depth of work and the intensity of deformation of the surface layer;

b) the number of combinations of values of the workload and geometric parameters of the punches can be infinitely large and therefore even the most extensive experiment cannot cover all possible options.

Under these conditions, the best option selected from experience is not the objectively best of all possible, but only the most rational of those that were implemented in the tests.

During cold working, an increase in the strain rate above certain values leads to

an increase in the temperature of the material being processed due to the release of considerable heat of friction on the slip planes, which do not have time to spread in space. An increase in temperature leads to a softening and an increase in plastic properties.

The noted imperfections can be eliminated if the generalized physical parameter is used as an objective criterion for evaluating the SPD process, which equally takes into account various changes in the mode of strengthening treatment.

## References

1. Babichev, A., Babichev, I. (2008). Osnovy vibratsionnoy tehnologii. Rostov n/D: Izdatelskiy tsentr DGTU, 694.
2. Stotsko, Z., Kusyj, J., Topilnytskyj, V. (2012). Research of vibratory-centrifugal strain hardening on surface quality of cylindrical long-sized machine parts. Journal of Manufacturing and Industrial Engineering, 11, 15–17.
3. Kelemesh, A. (2012). Osobennosti metodov obrabotki detaley poverhnostnyim plasticheskim deformirovaniem. Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovyih tehnologiy, Harkov, 6/1(60), 18–20.
4. Gorbenko, O. (2012). Perspektivi vikoristannya resursozberigayuchih tehnologichnih protsesiv pri vidnovlenni detaley mashin. Tehnologicheskyy audit i rezervy proizvodstva, Harkov, 2(4), 19–21.
5. Djema, M., Hamouda, K., Babichev, A., Saidi, D., Halimi, D. (2013). The Impact of Mechanical Vibration on the Hardening of Metallic Surface. Advanced Materials Research, 626, 90–94.
6. Kelemesh, A. (2012). Vosstanovlenie iznoshennyih bronzovyih detaley tipa vtulok metodom vibratsionnogo uprochneniya. Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovyih tehnologiy, Harkov, 4/7 (58), 6–8.
7. Gichan, V. (2011). Active control of the process and results of treatment. Journal of Vibroengineering, 13, 371–375.
8. Smelianskiy, V. (2002). Mekhanika uprochneniia detalei poverkhnostnym plastycheskim deformirovaniem. Moskva: Mashynostroenie, 300.

## Анотація

### ПОШУК ОПТИМАЛЬНИХ РЕЖИМІВ ЗМЦНЮЮЧОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Келемеш А.О., к.т.н, доцент, Горбенко О.В., к.т.н., доцент

*У статті розглядаються питання підвищення надійності та довговічності деталей машин за рахунок підвищення якості їх поверхневого шару при різних способах обробки. Представлені питання впливу поверхневого пластичного деформування на якісні показники обробки та визначено параметри оброблюваного інструменту, а також отримана математична залежність між припуском на обробку і величиною залишкової деформації.*

*Дається характеристика методів обробки деталей при виготовленні і відновленні. Викладено метод вібраційного зміцнення при розробці технологічного процесу. Наведено класифікація і характеристика коливальних процесів, що застосовуються при обробці матеріалу відновлюваних деталей. Проведено дослідження оптимальних режимів поверхневого пластичного деформування як в нашій країні, так і за кордоном. Запропоновані режими обробки вибираються зазвичай на підставі експериментальних даних і емпіричних залежностей, одержуваних з випробувань зразків або, рідше, натурних деталей, підданих поверхневому пластичному деформуванню при різних режимах. При цьому оптимальними слід вважати ті з застосованих в досвіді режимів, які забезпечують найбільшу приріст межі витривалості деталі.*

#### **Аннотація**

### **ИЗЫСКАНИЕ ОПТИМАЛЬНЫХ РЕЖИМОВ УПРОЧНЯЮЩЕЙ ОБРАБОТКИ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

Келемеш А.О., к.т.н., доцент, Горбенко О.В., к.т.н., доцент

*В статье рассматриваются вопросы повышения надежности и долговечности деталей машин за счёт повышения качества их поверхностного слоя при различных способах обработки. Представлены вопросы влияния поверхностного пластического деформирования на качественные показатели обработки и определены параметры обрабатывающего инструмента, а также получена математическая зависимость между припуском на обработку и величиной остаточной деформации. Дается характеристика методов обработки деталей при изготовлении и восстановлении. Изложен метод вибрационного упрочнения при разработке технологического процесса. Приведены классификация и характеристика колебательных процессов, применяемых при обработке материала восстанавливаемых деталей. Проведено изыскание оптимальных режимов поверхностного пластического деформирования как в нашей стране, так и за рубежом. Предложенные режимы обработки выбираются обычно на основании экспериментальных данных и эмпирических зависимостей, получаемых из испытаний образцов или, реже, натурных деталей, подвергнутых поверхностному пластическому деформированию при разных режимах. При этом оптимальными следует считать те из применённых в опыте режимов, которые обеспечивают наибольшее приращение предела выносливости детали.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНЮЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА РЕСУРС МАШИН

**Іванкова О.В.** кандидат технічних наук, доцент  
(Полтавська державна аграрна академія)

**Бартош В.Ю.**, директор  
(ТОВ «Авто-Моторна Компанія»)

*Розглядається питання підвищення експлуатаційного ресурсу при відновленні сталевих і бронзових втулок та інших зношених деталей машин із застосуванням вібраційного деформування.*

*Ремонт тракторів, автомобілів та складної сільськогосподарської техніки полягає в економічно обґрунтованому усуненні несправностей і відновленні їх ресурсу після експлуатації. Управління якістю під час ремонту техніки нерозривно пов'язано із дотриманням нормативних вимог до надійності відремонтованих машин. Тому головне завдання ремонтного виробництва полягає в ефективному відновленні надійності машин у результаті найбільш повного використання залишкової довговічності деталей.*

*Метою досліджень є вибір способу і обґрунтування режимів відновлення деталей, з найвищим коефіцієнтом підвищення післяремонтного ресурсу.*

*У технічній літературі є цілий ряд робіт, присвячених дослідженням по підвищенню експлуатаційного ресурсу деталей машин.*

*Дослідження проводились на зношених деталях типу втулок, зокрема поршневих пальцях двигунів внутрішнього згорання, бронзових втулках рідинних насосів, втулках направляючого ролика картоплекопачів КТН-2В.*

*В результаті пошуків:*

- обґрунтовано доцільність застосування способу відновлення зношених деталей машин пластичним деформуванням з вібраціями;*
- виявлена залежність між параметрами режиму відновлення, на основі чого отримані емпіричні залежності зусилля деформування;*
- проведено оцінку зносостійкості відновлених деталей;*
- визначено оптимальний інтервал значень коефіцієнта підвищення ресурсу  $\beta_p = 2,00 \dots 2,5$  що відповідає технології: наплавлення, чистове точіння, зміцнення поверхневим пластичним деформуванням з наступним гартуванням струмами високої частоти, відпускання і шліфування  $\beta_p = 2,42$ . Отже, доцільно продовження досліджень по вібраційному деформуванню різних конструкційних матеріалів, розробки режимів та впровадження технології на підприємствах технічного сервісу.*

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими та практичними завданнями.** Основною виробничою частиною



аграрного виробництва, що має визначальний вплив на обсяги та якість виробленої продукції, є машинно-тракторний парк. Він є складовою машинно-технологічного комплексу галузі і включає в себе технології виробництва продукції, технічні засоби для реалізації цих технологій та структуру, що забезпечує ефективне функціонування системи.

Умови ринку, в яких працюють підприємства технічного сервісу, вимагають постійного пошуку шляхів реалізації в конкурентній боротьбі, одним з яких є безперервне вдосконалення технологічного процесу і організації виробництва. Таке положення приводить до різкого зростання питомої ваги відновлених деталей, враховуючи їх істотно меншу вартість при практично рівному, а незрідка і більшому ресурсі.

Отже, ситуація, що склалася до теперішнього часу, у сфері технічного сервісу сільськогосподарської техніки вимагає невідкладного пошуку нових технологічних рішень і розробці організаційних заходів з підвищення їх ефективності. Розробка і впровадження технологій відновлення деталей, які забезпечують економічність технологічного процесу, сприяють підвищенню післяремонтного ресурсу машин є важливим і актуальним.

Ключові слова: відновлення, ресурс, зносостійкість, деталь, пластична деформація, вібрація, коефіцієнт підвищення ресурсу.

Зниження затрат на виробництво сільськогосподарської продукції та підвищення екологічної безпеки навколишнього середовища може бути досягнуто за рахунок оптимізації рівня технічного забезпечення та ефективного використання машинно-тракторного парку.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У технічній літературі є цілий ряд робіт, присвячених дослідженням по підвищенню експлуатаційного ресурсу деталей машин. Питання підвищення надійності техніки, вдосконалення системи технічного сервісу, досліджені у численних працях науковців, зокрема: Аніловича В.Я., Артемьєва Ю.Н., Войтюка В.Д., Єрмолова Л.С., Кряжкова В.М., Молодика М.В., Науменка О.А., Петрова Ю.Н., Черноіванова В.І. та інші. Ними були сформульовані основні організаційні та технологічні засади створення системи технічного сервісу сільськогосподарської техніки.

Для отримання відремонтованого агрегату в цілому зношені деталі замінюються новими, які мають вищий ресурс або забезпечується цей рівень ресурсу при їх відновленні шляхом зміцнення робочих поверхонь деталі [1].

Вібрації в технологічних процесах мають практичне застосування. Вони використовуються для підвищення точності та продуктивності обробки і зміцнення деталей. Дослідження з метою розширення технологічних можливостей і промислового використання вібрацій є актуальною прикладною задачею. А так як процес відновлення і зміцнення зношених деталей пластичним деформуванням з використанням вібрацій ще залишається недостатньо вивченим [4,5]. Зокрема, не досліджена поведінка різних конструкційних матеріалів при вібраційній деформації деталей; рекомендації по визначенню оптимальних геометричних параметрів інструментів для вібродеформування деталей різної форми мають частковий характер. Отже, ця частина проблеми потребує подальшого дослідження.

**Мета і завдання досліджень:** вибір способу і обґрунтування режимів відновлення деталей з високим коефіцієнтом підвищення післяремонтного ресурсу. Для реалізації мети необхідно:

- обґрунтувати спосіб відновлення деталей;
- розглянути вплив параметрів обробки і робочого інструменту;
- визначити і порівняти значення коефіцієнту підвищення післяремонтного ресурсу відновлених деталей;
- провести оцінку зносостійкості відновлених деталей.

Дослідження проводились на зношених деталях типу втулок, зокрема поршневих пальцях двигунів внутрішнього згорання, бронзових втулках рідинних насосів, втулок направляючого ролика картоплекопачів КТН-2В. Методи досліджень: вивчення механічних властивостей деталей, відновлених різними методами, статистична обробка інформації.

**Результати досліджень.** Післяремонтний ресурс машини залежить від кількості деталей, придатних до експлуатації та від способу відновлення деталей, вибраканих при дефектуванні. Розподіл післяремонтного ресурсу машини чи вузла представляє собою спільне поєднання розподілів ресурсів придатних деталей і відновлених деталей. В. Я. Анілович рекомендує використовувати коефіцієнт підвищення ресурсу при виборі технології відновлення деталі. Коефіцієнт підвищення ресурсу може набувати значення, зокрема: застосування поверхневого пластичного деформування, а саме, вібронакатування, дає змогу збільшити коефіцієнт підвищення ресурсу на 20...40%, а після гартування СВЧ та відпускання - 1,89 [2].

Основні умови, що визначають доцільність підвищення ресурсу деталей при їх відновленні:

- фактичний ресурс нових деталей або запасних частин низький порівняно з нормативним для машини, що вимагає виконувати 2...3 заміни протягом за строку її служби;
- ремонтне підприємство має технічну можливість реалізації технології зміцнення при відновленні зношених деталей [1,2].

Рівень рентабельності ремонтного виробництва при відновленні деталей можна розглядати як функцію коефіцієнта підвищення ресурсу [2].

Пластичне деформування при відновленні зношених деталей з метою підвищення їх післяремонтного ресурсу вивчається на кафедрі технологій та засобів механізації аграрного виробництва ПДАА протягом досить тривалого часу. Результати досліджень дають можливість зробити висновки про доцільність впровадження розробок на підприємствах технічного сервісу, а також намічають шляхи наступних досліджень.

Методика оцінки показників довговічності деталей по даних підприємств технічного сервісу [1,2] передбачає, що ресурс машини визначається величиною основного структурного параметру, що контролюється при дефектуванні. Початковими статистичними даними для є результати вибіркового вимірювань зміни розмірів при дефектуванні.

Контролювався розмір або зазор в спряженні. Зміна його є монотонною і відноситься до деградаційних процесів зношування. Під час дефектування

деталі, що не задовольняють умову  $\Delta \leq D_0$  вважають тими, що відказали. Вони замінюються новими або відновленими.

Для визначення величини зносу кожної деталі проводилися вимірювання зовнішнього діаметру в перерізах п'яти поясів і чотирьох площинах. Статистична обробка даних для кожного поясу виконувалась окремо. Зокрема, аналіз дефектів та знос втулок направляючого ролика транспортера картоплекопача КТН-2В показує, що максимальний 0,75...1мм знос вони отримують у зоні контакту з роликом. Близько 10% втулок мали тріщини, а, отже відновленню не підлягали [4]. Поршневі пальці ДВЗ максимальний знос мають у зоні контакту їх з бобишками поршня, і в з'єднанні з втулкою верхньої головки шатуна. Близько 8 % пальців придатні без ремонту і 72 % можуть бути відновлені [6].

Дослідження процесу пластичного деформування із застосуванням вібрацій проводилися в кілька етапів. Перший: на зразках – втулках, виготовлених зі сталі та бронзи. Деформування здійснювали на експериментальній установці [5]. Величина деформації визначалась припуском на обробку для компенсації зносу. На основі результатів експериментів після математичної обробки були одержані емпіричні залежності, які пов'язують величину деформації  $\Delta D$  і величину припуску  $\Pi$  на обробку:

$$\dot{I} = 0.716\Delta D^{1.39} - \text{для пальців двигунів Д-240};$$

$$\Pi = 0.0432 \cdot \Delta D^{1.72} - \text{для пальців двигунів СМД60(62)};$$

$$\Pi = 0.053 \cdot \Delta D^{0.19} - \text{для пальців двигунів ЗМЗ-405 (406)};$$

$$\Pi = 0.568 \cdot \Delta D^{1.648} - \text{для пальців двигунів КамАЗ};$$

$$\dot{I} = 1.025124 \cdot \Delta D^{-0.03524} - \text{для бронзових втулок рідинних насосів СВН-80А};$$

$$\dot{I} = 1.0241 \cdot \Delta D^{-0.0939} - \text{для втулок ролика транспортера КТН-2В}.$$

За результатами математичної обробки експериментальних даних параметрів режимів обробки були одержані емпіричні залежності зусилля деформування від припуску ( $\Pi$ ), кута нахилу твірної пуансона ( $tg \beta$ ), коефіцієнта деформації втулки по зовнішньому діаметру ( $K_L$ ) для деформування без вібрації та з вібрацією відповідно, представлені у таблиці 1.  $P = 18,9446(0.4 + tg\beta) \cdot x + 4,0018$   
 $P = 70,8258(0.4 + tg\beta)\dot{I} - 3,4015$

Таблиця 1 – Емпіричні залежності зусилля деформування деталей

Деталь	Зусилля деформування	
	без вібрації	з вібрацією
Втулки ролика КТН-2В	$P = K_L [18.94(0.4 + tg\beta)\dot{I} + 4.002]$	$P = K_L [70.83(0.4 + tg\beta)\dot{I} + 3.41]$
Поршневі пальці СМД-62	$P = K_L [1882(0.4 + tg\beta)\dot{I} + 52.2]$	$P = K_L [404(0.4 + tg\beta)\Pi + 46.6]$
Поршневі пальці КамАЗ	$P = K_L [1078(0.4 + tg\beta)\dot{I} + 68,2]$	$P = K_L [417(0.4 + tg\beta)\Pi + 108,5]$
Поршневі пальці ЗМЗ-405	$P = K_L [91(0.4 + tg\beta)\dot{I} + 54,9]$	$P = K_L [124(0.4 + tg\beta)\dot{I} + 21,2]$
Втулки рідинних насосів	$P = K_L [(0.7 + tg\beta)\dot{I} + 52,2]$	$P = K_L [(0.4 + tg\beta)\dot{I} + 42]$

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.

Результати порівняльних випробувань зносостійкості відновлених деталей показали, що величина зносу деталей, відновлених вібраційним методом в 1,31...1,47 рази менша, ніж деталей, відновлених без вібрації. Отже, пластичне деформування з вібрацією має зміцнюючий вплив на поверхню деталей [4,6].

Після відновлення партії деталей формувалась певна група з тих, якими були замінені вибракувані деталі. Післяремонтний ресурс машини (агрегату) залежить від способу відновлення деталей, вибракуваних при дефекації та від кількості деталей, придатних до подальшої експлуатації.

Використання зміцнюючих технологій підприємствами технічного сервісу при відновленні деталей машин приводить до підвищення середнього післяремонтного ресурсу машини  $T_{пр}(\beta_p)$ , але, разом з тим збільшує і витрати підприємства.

Користуючись методикою, розробленою В.Я. Аніловичем [2], ми підраховали середній післяремонтний ресурс як функцію коефіцієнта  $\beta_p$ :

$$T_{пр}(\beta_p) = (1 - 0,75) 4260 \beta_p + (4380 - 3000) 0,65 = 1065 \beta_p + 1035$$

А також по результатах розрахунків визначили оптимальний інтервал значень коефіцієнта підвищення ресурсу:  $\beta_p = 2,00 \dots 2,50$ .

Деталі, які були відновлені пластичним деформуванням пройшли експлуатаційні випробування в умовах аграрних підприємств Полтавської області. Величина зносу деталей, відновлених методом деформування з вібрацією в 1,25..1,41 рази менше, ніж відновлених без вібрації. Поршневі пальці, відновлені вібраційним деформуванням, сприяють підвищенню наробітку двигунів в середньому на 8,5 – 9,0 %. [6].

#### **Висновки:**

- обґрунтовано доцільність застосування способу відновлення зношених деталей машин пластичним деформуванням з вібраціями;

- виявлена залежність між величиною зносу і припуском на обробку та закономірності зміни зусилля обробки, на основі чого отримані емпіричні залежності зусилля деформування від припуску на обробку, кута нахилу твірної конуса інструмента і довжини оброблюваної деталі;

- проведено оцінку зносостійкості відновлених деталей, зокрема, визначено, що зносостійкість відновлених з вібрацією вище в 1,25..1,41 рази, ніж деталей, відновлених без вібрації;

- визначили оптимальний інтервал значень коефіцієнта підвищення ресурсу  $\beta_p = 2,00 \dots 2,50$ , що відповідає технології: після наплавлення чистове точіння, зміцнення поверхневим пластичним деформуванням з наступним гартуванням струмами високої частоти, відпускання і шліфування  $\beta_p = 2,42$ . Пластичне деформування з вібраціями доступніше (стосовно обладнання) та простіше з технологічної точки зору. Отже, можемо говорити про доцільність проведення досліджень по вібраційному деформуванню різних конструкційних матеріалів, розробки режимів та впровадження технології на підприємствах

технічного сервісу.

### Список використаних джерел

1. Міцність та надійність машин. [Анілович В.Я., Грінченко О.С., Карабін В.В.] та ін.; за ред. В. Я. Аніловича -К.: Урожай, 1996.-288с.
2. Надійність машин в завданнях та прикладах [Анілович В.Я., Грінченко О.С., Литвиненко В.Л.] та ін.; за ред. В. Я. Аніловича - Харків: Око, 2001.-320с.
3. Іванкова О.В. Бартош В.Ю., Буравський В. В. та ін. Використання пластичного деформування при відновленні зношених деталей сільськогосподарської техніки.// Перспективна техніка і технології - 2011: VII Міжнарод. наук.-техн. конф., 14...16 вересня 2011р.: Матеріали конференції. - Миколаїв: МДАУ, 2011.- С.82-87.
4. Іванкова О.В. Дослідження впливу зміцнюючих технологій на післяремонтний ресурс відновлених деталей.//Аграрна освіта і наука у XXI столітті – 2013: Міжнарод. наук.-практ. інтернет-конф., 25...26 квітня 2013р.: Матеріали доповідей і виступів. – Полтава: ПДАА, 2013р. – С. 72-74.
5. Іванкова О.В. Патент на корисну модель № 59687. «Спосіб відновлення та зміцнення сталевих втулок». 25.05.2011. Бюл. 310. МПК 2011.01 С21Д 1/06 (2006.01) В23Р6/00.
6. Іванкова О.В. Дослідження впливу відновлення деталей вібраційним деформуванням на післяремонтний ресурс машин. Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка. - Харків 2018 Випуск 192. 9 ст.

### Аннотація

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ УПРОЧНЯЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ ВОССТАНОВЛЕНИЯ НА РЕСУРС МАШИН

Иванкова Е.В., Бартош В. Ю.

*Рассматривается вопрос повышения эксплуатационного ресурса при восстановлении стальных и бронзовых втулок, а также других деталей машин с использованием вибрационного деформирования.*

*Ремонт тракторов, автомобилей и сложной сельскохозяйственной техники состоит в экономически обоснованном устранении неисправностей и восстановление их ресурса. Управление качеством во время ремонта техники неразрывно связано с соблюдением нормативных требований к надежности отремонтированных машин. Поэтому главная задача ремонтного производства состоит в эффективном восстановлении надежности машин в результате наиболее полного использования остаточной долговечности деталей.*

*Цель исследований - выбор и обоснование режимов восстановления деталей с наивысшим коэффициентом повышения послеремонтного ресурса.*

*В технической литературе имеется целый ряд работ, посвященных исследованиям по увеличению эксплуатационного ресурса.*

*Исследования проводились на изношенных деталях типа втулок, в частности поршневых пальцах двигателей внутреннего сгорания, втулках*

направляющего ролика картофелекопателей КТН-2В, бронзовых втулках насосов.

*В результате исследований:*

- обосновано целесообразность использования способа восстановления изношенных деталей машин пластическим деформированием с вибрацией;
- выявлена зависимость параметров режима восстановления, на основании чего получены эмпирические зависимости усилия деформирования;
- проведено оценку износостойкости восстановленных деталей;
- определен оптимальный интервал значений коэффициента повышения ресурса  $\beta_p = 2,00 \dots 2,5$ , который соответствует технологии: наплавка, чистовое точение, упрочнение поверхности поверхностным пластическим деформированием с последующей закалкой токами высокой частоты, отпуск и шлифование ( $\beta_p = 2,42$ ).

*Поэтому целесообразно продолжение исследований по вибрационному деформированию разных конструкционных материалов, по разработке режимов и внедрению технологии на предприятиях технического сервиса.*

## **Abstract**

### **RESEARCH ON THE IMPACT OF CHANGE TECHNOLOGIES OF REPAIR OF MACHINE RESOURCES PARTS**

Ivankova O., Bartosh V.

*Present study considers the issue of increasing the operational resource during the restoration of steel and bronze bushings and other worn out parts of machines using the vibration deformation.*

*The repair of tractors, cars and complex agricultural machinery is based on economically justified fixing and restoration of their life after use. Quality management during repair of equipment is inextricably linked with compliance with regulatory requirements for the reliability of repaired machines. Therefore, the main task of repair production is to effectively restore the reliability of machines as a result of the most complete use of residual durability of parts.*

*The aim of the research is to choose the method and the justification of regeneration of parts, with the highest coefficient of increasing the after repairs resource.*

*In the technical literature, there are a number of works devoted to research on increasing the operational resource.*

*The research was carried out on worn out parts of the type of bushings, in particular piston fingers of internal combustion engines, bronze bushings of liquid pumps, cartridge roller bushings of the KTN-2B potato harvesters.*

*As a result of searches:*

- the expediency of using the method of restoration of worn out parts of machines by plastic deformation with vibrations has been substantiated;
- dependence between the parameters of the regeneration mode was revealed, on the basis of which the empirical dependences of the deformation effort were obtained;
- an assessment of durability of the restored parts;
- the optimum interval of the values of the increase factor of the resource  $\beta_p = 2,00 \dots 2,5$  is determined, which corresponds to the technology: surfacing, clearing, hardening by surface plastic deformation with subsequent quenching by high frequency currents, release and grinding ( $\beta_p = 2,42$ ). Consequently, we can talk about the expediency of continuing research on vibration deformation of various structural materials, the development of regimes and the implementation of technology at the enterprises of technical services.

## СПОСОБИ АКТИВІЗАЦІ СЕПАРАЦІЇ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ

**Грушецький С.М., к.т.н., доцент, Підлісний В.В., к.т.н., доцент**  
(Подільський державний аграрно-технічний університет)

*Україна має унікальний природний потенціал, що дозволяє стати лідером по виробництву сільськогосподарської продукції в Європі. Проте, для успішного виходу на західні ринки необхідно забезпечити перш за все конкурентоспроможність власної продукції, яка досягається при комплексній механізації технологічних процесів, зниженні затрат праці, збільшенні врожайності та якості одержуваної продукції. Розглянуто детально процеси, які відбуваються у воросі під час його сепарації. Викладені результати способів активізації сепарації картопляного вороху, способи впливу сепараторів на картопляний ворох, класифікація сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин, основні типи сепаруючих робочих органів і типи профілів захисних покриттів сепаруючих пристроїв та перспективи зниження пошкоджень бульб на робочому органі сепарації.*

**Постановка проблеми.** Для прискорення просіювання дрібних частинок ґрунту використовують різноманітні способи активізації сепарації. Деякі сепаратори обладнують додатковими пристроями, покликаними прискорити просіювання ґрунту та руйнування грудок, в інших використовують різноманітні способи та режими руху робочих поверхонь. Тому сепаратори потребують подальшого конструктивного вдосконалення, а також теоретичного та експериментального дослідження з метою підвищення якісних показників їх роботи.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Урядом України обрано стратегічний курс на розвиток в аграрно-індустріальному напрямку. Україна має унікальний природний потенціал, що дозволяє стати лідером по виробництву сільськогосподарської продукції в Європі. Проте, для успішного виходу на західні ринки необхідно забезпечити перш за все конкурентоспроможність власної продукції, яка досягається при комплексній механізації технологічних процесів, зниженні затрат праці, збільшенні врожайності та якості одержуваної продукції [1].

В нашій країні, на жаль, вирощування картоплі у багатьох випадках здійснюється за старою, традиційною технологією. Потрібно негайно оновлювати техніку, що морально застаріла та вкрай зношена. Також постає проблема удосконалення існуючих та винайдення нових перспективних робочих органів картоплезбиральної техніки.

Проблемі вирощування та збирання картоплі присвячено чимало друкованих праць. Проблемами картопляної галузі займаються такі вчені, як

Ходаківський Є.І., Приймачук Т.Ю., Лавров Р.В., Бондарчук А.А., Бендера І.М., Фірман Ю.П., Грушецький С.М. та ін. [2-10].

Стратегічні питання по вирощуванню картоплі в Україні із використанням найсучасніших техніки і технологій, яка б мала конкурентоспроможні якісні показники, дослідники у своїх працях, на жаль, оминають. Тому, розуміння сучасного стану в галузі картоплярства є завжди актуальною проблемою.

**Мета роботи.** Підвищення якісних показників сепарації картопляного вороху за рахунок різноманітних способів активізації сепарації і обладнання додатковими пристроями, покликаними прискорити просіювання ґрунту та руйнування грудок.

**Результати дослідження.** Розглянемо детальніше процеси, які відбуваються у воросі під час його сепарації. Під сепарацією будемо розуміти одночасне протікання процесів:

- перемішування вороху;
- руйнування грудок ґрунту;
- просіювання дрібних частинок вороху, які опинилися на сепаруючій поверхні.

Перемішування вороху може відбуватись під дією різних активізуючих пристроїв, внаслідок струшування, внаслідок особливостей роботи певних конструкцій сепараторів (наприклад, ротаційного). Очевидно, перемішування може відбуватися в двох площинах: горизонтальній і вертикальній, а також у двох напрямках: поздовжньому і поперечному.

Перемішування вороху чинить чи не найбільший вплив на сепарацію ґрунту. Внаслідок перемішування дрібні частинки з товщі вороху мають змогу потрапити на сепаруючу поверхню і просіятись, створюючи цим самим кращі умови для руйнування крупних грудок. Очевидно, кращі умови для забезпечення потрапляння дрібних частинок вороху на сепаруючу поверхню створює перемішування у вертикальній площині.

Інтенсивне перемішування вороху викликає також вібрація. Завдяки цьому вібраційні грохоти відрізняються значною сепаруючою здатністю.

Руйнування грудок ґрунту відбувається під дією самих сепараторів або внаслідок впливу додаткових пристроїв (бітерів, ворушилок тощо).

Розглянемо способи активізації сепарації у найбільш розповсюдженому сепаруючому органі – прутковому елеваторі. Тут найбільш поширеним способом активізації сепарації є струшування робочої частини елеватора. Зауважимо, що, наприклад, коливальні грохоти також використовують цей спосіб, зважаючи на особливість забезпечення ними протікання робочого процесу, отже, сказане далі стосується і грохотів.

Для цього використовують еліптичні зірочки (рис. 1, а) або важільні струшувачі (рис. 1, б). Руйнування структури підкопаної скиби та грудок ґрунту тут відбувається під час польоту та у момент падіння підкинутої маси на елеватор. Такий спосіб активізації має суттєвий недолік – при струшуванні значно зростає ступінь пошкоджень бульб, до того ж для руйнування структури



скиби вкрай необхідні деформації розтягу-зсуву, які тут відсутні. Перемішування вороху недостатньо інтенсивне.

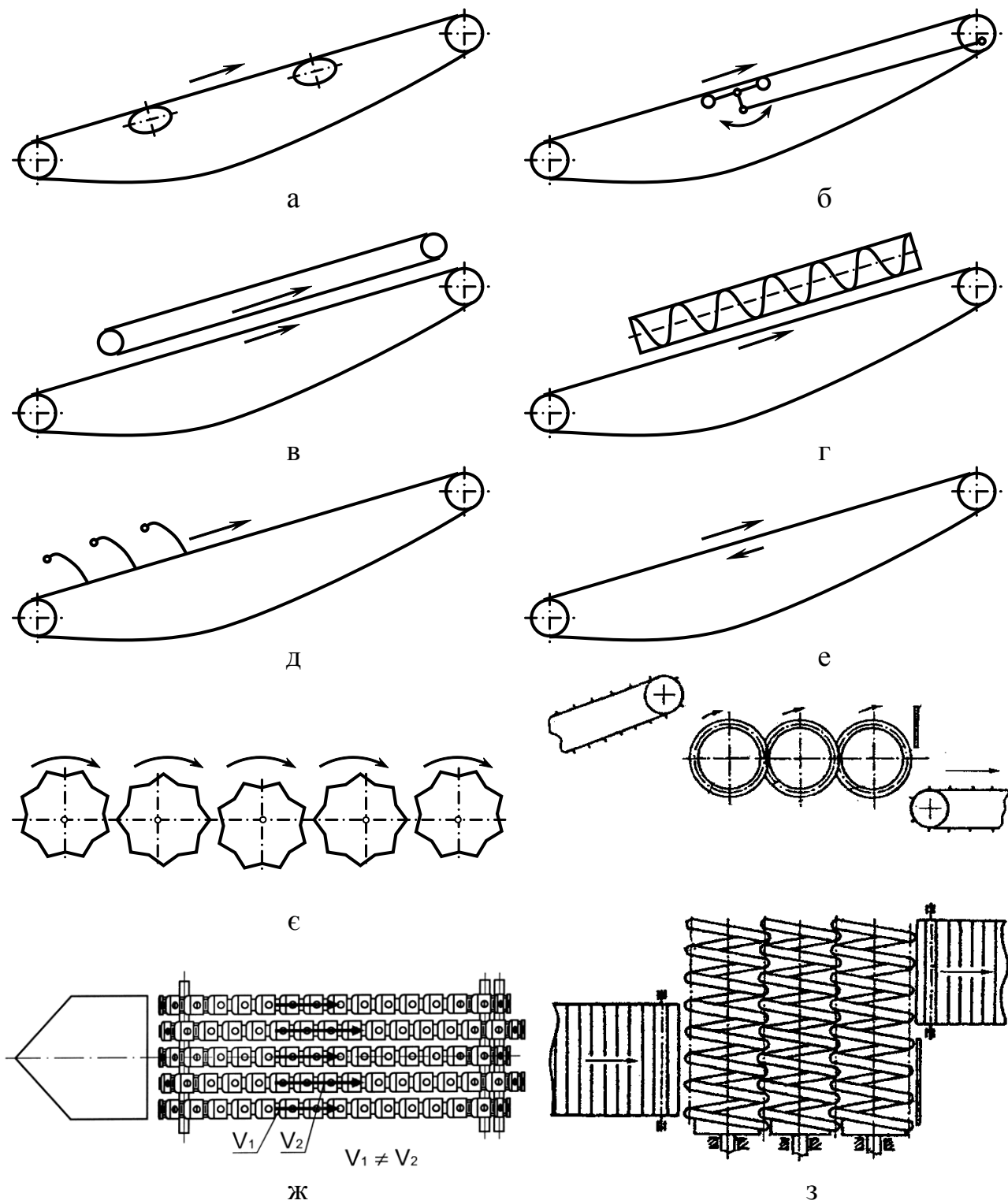


Рис. 1 – Способи активізації сепарації ґрунту

Іншим способом активізації процесу сепарації прутковим елеватором є встановлення додаткового конвейера (рис. 1, в) або шнека (рис. 1, г) над робочою поверхнею сепаратора. Ці додаткові елементи, рухаючись із відмінною від

елеватора швидкістю руйнують структуру скиби та дещо подрібнюють грудки. Але внаслідок низької їх ефективності, складності конструкції та значної металоємкості широкого розповсюдження вони не набули.

Досить високий ефект має використання пальцевих ворошилок вороху (рис. 1, д), які значно покращують перемішування маси а отже і просіювання дрібних частинок ґрунту, але, натомість, майже не руйнують грудки та дещо підвищують пошкоджуваність бульб [11].

Ще одним можливим способом активізації є використання сил інерції підкопаної маси. Для цього робочу поверхню елеватора змушують рухатись почергово з різким прискоренням та сповільненням (рис. 1, е).

Такий режим, очевидно, значно прискорює руйнування грудок, які розташовані на поверхні елеватора, але погано руйнує структуру скиби а також призводить до надмірного пошкодження бульб. До того ж при використанні такого способу активізації значно зростають динамічні навантаження в трансмісії приводу елеватора та в самих ланках елеватора, що вимагає збільшення міцності цих елементів а отже й збільшення їх металоємності.

Радикально відрізняються за принципом руйнування структури бульбоносної скиби ротаційні сепаратори. Їх по праву можна назвати активними, адже їхня робоча поверхня, яка складається з послідовно встановлених вальців, активно впливає на ворох, викликає інтенсивне перемішування вороху, а отже і просіювання. Збільшуючи швидкість обертання вальців можна підвищити інтенсивність впливу на скибу, але внаслідок локального впливу цих роторів перемішування маси і руйнування грудок відбувається лише в нижньому шарі вороху, який безпосередньо прилягає до поверхні сепаратора. Тому одночасно із руйнуванням грудок допускається значне пошкодження бульб.

Одним із способів активізації процесу сепарації ротаційними сепараторами є ексцентричне встановлення вальців (рис. 1, є).

Певним чином зменшити вказані недоліки можна шляхом заміни обертального руху на поступальний. Тобто робоча поверхня сепаратора повинна складатись не з послідовно встановлених вальців, а з паралельних стрічок, які рухатимуться з різними швидкостями. За цим принципом нами розроблена конструкція стрічкового сепаратора картоплезбиральної машини, технологічна схема якого наведена (рис. 1, ж) [11].

Розроблено також конструкцію спірального сепаратора картопляного вороху, особливістю якого є ексцентричне консольне закріплення пружних спіральних вальців (рис. 1, з) [11]. Завдяки пружності вальців та консольному їх закріпленню під час роботи в них збуджуються коливання, які додатково руйнують грудки. Але така конструкція сепаратора не може бути використана в якості основного сепаруючого органу внаслідок порушення роботи при великих подачах вороху.

Отже, сучасні способи активізації сепарації ґрунту відрізняються низькою ефективністю. Вони не можуть забезпечити достатнього ступеня сепарації при помірному пошкодженні бульб.

Провівши огляд конструкцій сепаруючих робочих органів та способів активізації сепарації картопляного вороху слід виділити та проаналізувати основні способи впливу сепараторів на підкопану ґрунтову скибу (рис. 2).

Розрив скиби в поздовжньому напрямку особливо ефективний на початку сепарації, коли картопляний ворох має значну товщину та зв'язаність. Така дія реалізується завдяки різниці швидкості руху робочої поверхні сепаратора та швидкості сходу підкопаної грядки з підкопуючого лемеша.

Розрив скиби в поперечному напрямку реалізується в сепаруючих пристроях з поперечно встановленими шнеками. Попри принципово високу ефективність такого впливу досить складно забезпечити розрив скиби по всій товщині, а обмеження лише нижнім шаром вороху не дає бажаних результатів.

Струшування вороху, як було вже зазначено, значно прискорює процес сепарації, проте викликає значні пошкодження бульб.

Об'ємне перемішування вороху реалізується в барабанних грохотах, при цьому масі надається обертний рух.

Вальцеві грохоти здійснюють фрезеруючий вплив на скибу з одночасним транспортуванням маси. Оскільки ворох потрапляє на сепаратор з частково зруйнованою структурою, робочі впливи ротаційних сепараторів забезпечують інтенсивне перемішування маси, а отже і ефективну сепарацію ґрунту.

В деяких моделях комбайнів та картоплекопачів застосовується руйнування грудок ґрунту стисканням за допомогою пневматичних барабанів.

Найбільш ефективне руйнування грудок досягається при ударній дії на скибу бітером з вертикальною або горизонтальною віссю обертання. Проте удар більше ніж інші впливи пошкоджує бульби, тому такий спосіб дії на ворох не набув поширення.

Провівши детальний аналіз відомих конструкцій сепаруючих пристроїв, а також способів їх впливу на картопляний ворох, можна зробити висновок, що перспективний сепаратор повинен задовольняти таким вимогам:

- перемішування вороху повинно бути об'ємним (робочий орган повинен бути зануреним у об'єм ґрунтової скиби), якщо ж перемішування поверхневе (наприклад, у нижньому шарі матеріалу), то дія робочого органу повинна бути направлена паралельно напрямку руху вороху і має відбуватись на якомога більшій довжині;
- слід обмежувати або уникати взагалі перемішування вороху у вертикальній площині, натомість сприяти перемішуванню в горизонтальній площині, що покращить сегрегацію та просіювання дрібних частинок вороху;
- в результаті сегрегації бульби підіймаються на поверхню вороху, тому руйнування грудок повинно відбуватись в його нижньому шарі;
- ступінь перемішування ґрунту та руйнування грудок має бути регульованим, що дозволить оптимально завантажити сепаратор та знизити пошкодженість бульб.

Назва деформації	Спосіб впливу робочих органів	Конструкція робочих органів
Розрив скиби в поздовжньому напрямку	Різниця швидкостей руху окремих сепаруючих поверхонь	
Розрив скиби в поперечному напрямку	Поперечні впливи	
Струсування	Підкидання вороху на робочій поверхні сепаруючого пристрою	
	Вібрація робочої поверхні сепаруючого пристрою	
Об'ємне перемішування	Надання вороху обертового руху	
Фрезерування	Фрезерувальна дія робочого органу, який рухається зі швидкістю відмінною від швидкості руху вороху	
Стискання	Звуження потоку вороху Пропускання вороху між двома барабанами	
Удар	Нанесення удару бітером з вертикальною віссю обертання	
	Нанесення удару бітером з горизонтальною віссю обертання	

Рис. 2 – Способи впливу сепараторів на картопляний ворох

В даний час всі сепаруючі пристрої діляться на дві основні групи: органи первинної сепарації і органи вторинної сепарації (виносної сепарації). Органи первинної сепарації [12] діляться на дві групи, призначені для відділення бульб від сухого, дрібного, сипучого ґрунту і відділення ґрунтових і рослинних домішок (видаляють бадилля). Органи вторинної сепарації – це в основному пальчаті гірки, різних конструкцій, які використовуються для доочистки бульб від дрібних ґрунтових і рослинних домішок. Схема класифікації органів сепарації представлена на рис. 3.

Органи первинної сепарації при оптимальних умовах здатні відокремлювати до 90% домішок ґрунту. Вони характеризуються високою пропускною можливістю і малими ушкодженнями бульб [12]. В результаті чого бульбоносна маса може мати співвідношення бульб до домішок. Таким чином, первинні сепаратори грають важливу роль в процесі відділення домішок, і від якості їх роботи буде залежати ефективність функціонування складніших сепаруючих пристроїв (вторинних), що в подальшому позначиться на якості кінцевого продукту. Основними типами сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин є грохоти з коливальним рухом решіт (рис. 4, б), пруткові елеватори (рис. 4, г), барабанні (рис. 4, а), валкові грохоти [12] (рис. 4, в), прутковий елеватор (рис. 4, г), елеватор з еліптичними струшувачами 1 – підтримуючі ролики, 2 – еліптичні струшувачі, 3 – ведучі зірочки, 4 – полотно елеватора, відомі зірочки (рис. 4, д), елеватор з інтенсифікатором активного типу 1 – привідні вали інтенсифікатора сепарації, 2 – робочі елементи інтенсифікатора, 3 – полотно елеватора (рис. 4, е), сепаратор ґрунту, об'єднуючий переважно пруткового елеватора і пальчастої гірки 1 – прутковий елеватор, 2 – привідні зірочки 3 – планчастий транспортер, 4 – підтримуючі ролики (рис. 4, є), сепаруючий пристрій 1 – прутки елеватора, 2 – просіваючий елеватор, 3 – упругі елементи (рис. 4, ж), елеватор картоплезбирального комбайна Imac Special 1 – вигнуті прутки, 2 – прутки з покриттям ПВХ (рис. 4, з), стрічковий сепаратор 1 – ланцюгові стрічки зі скребками, 2, 3 – два ведучі вали та вісь – 4 (рис. 4, и).

Багато виробників картоплезбиральної техніки (Grimme, AVR і т.д.) на додаткових елеваторах застосовують полотна з комбінацією різних видів прутків. Так компанія Imac на своїй моделі картоплезбирального комбайна Special використовує транспортерну стрічку, обладнану чередуючими прутками: прямими, покритими матеріалом з ПВХ, і вигнутими утворюючи «осередки» запобігаючи ушкодження молоді картоплі (рис. 4, з).

Фірма Grimme використовує на таких картоплезбиральних комбайнах Varitron 470, Tectron 415 і ін. [13, 14], роликовий сепаратор Vario «VarioSep», який складається з розташованих в поздовжньому напрямку прогумованих пар валиків (рис. 5). Область застосування: особливо важкі і в'язкі ґрунту.

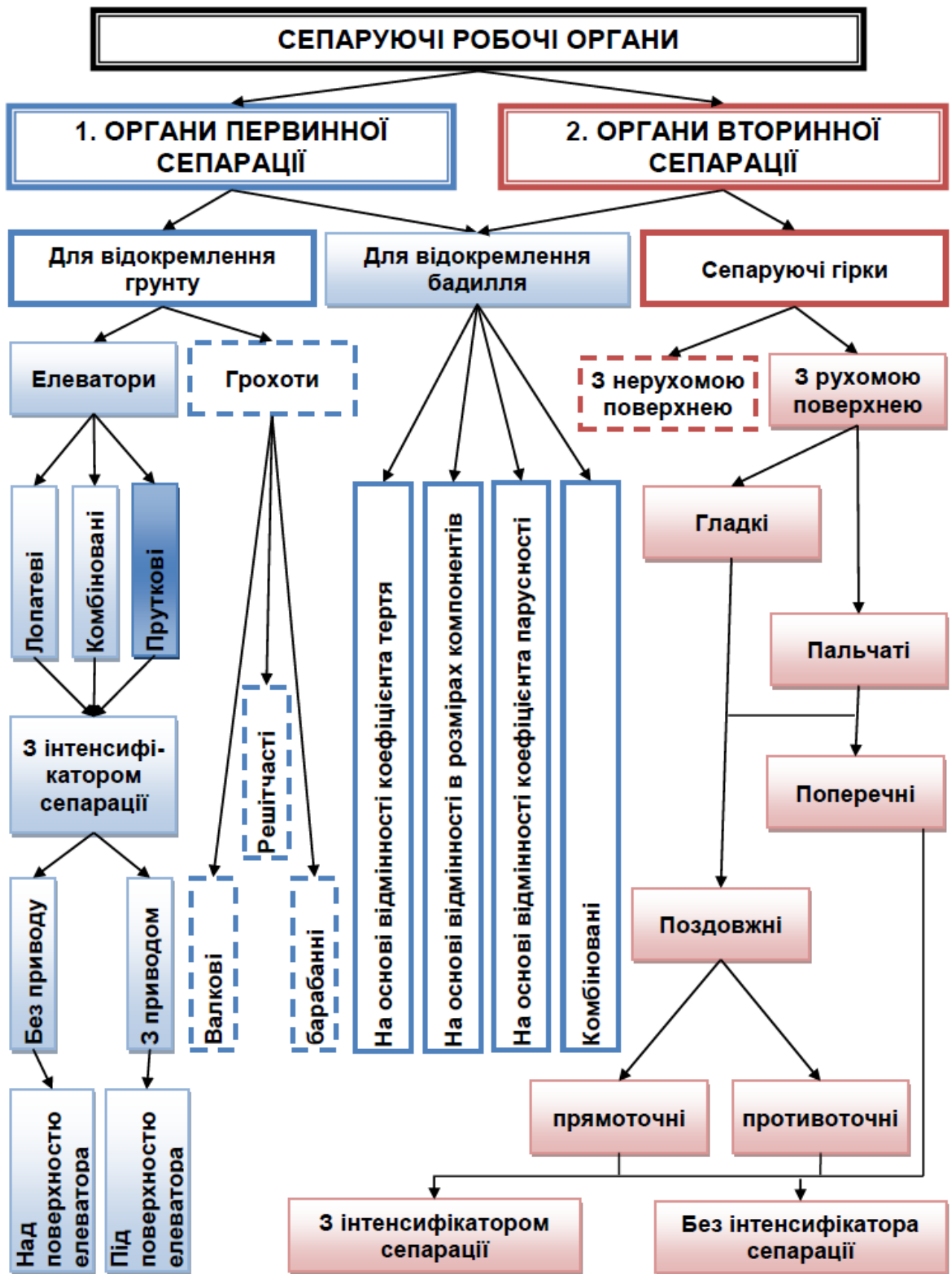
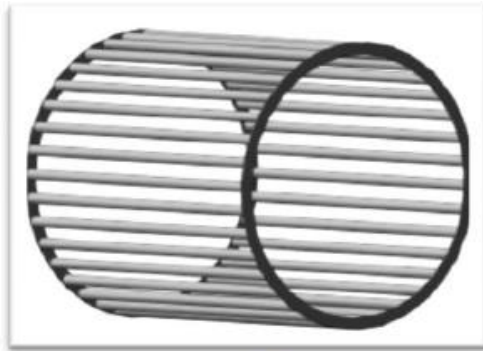


Рис. 3 – Класифікація сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин

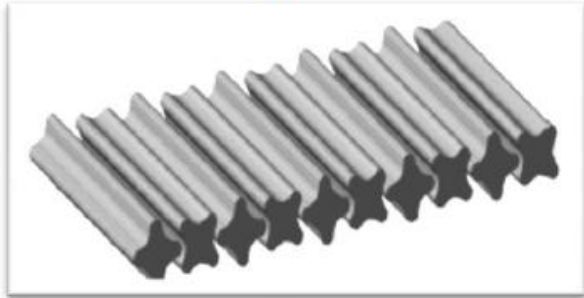
– перспективні напрямки вдосконалення робочих органів



а



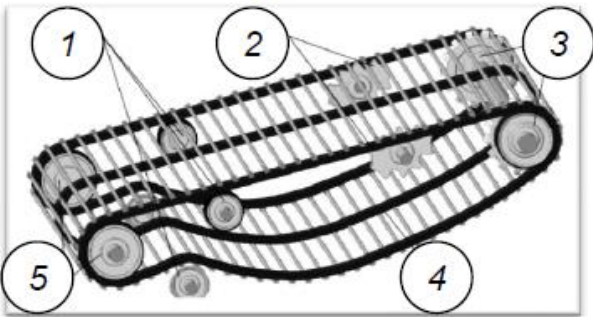
б



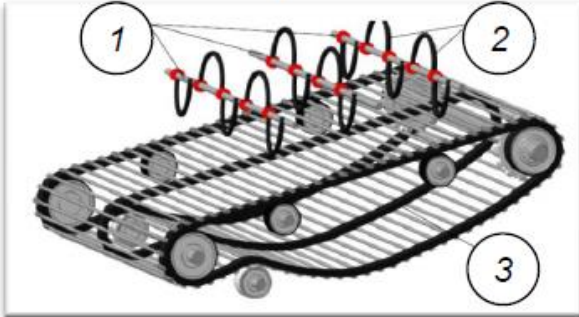
в



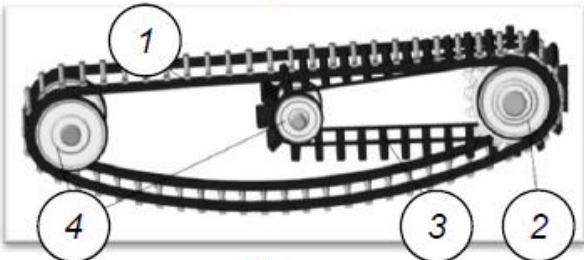
г



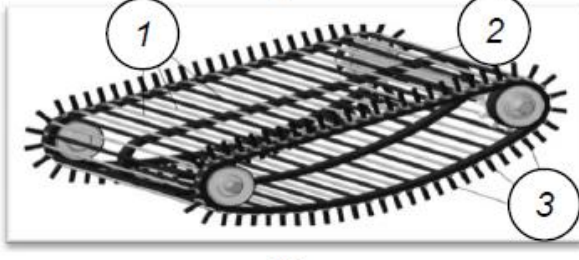
д



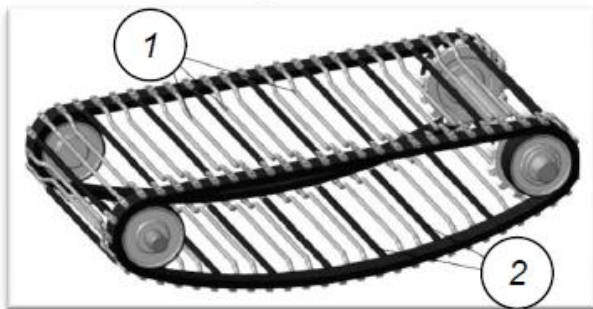
е



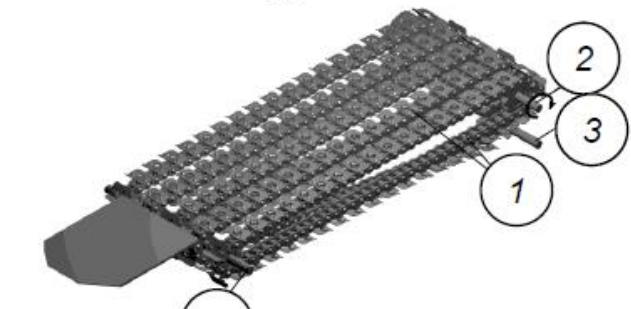
е



ж



з



и

Рис. 4 – Основні типи сепаруючих робочих органів

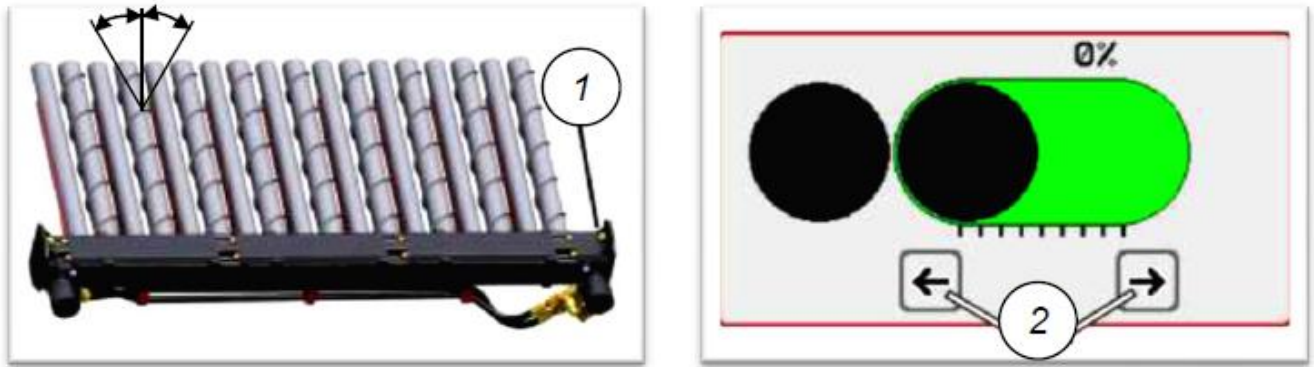


Рис. 5 – Загальний вигляд роликів сепаратор Vario «VarioSep»: 1 – редуктор роликів сепаратора; 2 – регулятор відстані між валиками за допомогою горизонтальних кнопок зі стрілками

Для того щоб при різних умовах збирання врожаю не потрібно було б реагувати заміною валиків, для узгодження сепаруючих характеристик можна регулювати відстань між валиками.

Якщо між парою валиків застрягло інородне тіло, валики автоматично реверсують. Додаткове реверсування може бути проведено вручну.

Можливі наступні варіанти ввімкнення:

- нахил усього розділового пристрою;
- автоматичний нахил розділового пристрою до горизонту (додаткове обладнання);
- регулювання числа обертів всіх валиків;
- регулювання відстані;
- реверсування.

Регулювання відстані між валиками.

Для поліпшення відділення грудок і домішок гладкі валики покроково можуть переміщатися в найвищу точку (рис. 6). При цьому також може збільшуватися відстань. За рахунок високого і відкритого положення урожай транспортується повільніше, так як він довше затримується на сепараторних валиках. Грудки і каміння розтираються або видаляються. Тому дана настройка особливо добре придатна для ґрунту з високим вмістом грудок і каміння.

За рахунок більш тривалого перебування на більшій відстані, збирається урожай і піддається більшій небезпеці втрати і пошкодження. Тому результат підкопування потрібно постійно перевіряти і проводити при низькому положенні валиків.

Відомо, що на другий і наступні елеватори надходить значно менша кількість ґрунту (основна частина відсіюється на першому елеваторі), тому для зниження ушкоджень бульб від взаємодії з прутками рекомендується використовувати різні захисні покриття [15] (рис. 7).



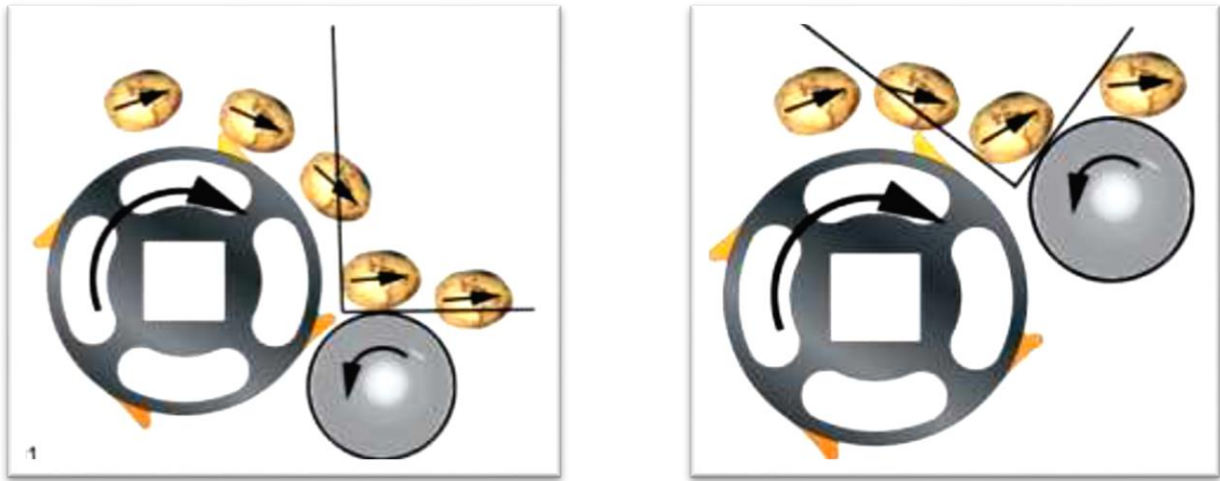


Рис. 6 – Регулювання роликового сепаратор Vario «VarioSep»

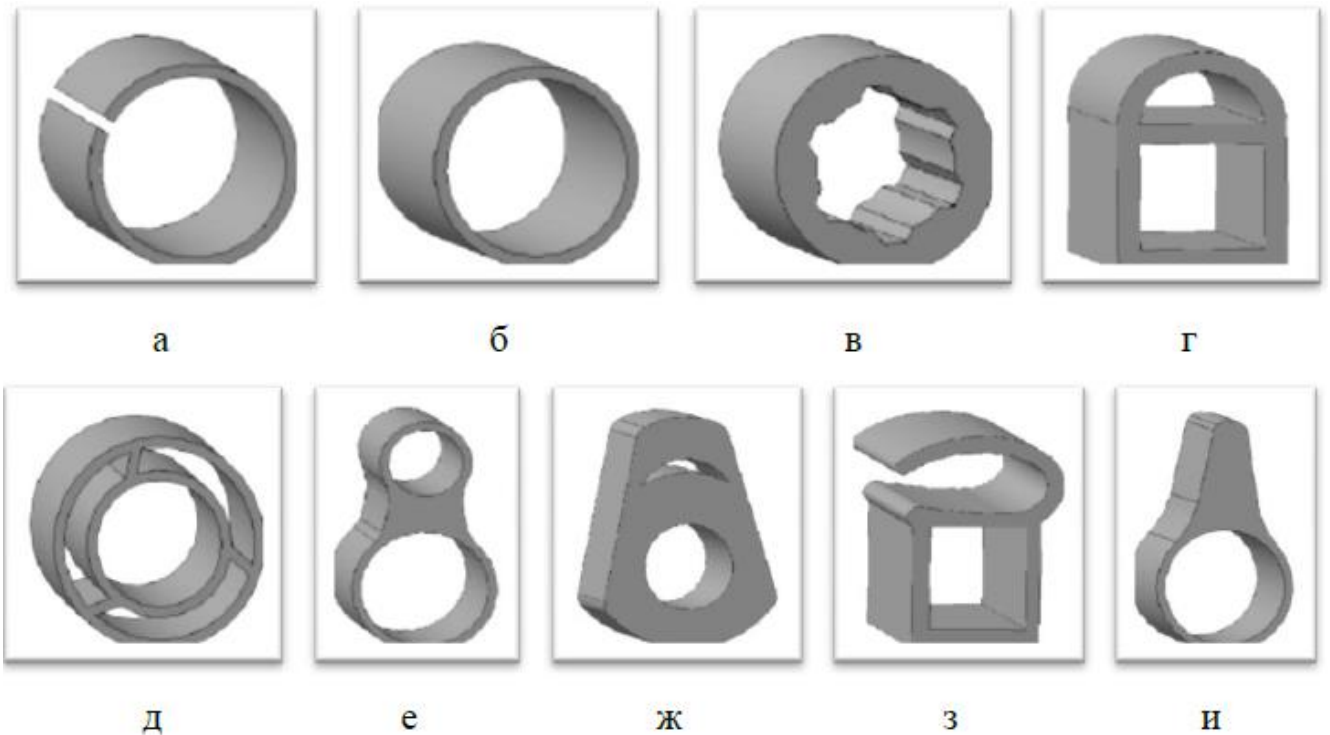


Рис. 7 – Типи профілів захисних покриттів сепаруючих пристроїв: а-в – трубки; г-ж – багатопрофільні покриття з повітряними порожнинами; з-и – покриття з гребенем

Для сепаруючих пристроїв можуть бути рекомендовані різні трубки (рис. 1.74 а-в), багатопорожнинні профілі (рис. 7, г-ж) або профілі з гнучким гребенем (рис. 7, з-и):

а) тверда поліетиленова трубка, що має розріз (щілину) по всій довжині. Використовується тільки для зменшення відстані між прутами;

б) м'яка трубка з полівінілхлориду для прутків;

в) м'яка трубка з полівінілхлориду зірчастого профілю;

г) багатопрофільне захисне покриття з повітряною камерою для спеціалізованих квадратних прутків розміром;

д)-ж) багатопрофільне покриття з повітряною камерою для круглих прутків;

з)-и) багатопрофільні захисні покриття, здатні самоочищатися при залипанні їх поверхні під час збирання картоплі на вологих глинистих ґрунтах завдяки своїй гнучкості і великим деформаціям.

Практичний досвід показує, що застосування еластичних захисних покриттів поряд зі зниженням ушкоджень бульб часто призводить до зменшення повноти сепарації ґрунту просіваючими елеваторами.

**Висновки.** У результаті вивчення і порівняльної оцінки сепаруючих робочих органів картоплезбиральних машин можна зробити наступні висновки: серед основних способів сепарації картопляного вороху можна виділити просівну і виносну. Вони на цей час найбільш поширені в картоплезбиральних машинах. З них найбільшого поширення набули пруткові сепаратори, які ефективно відділяють ґрунт при оптимальній його вологості. Але при підвищеній вологості ґрунту проходить забивання просвітів вологим ґрунтом. Тому картоплезбиральні машини, сепаруючими робочими органами яких є лише пруткові елеватори, нездатні задовільно працювати при різних умовах, а в деяких випадках робота в таких умовах може призвести до порушення технологічного процесу і отримання на виході вороху зі значним вмістом решток (особливо ґрунтових). Істотними недоліками ротаційних сепараторів, в яких частково усуваються вказані недоліки, є накручування рослинних решток на вали.

Одним із шляхів підвищення якісних показників роботи сепараторів картопляного вороху є інтенсифікація процесу просіювання шляхом використання вібруючої дії робочого елемента на ворох.

Використання в просіваючих сепараторах простого руху (обертального або поступального) не дозволяє повною мірою забезпечити рух маси вороху, який забезпечить постійне перемішування цієї маси та інтенсифікувати сепарацію.

Сепарація ґрунту залежить від механічного складу ґрунту, вологості, твердості, кінематичних показників дії робочого органу на ворох. Швидкість взаємодії робочого органу з ворохом обмежуються умовою непошкодженості бульб. Якщо швидкість взаємодії (руху) перевищує максимально допустиму швидкість, то значно зростає пошкодження бульб, що виходить за межі допустимих агрономогами.

Отже, сепаратори просіваючої дії потребують подальшого конструктивного вдосконалення, а також теоретичного та експериментального дослідження з метою підвищення якісних показників їх роботи.

Перспективним шляхом зниження пошкоджень бульб на робочому органі сепарації є впровадження в його конструкцію пружних елементів обмеження контакту картопляного вороху з пошкоджуючими поверхнями збиральних машин.

## Список використаних джерел

1. Грушецький С.М. Аналіз конструктивно-технологічних схем підкопуючих

- робочих органів коренебульбозбиральних машин / С.М. Грушецький, Л.Ю. Збаравська, І.В. Семенишена // Сучасні проблеми землеробської механіки: збірник наукових праць XVIII міжн. наук. конф. (16-18 жовтня 2017 р., м. Кам'янець-Подільський). Тернопіль : Крок, 2017. – С. 63-65.
2. Ходаківський Є.І. Виробництво та споживання картоплі / Є.І. Ходаківський, В.М. Положенець, Д.В. Чуб // Економіка АПК. – 2006, №7. – С. 109-111.
  3. Приймачук Т.Ю. Економічні аспекти розвитку ринку картоплі в Житомирській області / Т.Ю. Приймачук, Н.В. Вождай, Т.Ю. Лукашенко, А.В. Проценко // Вісник аграрної науки. – 2008, № 8. – С. 65-69.
  4. Лавров Р.В. Сучасний стан і проблеми формування ринку картоплі в Україні / Р.В. Лавров // Актуальні проблеми економіки. – 2007, № 6 (72). – С. 12-21.
  5. Бондарчук А.А. Стан картоплярства в Україні та перспективи його розвитку / А.А. Бондарчук // Вісн. аграр. науки. – 2006, № 3-4. – С. 49-50.
  6. Грушецький С.М. Інноваційна картопляна техніка – комплексне рішення задач / С.М. Грушецький // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин : Загальнодержавний міжвід. наук.-техн. зб. Під заг. ред. І.М. Черновола. – Кіровоград : КНТУ, 2009. – Вип. 39. – С. 68-81.
  7. Грушецький С.М. Тенденції розвитку машин для вирощування картоплі / С.М. Грушецький, М.М. Борис // зб. наук. праць НАУ. – Вінниця : НАУ., 2010. – № 5. – С. 154-163.
  8. Грушецький С.М. Тенденції розвитку сепаруючих робочих органів коренебульбозбиральних машин / С.М. Грушецький, С.В. Білоус, В.В. Білоус // Механіка та інформатика: Тези наукових праць. VIII Українсько-польська конференція молодих науковців, 12-14 травня 2011р., м. Хмельницький (Україна) – Хмельницький національний університет, 2011. – С. 23-24.
  9. Грушецкий С.Н. Обоснование конструкции и параметров лемешно-отвального картофелекопателя с барабанным сепаратором картофельного вороха / С.Н. Грушецкий, И.Н. Бендера // Известия Международной академии аграрного образования. – № 14' 2012 (3), Том 1 – Санкт-Петербург, – 2012. – С. 81-93.
  10. Грушецкий С.Н. Исследование и обоснование параметров лемешно-отвального картофелекопателя с барабанным сепаратором картофельного вороха / С.Н. Грушецкий, Ю.П. Фирман // MOTROL. Commission of Motorization and energetics in agriculture – 2015, Vol. 17, No.1, 17-26.
  11. Фірман Ю.П. Обґрунтування параметрів та режимів роботи стрічкового сепаратора картоплезбиральної машини: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11 / Фірман Юрій Петрович. – Львів, 2006. – 161 с.
  12. Грушецький С.М. Огляд досліджень та аналіз конструктивно-технологічних схем грудкоруйнуючих робочих органів / С.М. Грушецький // Сучасний рух науки: тези доп. V міжнародної науково-практичної інтернет-конференції журналу «WayScience», 7-8 лютого 2019 р. – Дніпро, 2019. – С. 149-154.

13. Руководство по эксплуатации Самоходного картофелеуборочного комбайна Varitron 470 Издание для Европы К6, 2013. – 450 с.
14. Руководство по эксплуатации Самоходного картофелеуборочного комбайна Tectron 415 Издание для Европы К6, 2012. – 417 с.
15. Официальный сайт поставщика запасных частей для сельскохозяйственной техники ООО «АгроТехноСервис» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.agriparts.ru](http://www.agriparts.ru).

## **Аннотация**

### **СПОСОБЫ АКТИВИЗАЦИИ СЕПАРАЦИИ КАРТОФЕЛЬНОГО ВОРОХА**

Грушецкий С.Н., Подлесный В.В.

*Украина имеет уникальный природный потенциал, позволяющий стать лидером по производству сельскохозяйственной продукции в Европе. Однако, для успешного выхода на западные рынки необходимо обеспечить прежде всего конкурентоспособность собственной продукции, что достигается при комплексной механизации технологических процессов, снижении затрат труда, увеличении урожайности и качества получаемой продукции. Рассмотрены подробно процессы, которые происходят в ворохе во время его сепарации. Изложены результаты способов активизации сепарации картофельного вороха, способы воздействия сепараторов на картофельный ворох, классификация сепарирующих рабочих органов картофелеуборочных машин, основные типы сепарирующих рабочих органов и типы профилей защитных покрытий сепарирующих устройств и перспективы снижения повреждений клубней на рабочем органе сепарации.*

## **Abstract**

### **METHODS FOR ACTIVATING THE SPARTITION OF POTATO PORES**

S. Hrushetskiy, V. Pidlisnyi

*Ukraine has a unique natural potential, which allows it to become a leader in the production of agricultural products in Europe. However, for successful entry to Western markets, it is necessary first of all to ensure the competitiveness of our own products, which is achieved with the complex mechanization of technological processes, reduction of labor costs, increase in yield and quality of the products obtained. Considered in detail the processes that occur in a pile during its separation. The results of methods for enhancing the separation of potato heaps, methods of influence of separators on potato heaps, the classification of separating working organs of potato harvesters, the main types of separating operating organs and types of protective coating profiles of separating devices and the prospects for reducing damage to tubers at the separation organ.*

**МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ З ПЕРЕХРЕСНИМ  
РУХОМ ЗЕРНА І СУШИЛЬНОГО АГЕНТА ПРИ ЙОГО  
СЕКЦІЙОВАНОМУ ВВОДІ**

**Калініченко Р.А., к.т.н., доцент**

*(ВП НУБіП України «Ніжинський агротехнічний інститут»)*

**Швидя В.О., к.т.н., с.н.с., Степаненко С.П., к.т.н., с.н.с.**

*(Національний науковий центр «ІМЕСГ»)*

**Котов Б.І., д.т.н., професор**

*(Подільський державний аграрно-технічний університет)*

*В статті розглянуто процеси тепло- і масообміну в процесі сушіння зерна у вертикальних колонках з перехресним рухом сушильного агента при його послідовній подачі в кожну секцію. Побудовано математичну модель процесу і адаптовано її в розрахункову форму модифікованої чарункової моделі повного перемішування сушильного агента і повного витиснення матеріалу в напрямку його руху.*

**Постановка проблеми.** Сушіння зерна є одним із найбільш енергоємних процесів агропромислового виробництва. За останні роки енергоресурси значно подорожчали і мають тенденцію до подальшого зростання їх вартості. Сушильний парк зерно продукуючих господарств складають метало ємні і енергоємні сушарки шахтного типу з газорозподільчими коробами продуктивністю 20-50 т/год. Більш перспективні для малих об'ємів виробництва зерна у господарствах сушарки колонкового типу продуктивністю 5-10 т/год в Україні не виробляються. Тому розробка нових і удосконалених технологій та сушильного обладнання спрямованих на зниження затрат палива і електроенергії на висушування зернових матеріалів є важливою і актуальною задачею.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Проблема визначення закономірностей тепло масообміну в процесах сушіння зернових матеріалів при конвективному підведенні теплоти і досі повністю не визначена, про що свідчить значна кількість публікацій стосовно теоретичних посилань і моделювання сушильних процесів в узагальнюючому вигляді [1-4] і для конкретних умов сушильного процесу в установках різного типу [5-9]. В роботі [2] визначено напрямки підвищення ефективності сушильних установок, серед яких – багатократне використання сушильного агента. Аналіз теоретичних посилань щодо математичного опису процесу сушіння викладено в роботах [3-5] і в яких обґрунтовані переваги сушіння зерна в щільному шарі при фільтрації сушильного агента. Питання математичного моделювання процесів сушіння в щільному шарі достатньо повно висвітлено в публікаціях [7-13]. В

узагальнюючій роботі [7] показано, що процеси тепло масообміну в рухомому шарі зерна при перехресному русі, можуть бути описані рівняннями для фільтраційного сушіння в нерухомому шарі. Для опису ускладнених процесів з перехресним рухом матеріалу і теплоносія (сушильного агента) основним інструментом моделювання є зональний метод розрахунку [9, 11, 13] на основі чарункової схеми (моделі). В роботі [11] наведено математична модель і метод розрахунку параметрів процесу сушіння в елементарному шарі, який найбільше підходить для реалізації математичної моделі при складному (позонному) русі сушильного агента. Але для дослідження нових конструктивних схем зерносушарок колонкового типу необхідно створювати математичні моделі для конкретної схеми взаємодії зерна із сушильним агентом.

**Мета роботи.** Створення і дослідження математичної моделі стаціонарного режиму роботи колонкової сушарки при подачі сушильного агента за секціями.

**Результати дослідження.** Розглядається сушіння зернового матеріалу в процесі гравітаційного переміщення між двома перфорованими поверхнями через які нормально до вектору швидкості руху матеріалу подається сушильний агент. Сушильний канал розділено на декілька зон (як мінімум дві) через які послідовно (багатократно) фільтрується сушильний агент (Рис.1).

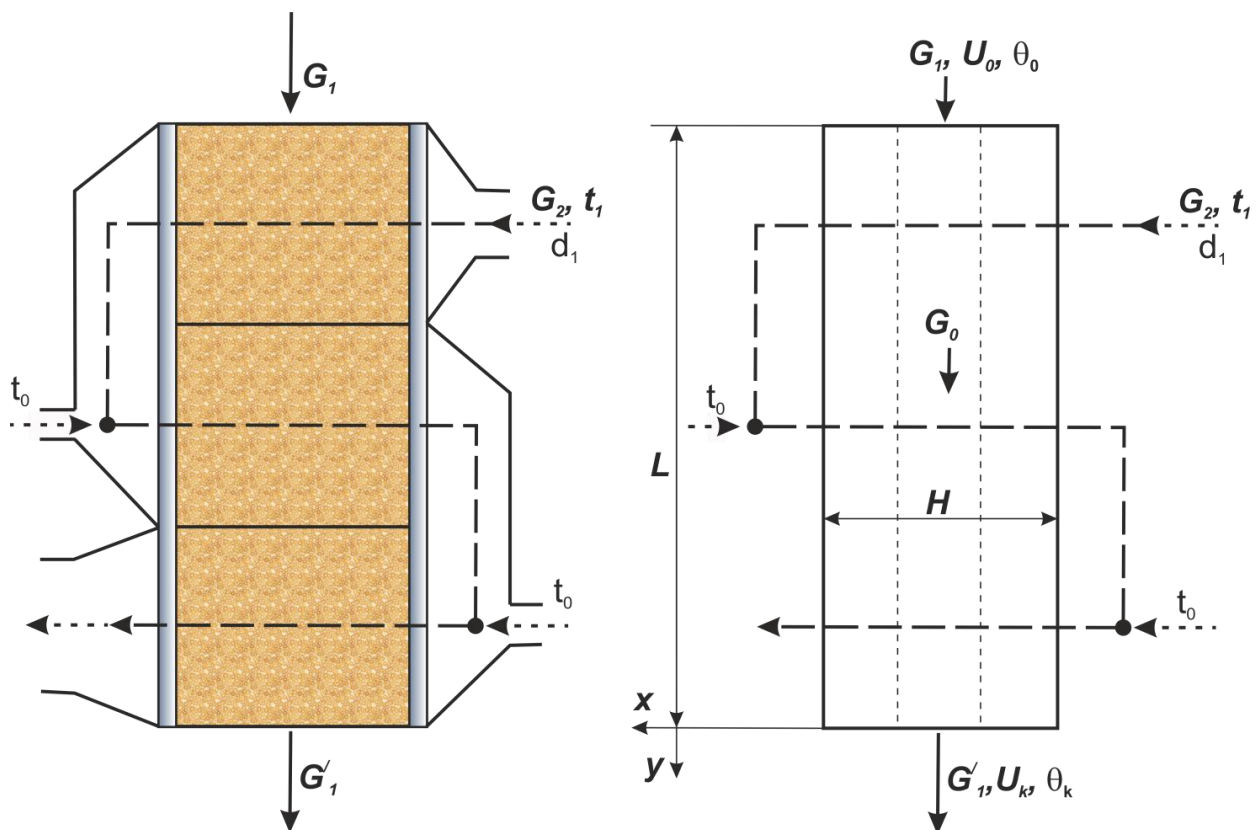


Рис.1 – Схема потоків у колонковій сушарці

Таким чином процес відбувається в перехресному режимі руху потоків.

Стационарний процес тепло-і масообміну, що реалізується за схемою протитечії може бути описано наступною системою рівнянь теплового [10] і матеріального балансу [8]:

$$\frac{\partial \theta}{\partial y} = B \cdot (t - \theta); \quad (1)$$

$$\frac{\partial t}{\partial x} = A \cdot (\theta - t); \quad (2)$$

$$-\frac{\partial U}{\partial y} = C \cdot (a_1 \theta + c_1 - b_1 d); \quad (3)$$

$$\frac{\partial d}{\partial y} = D \cdot (a_1 \theta + c_1 - b_1 d). \quad (4)$$

де:  $A = \frac{\alpha \cdot f}{C_2 G_2 H}; \quad B = \frac{\alpha \cdot f}{C_1' G_1 L}; \quad C_1' = C_1 \cdot \left(1 + \frac{1}{Rb}\right); \quad Rb = \frac{c \cdot d\theta}{r \cdot dU}; \quad C = \beta \cdot f \cdot \frac{P_A}{P \cdot G_0 \cdot L};$

$D = \beta \cdot f \cdot \frac{P_A}{P \cdot G_2 \cdot H};$   $\theta, U$  – температура і вологовміст матеріалу;  $t, d$  –

температура і вологовміст сушильного агента;  $G_1, G_0, G_2$  – масові витрати вологого і абсолютно сухого матеріалу та сушильного агента;  $C_1, C_2$  – питома теплоємність матеріалу і сушильного агента;  $r$  – питома теплота пароутворення;  $f$  – поверхня зерна;  $\alpha, \beta$  – коефіцієнти теплообміну і масообміну;  $L, H$  – висота і ширина шару зерна;  $a_1, c_1, b_1$  – коефіцієнти лінійної апроксимації залежності парціального тиску пари  $P(\theta, d)$  від параметрів матеріалу і середовища.

Оскільки, аналітичний розв'язок системи рівнянь (1-4) практично неможливий то використовуємо для подальших досліджень зональний метод [16] і чарункову форму розв'язку рівнянь, вважаючи «чарункою» елементарний шар матеріалу. За елементарний шар зерна, прийнято шар товщиною  $\Delta x$  температуру якого в напрямку руху сушильного агента можна вважати незмінною, що дорівнює середньому значенню за висотою шару  $\bar{\theta}_x$ . Використовуючи очевидні співвідношення теплового балансу:

$$G_2 C_2 (t_1 - t_2) = \alpha f (t - \bar{\theta}_x) = \alpha f \Delta T_{ln}; \quad (5)$$

і визначення коефіцієнта охолодження [11]:

$$\eta = \frac{t_1 - t_2}{t_1 - \bar{\theta}_x} = 1 - \exp\left(-\frac{\alpha f}{G_2 C_2}\right), \quad (6)$$

де:  $t_1, t_2$  – температура сушильного агента на вході і виході елементарного шару,  $\Delta T_{\text{ln}}$  – середньо логарифмічна різниця температури сушильного агента і матеріалу. Запишемо рівняння (1) для елементарного шару:

$$\frac{\partial \theta}{\partial y} = k_1 \cdot (t - \theta), \quad (7)$$

де:  $k_1 = \frac{\alpha \cdot f}{C_1' G_1 L \eta}$ .

З рівняння матеріального балансу:

$$G_2(d - d_1) = G_0(U_1 - U), \quad (8)$$

матимемо:

$$U = \frac{G_2}{G_0} d_1 + U_1 - \frac{G_2}{G_0} d, \quad (9)$$

диференціюючи по  $y$  отримаємо:

$$-\frac{dU}{dy} = \frac{G_2}{G_0} \frac{dd}{dy}. \quad (10)$$

Розв'язок рівняння (4) за граничної умови при  $\theta = \bar{\theta}_x, x=0; d=d_1$  – вологовміст сушильного агента на вході в шар:

$$d = k_4 \bar{\theta}_x + d_1 \cdot e^{-k_3 x} + k_5, \quad (11)$$

де:  $k_4 = a_1 \cdot (1 - e^{-k_3 x}); k_5 = c_1 \cdot (1 - e^{-k_3 x}); k_3 = D = \beta \cdot f \cdot \frac{P_A}{P \cdot G_2 \cdot H}$ ,

диференціюючи  $d$  за  $y$  матимемо:

$$\frac{dd}{dy} = k_4 \frac{d\bar{\theta}}{dy}. \quad (12)$$

Розв'язуючи рівняння (7) за граничної умови  $y=0; \bar{\theta}_x = \theta_0$ , отримаємо:



$$\bar{\theta}(y) = t_1 - (t_1 - \theta_0) \cdot e^{-k_1 y}, \quad (13)$$

а диференціюючи отримане рівняння за  $y$  матимемо:

$$\frac{\partial \bar{\theta}}{\partial y} = k_1 \cdot (t_1 - \theta_0) \cdot e^{-k_1 y}. \quad (14)$$

З рівняння (10), (12) і (14) визначимо рівняння кінетики сушіння елементарного шару матеріалу (розподіл вологовмісту матеріалу в напрямку руху):

$$\frac{dU}{dy} = k_1 k_4 \frac{G_2}{G_0} (t_1 - \theta_0) \cdot e^{-k_1 y}. \quad (15)$$

При певних складнощах у визначенні величин  $\beta \cdot f$ , кінетику зміни вологовмісту можна визначити з рівняння О.В.Ликова [14]:

$$\frac{dU}{dy} = k(t) \cdot (U - U_p) = \frac{k(t)}{v} \frac{dU}{dy} (U - U_p), \quad (16)$$

де:  $v$  – швидкість переміщення зерна.

Розв'язки рівнянь (15) і (16) за початкової умови:  $y=0$ ;  $U=U_0$  матимуть відповідно такий вигляд:

$$U(y) = U_0 - \frac{G_2}{G_0} k_4 (t_1 - \theta_0) (1 - \exp(-k_1 y)), \quad (17)$$

$$U(y) = U_p + (U_0 - U_p) \exp(-k(t) \cdot y) \quad (18)$$

В рівнянні (18) величина  $k(t)$  визначається залежністю отриманою за даними експериментів для елементарного шару [14]:

$$k(t) = 5,55 \cdot \left( \frac{t}{100} \right)^2 - 0,796 \frac{t}{100} \quad (19)$$

Розв'язок рівняння (2) при  $x=0$ ;  $t=t_1$ , отримаємо у вигляді:

$$t(x) = t_1 - (t_1 - \bar{\theta}) \exp(-A \cdot x); \quad (20)$$

за умови  $x=H$  рівняння (20) визначає температуру сушильного агента на виході температурного шару:

$$t_2(y) = t_1 - (t_1 - \theta(y)) \exp(-k_2); \quad (21)$$

де:  $k_2 = \frac{\alpha \cdot f}{C_2 G_2}$ , або із співвідношення (6):

$$t_2 = (1 - \eta) \cdot t_1 - \eta \cdot \bar{\theta}_0(y) \quad (22)$$

Вологовміст сушильного агента на виході із шару визначимо із рівняння (9):

$$d_2(y) = d_1 + \frac{G_0}{G_2} U_1 + \frac{G_0}{G_2} U(y). \quad (23)$$

Таким чином, математичну модель процесів тепло- і масообміну при сушінні зерна в елементарному шарі визначають рівняння (13), (21), (18) і (23), а схема розрахунків параметрів показана на рис.2.

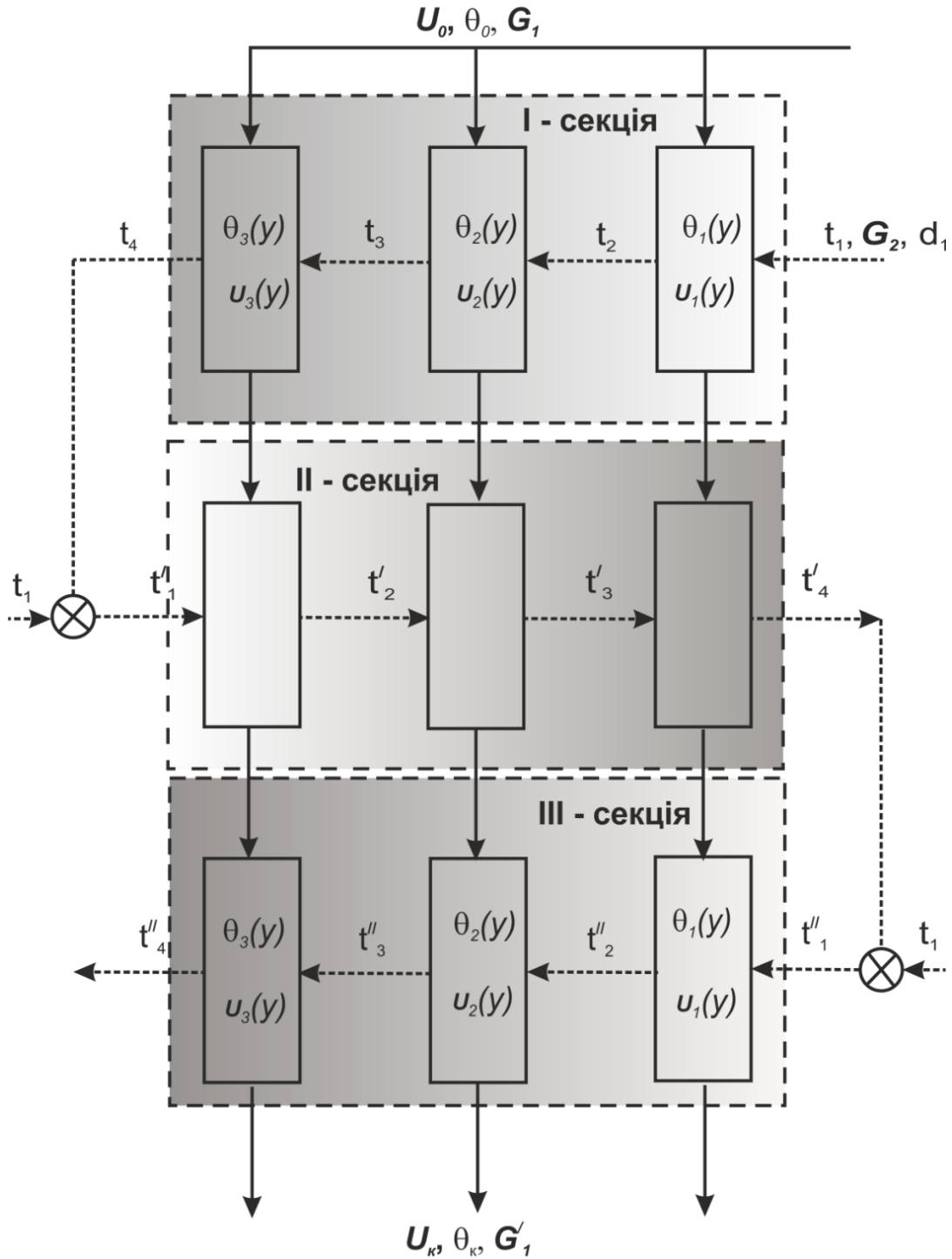


Рис.2. Схема розрахунку

Відповідно до схеми розрахунків і вихідних рівнянь в межах першої секції в напрямку руху матеріалу справедливі наступні розрахункові формули:

$$\begin{aligned} \theta_1(y) &= t_1 - (t_1 - \theta_0) \cdot e^{-k_1 y}; \\ t_2(y) &= \theta_1 + (t_1 - \theta_1(y)) \exp(-k_2); \\ U_1(y) &= U_p + (U_0 - U_p) \exp(-k_3(t_1(y)) \cdot y); \\ d_2(y) &= d_1 + R \cdot U_0 - R \cdot U_1(y); \quad R = \frac{G_2}{G_0}. \end{aligned} \quad (24)$$

Для другого шару першої секції:

$$\begin{aligned} \theta_2(y) &= t_2(y) - (t_2(y) - \theta_0) \cdot e^{-k_1 y}; \\ t_3(y) &= \theta_2(y) + (t_2(y) - \theta_2(y)) \exp(-k_2); \\ U_2(y) &= U_p + (U_0 - U_p) \exp(-k_3(t_2(y)) \cdot y); \\ d_3(y) &= d_2(y) + R \cdot U_0 - R \cdot U_2(y). \end{aligned} \quad (25)$$

Для третього шару першої секції:

$$\begin{aligned} \theta_3(y) &= t_1 - (t_1 - \theta_0) \cdot e^{-k_1 y}; \\ t_4(y) &= \theta_3(y) + (t_3(y) - \theta_3(y)) \exp(-k_2); \\ U_3(y) &= U_p + (U_0 - U_p) \exp(-k_3(t_4(y)) \cdot y); \\ d_4(y) &= d_3(y) + R \cdot U_0 - R \cdot U_3(y); \end{aligned} \quad (26)$$

і т.д.

При розрахунку другої зони сушіння вихідні дані визначаються в такому порядку: Визначається середньо інтегральна температура на виході останнього шару:

$$\bar{t}_5(y) = \frac{1}{L} \int_0^L (\theta_5(y) + (t_4(y) - \theta_5(y)) \cdot e^{-k_2}) dy \text{ і вологовміст } \bar{d}.$$

Визначаються параметри зерна на виході зони для кожного шару:

$$\theta_4(L), U_4(L), \text{ при } y=L.$$

Визначені значення  $\bar{t}(y), \bar{d}(y), \theta_4(L), U_4(L)$  дорівнюють вхідним значенням початкових умов в другій зоні сушіння:

$$\theta_4(L) = \theta'_0; \quad U_4(L) = U'_0; \quad t'_1 = \bar{t}_5(y); \quad d'_1 = \bar{d}_5(y)$$

Результати розрахунків за розробленим і наведеним математичним апаратом представлені на рис.3,4.

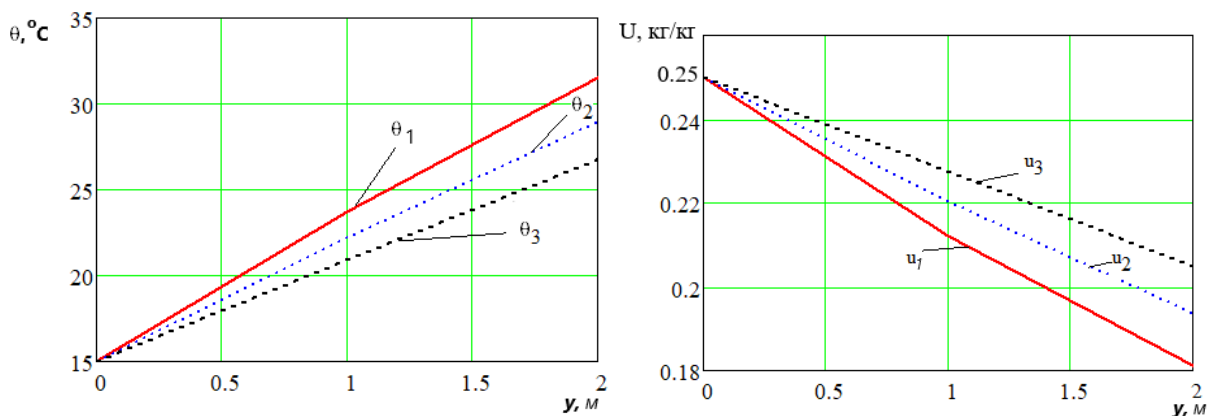


Рис.3. Кінетики зміни температури і вологовмісту зерноматеріалу в I-секції сушарки

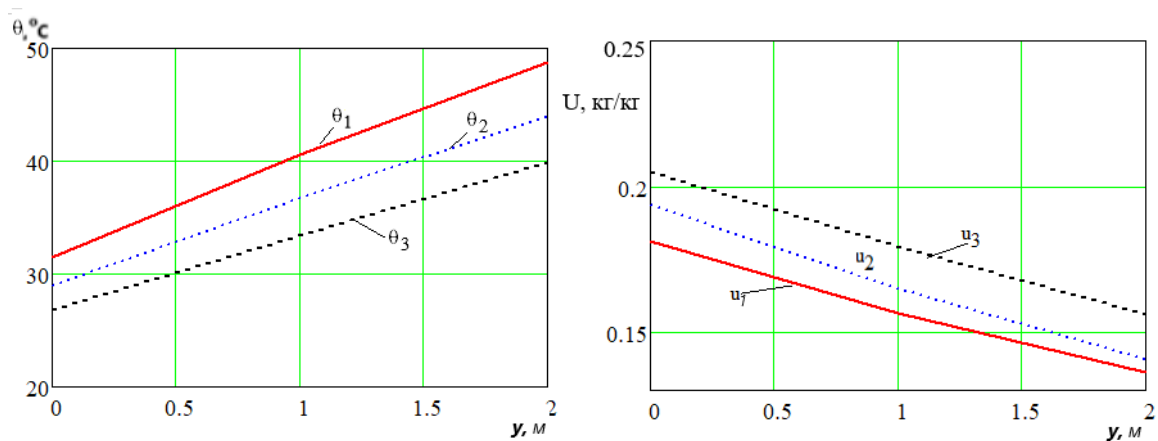


Рис.4. Кінетики зміни температури і вологовмісту зерноматеріалу в II-секції сушарки

### Висновки.

1. В результаті проведених теоретичних досліджень розроблений математичний апарат для опису стаціонарних процесів конвективного тепломасообміну дисперсного матеріалу при перехресному русі матеріалу і сушильного агента.

2. На основі модифікованої чарункової моделі отримані прості математичні залежності розподілу параметрів матеріалу та сушильного агента в щільному рухомому шарі в напрямках руху перехресних потоків. Визначені формули дозволяють проводити розрахунки режимів діючих установок конвеєрного, колонкового типів при секційованому вводі сушильного агента.

### Список використаних джерел

1. Дідух В.Ф. Підвищення ефективності сушіння сільськогосподарських рослинних матеріалів/ В.Ф.Дідух. Монографія.–Луцьк. ЛДТУ. –2002. –165с.
2. Сорочинский В.Ф. Снижение затрат при конвективной сушке зерна/ В.Ф.Сорочинский // Наукові праці ОНАХТ. Одеса. –2010. –Вип.38.Т.1.–С.79-82.
3. Бурдо О.Г. Эволюция сушильных установок /О.Г.Бурдо. Одеса: Полиграф, 2010.–368с.
4. Гапонюк І.І. Науково-технічні основи високопродуктивних інноваційних технологій післязбиральної обробки зерна / І.І.Гапонюк. Автореф. дис. докт. техн. наук. –К., 2012. –38с.
5. Матківська І.Я. Механізм і кінетичні закономірності фільтраційного сушіння зерна пшениці /І.Я.Матківська. Автореф. дис. канд. техн. наук. Львів, 2015. –20с.
6. Степанов М.Т. Математическое имитационное моделирование зерносушилок как основа разработки систем управления/М.Т.Степанов, М.А.Еремин, П.А.Вернидубов // Автоматизація технологічних і бізнес процесів. –2014. –№3. –С.16-21.
7. Фролов В.Ф. Моделирование сушки дисперсных материалов. Л.: Химия, 1987. –208с.
8. Котов Б.І. Моделювання технологічних процесів в типових об'єктах післязбиральної обробки і зберігання зерна (сепарація, сушіння, активне вентильовання, охолодження)/ Б.І.Котов, Р.А.Калініченко, С.П.Степаненко, В.О.Швидя, В.О.Лісецький – Ніжин: Видавець ПП Лисенко М.М., 2017.– 552 с.

9. Кірчук Р.В. Теоретичні передумови моделювання процесу сушіння дисперсних рослинних матеріалів /Р.В.Кірчук // Сільськогосподарські машини. Луцьк. –2017. Вип.37.– С.47-56.
10. Котов Б.І. Моделювання режимів сушіння дисперсних матеріалів в безперервних сушарках колонкового типу /Б.І.Котов., Р.А.Калініченко, А.В.Спірін // Технічний сервіс агропромислового, лісового та транспортного комплексу. Харків.: ХТУСГ.–2016.–№6.–С.63-68.
11. Загоруйко В.А. Моделирование и метод расчета кинетики процесса сушки зернистых материалов /В.А.Загоруйко, Ю.И.Кривошеев, А.В.Соколовская // Промышленная теплотехника. К., 1982. Т.2.№2. С.81-89.
12. Котов Б. І. Математична модель охолодження вологого зерна у вентильованих бункерах з радіальним розподіленням повітря / Б. І. Котов, В.О. Грищенко // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. - 2017. - Вип. 47(1). - С. 132-139.
13. Станкевич Г.Н. Обоснование параметров колонковых сушилок для семян подсолнечника / Г.Н.Станкевич, Л.К.Овсянникова, О.Ю.Веселовская и др.// Наукові праці ОДАХТ. Одеса, 2002. Вип.24. С.9-14.
14. Методические рекомендации по математическому моделированию процесса сушки и охлаждения зерна в установках плотного слоя / А.В.Демин, Ю.В.Есаков., И.Я.Мильман, Т.А.Ананьева. –М.Виесх, 1977. –42с.

#### **Аннотация**

### **МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ ПРОЦЕССА СУШКИ С ПЕРЕКРЕСТНЫМ ДВИЖЕНИЕМ ЗЕРНА И СУШИЛЬНОГО АГЕНТА ПРИ ЕГО СЕКЦИОННОМ ВВОДЕ**

Калиниченко Р.А., Швыдья В.А., Степаненко С.П., Котов Б.И.

*В статье рассмотрены процессы тепло- и массообмена в процессе сушки зерна в вертикальных колонках с перекрестным движением сушильного агента при его последовательной подаче в каждую секцию. Построена математическая модель процесса и адаптировано ее в расчетную форму модифицированной ячеистой модели полного перемешивания сушильного агента и полного вытеснения материала в направлении его движения.*

#### **Abstract**

### **MATHEMATICAL MODEL OF THE DRYING PROCESS WITH THE CROSS-MOTION OF GRAIN AND DRYING AGENT AT ITS SECTIONAL INPUT**

Kalinichenko R.A., Shvydyia V.A., Stepanenko S.P., Kotov B.I.

*The article discusses the processes of heat and mass transfer in the process of drying the grain in vertical columns with the cross-motion of the drying agent when it is sequentially supplied to each section. A mathematical model of the process was constructed and adapted to the calculated form of a modified cellular model of complete mixing of the drying agent and complete displacement of the material in the direction of its movement.*

# МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ РАДІАЦІЙНО-КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ НАСІННЯ У ЛОТКОВІЙ ВІБРАЦІЙНІЙ УСТАНОВЦІ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ (З КОНТУРОМ ЦИРКУЛЯЦІЇ МАТЕРІАЛУ)

**Бандура В.М., к.т.н., професор**

*(Вінницький національний аграрний університет)*

**Котов Б.І., д.т.н., професор**

*(Подільський державний аграрно-технічний університет)*

**Грищенко В.О., к.т.н.**

*(Національний університет біоресурсів і природокористування України)*

*Сушіння насінневого матеріалу є обов'язковою операцією післязбиральної обробки. Оскільки об'єми матеріалу які відрізняються сортовими ознаками, досить невеликі, то для їх висушування застосовують сушарки періодичної дії. При зневодненні олійного насінневого матеріалу набувають зростаючого попиту процеси інфрачервоного сушіння. Процес сушіння насінневого матеріалу, який відрізняється високою термочутливістю, як правило досить повільний і супроводжується суттєвим споживанням енергії. Одним із напрямків підвищення енергетичної ефективності процесу є застосування віброзрідженого шару матеріалу при періодично імпульсному опроміненні. В роботі розглянути теоретичні посилання ІЧ-сушіння, запропоновано математичний опис, у вигляді системи нелінійних диференціальних рівнянь і спрощені розрахункові залежності.*

***Ключові слова.** Інфрачервоне випромінювання, сушіння, насінневий матеріал, математичне моделювання, імпульсний нагрів, вібраційне перемішування.*

**Постановка проблеми.** Сушіння насіння у сільськогосподарському виробництві пов'язане з вирішенням двох проблем: по-перше висока якість насіння забезпечує збільшення урожаю зернових культур, а по друге – сушіння є одним із найбільш енергоємних процесів в галузі виробництва зерна, і суттєво впливає на енергетичний баланс господарств. Тому вибір способу і технічних засобів для сушіння насінневого матеріалу треба враховувати при розгляді питання, щодо раціонального використання енергетичних ресурсів зернопродукуючих господарств.

В останні роки значно підвищився попит на використання інфрачервоного випромінювання (ІЧВ) для термічної обробки насінневого матеріалу. Однак висока енергоємність процесу ІЧ-опромінювання, при зростаючих цінах на електроенергію висуває завдання визначення раціональних режимів сушіння насінневих матеріалів. Перспективним напрямком підвищення ефективності

процесу і зниження енергозатрат є використання імпульсного режиму підведення енергії ІЧВ. Найбільш ефективно такий режим може бути реалізовано у вібросушарках лоткового і контейнерного типу за рахунок утворення віброзваженого та вихорного руху дисперсного середовища, таким чином, що усі частинки в процесі перемішування періодично опромінювались ІЧВ. При цьому сушительний агент не виконує задачі підведення енергії (тобто теплоносія). Його функція поглинання і видалення вологи, що значно зменшує втрати теплоти з відпрацьованим сушительним агентом. Для визначення раціональних режимів (кінематичних і тепловологісних) їх кількісної оцінки необхідно мати математичний опис процесу сушіння імпульсно-періодичним опроміненням і формули для розрахунку параметрів процесу.

**Аналіз досліджень і публікацій.** Питання технологічної ефективності сушіння рослинної сировини та інших харчових продуктів ІЧ-випромінювання та методи розрахунку сушительних установок детально висвітлені в узагальнюючих роботах [1-3]. Показано, що інтенсивна дія ІЧВ на поверхневий шар оброблюємого матеріалу створює проблему його перегріву та нерівномірності температурного поля [5, 6]. Аналіз літературних джерел [5-9] дозволив зробити висновок, що одним з перспективних методів інтенсифікації процесу сушіння термочутливих матеріалів ІЧВ є використання імпульсного (осцилюючого) режиму опромінення. Це дозволяє не тільки уникнути перегріву але й наблизити джерела ІЧВ до рухомого шару матеріалу [10, 12]. Розрахунок процесу сушіння з використанням ІЧВ базується на розв'язанні диференціальних рівнянь нагріву і зневоднення матеріалу які враховують фазові перетворення і відповідну зміну маси матеріалу. При сушінні високовологого матеріалу ІЧВ – виникає потреба одночасного видалення вологи, що випаровується з поверхні матеріалу, що інтенсифікує зовнішній тепломасообмін. Тому при проектуванні сушарок необхідно знати зміну основних параметрів процесу: температури і вологовмісту як матеріалу так і фільтруємого крізь шар матеріалу газу (повітря). Для кількісної оцінки ефективності процесу необхідно мати повну математичну модель і розрахункові формули для ідентифікації параметрів моделі.

**Мета досліджень** – складання математичної моделі нестационарного тепломасообміну в процесі сушіння ІЧВ і отримання розрахункових формул.

**Результати досліджень.** Для сушіння невеликих об'ємів насінневого матеріалу найбільш доцільно використовувати сушарки періодичної дії, лоткового або контейнерного типу з вібраційним переміщенням і перемішуванням матеріалу.

При накладанні вібрацій на шар дисперсного зернового матеріалу в прямокутному або U-подібному жолобі, рух матеріалу набуває циркуляційних характер; віброзріджений матеріал циркулює і «віброзваженому» шарі, частинки якого рухаються по замкненій траєкторії підіймаючись на поверхню шару і опускаючись донизу. На поверхні шару частинки опромінюються джерелом ІЧВ і акумулюючи променеву енергію, занурюються в глибину шару де її температура за рахунок випаровування вологи перерозподіляється вирівнюючи

температурне поле. Таким чином в процесі циркуляції шару частинки опромінюються періодично, з періодом, що визначається кінематичними параметрами вібрацій. Для видалення вологи, яка з'являється на поверхні, циркулюючий шар обробляється потоком повітря, який нагрівається від джерела ІЧВ фільтрується крізь віброзріджений шар в радіальному напрямку. Відпрацьоване повітря, насичене вологою видаляється через колектор розміщений в центрі циркуляційного шару зерна.

Розглянемо один із можливих варіантів реалізації процесу сушіння у віброзрідженому шарі лоткової сушарки (з U образним контейнером) при осцилюючому режимі (Рис. 1). Оскільки при сушінні термочутливих параметрів досить важливим є встановлення залежності між температурою матеріалу і часом протікання процесу, то варіант періодичного режиму дозволяє найбільш просто і повно визначити та ідентифікувати параметри процесу і матеріалу.

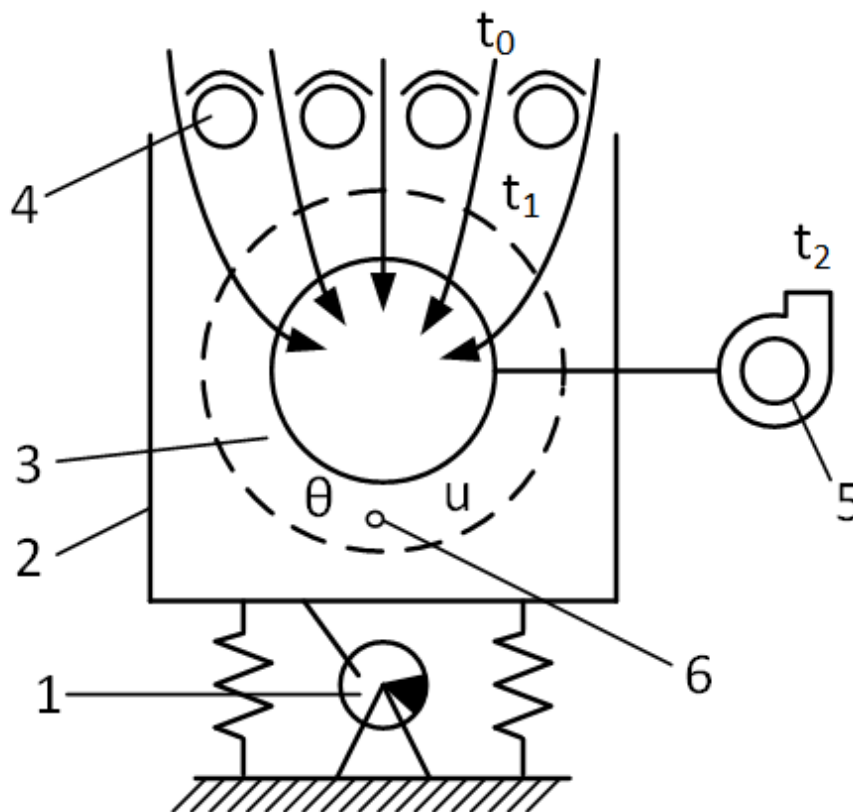


Рис. 1 – Розрахункова схема вібросушарки: 1 – віброзбудник; 2 – корпус; 3 – колектор; 4 – ІЧВ; 5 – вентилятор; 6 – матеріал.

Таким чином розглядається періодичний процес радіаційно-конвективного сушіння з переривчастим (періодично-імпульсним) ІЧВ.

При складанні математичної моделі і аналізу процесу сушіння в апараті періодичної дії використаємо наступні спрощуючі припущення:

- градієнт температури і вологовмісту в окремій частині відсутній;
- матеріал монодисперсний;
- перемішування частинок в віброзрідженому шарі ідеальне;



- теплофізичні властивості матеріалу і повітря в часі не змінюються;  
 - усі види теплообміну (конвективний, радіаційний, кондуктивний) враховуються відповідними коефіцієнтами теплообміну.

Математична модель процесу сушіння побудована на основі балансових співвідношень для періодичного режиму при радіаційному і конвективному підведенні енергії і представлена у вигляді наступних диференціальних рівнянь.

Збереження енергії для інфрачервоного джерела випромінювання:

$$P(\tau) = m_v c_v \frac{\partial \theta_v}{\partial \tau} + \sigma \varepsilon'_{np} 10^{-8} (T_v^4 - T_z^4) F_v + ; \quad (1)$$

$$+ \alpha'_v F_v (\theta_v - t_{oc}) + \alpha_k F_v (\theta_v - t)$$

інтегральне рівняння теплообміну:

$$m_z c_z (u) \frac{\partial \theta}{\partial \tau} + m_0 r \frac{\partial u}{\partial \tau} + \sigma \varepsilon''_{np} 10^{-8} (T_z^4 - T_{oc}^4) = \sigma \varepsilon_{np} A_\lambda 10^{-8} (T_v^4 - T_z^4) + ; \quad (2)$$

$$+ \alpha_{ef} F_k (\theta - \theta_k)$$

теплового балансу для повітря:

$$m_n c_n \frac{\partial t}{\partial \tau} + G_n c_p h \frac{\partial t}{\partial x} = \alpha_k f (\theta - t) + \alpha_k F_v (\theta_v - t); \quad (3)$$

кінетики сушіння:

$$- \frac{\partial \bar{u}}{\partial \tau} = k(\theta) (\bar{u} - u_p); \quad (4)$$

матеріального балансу для вологи в повітрі:

$$m_n \frac{\partial d}{\partial \tau} + G_n h \frac{\partial d}{\partial x} = -m_0 \frac{\partial u}{\partial \tau}; \quad (5)$$

теплового балансу для стінки корпусу:

$$m_k c_k \frac{\partial \theta_k}{\partial \tau} = \alpha_{ef} F_{kv} (\theta - \theta_k) - \alpha_k F_{ko} (\theta_k - t_{ac}); \quad (6)$$

де:  $T_v = \theta_v + 273$ ;  $T_z = \theta + 273$ ;  $T_{oc} = t_{oc} + 273$ ;  $k(\theta) = a_m(\theta) \left( R^2 \left( \frac{1}{5} + \frac{1}{Bi_m} \right) \right)^{-1}$ ;  
 $Bi_m = \frac{\alpha R}{a_m} = Nu_m \frac{D_n}{a_m} = 2 + 0.51 Re^{0.52} Pr_m^{0.33}$ ;  $Re = \frac{vR}{\nu}$ ;  $Pr_m = \frac{\nu}{a}$ ;  $\alpha'_v = \alpha_v + \alpha_k$ ;  $P(\tau)$  –  
 потужність випромінювача;  $\theta_v, \theta, t, \theta_k, t_{oc}$  – температура випромінювача,  
 зернового матеріалу, повітря в камері, стінки, корпусу, оточуючого  
 середовища;  $u, d$  – вологовміст матеріалу і повітря;  $\sigma, \varepsilon_{np}$  – стала Стефана-  
 Больцмана, приведена випромінювальна здатність;  $m_o, m_n, m_v$  – маса сухого  
 матеріалу, повітря в камері, випромінювача;  $c_z, c_p, c_v, c_k$  – питома  
 теплоємність зерна, повітря, випромінювача, корпусу;  $F_v, F'_v, f_z, F_k$  –  
 поверхня випромінювання, випромінювача, зерна, стінок корпусу;  
 $r$  – питома теплота пароутворення;  $G_n$  – масові витрати повітря;  
 $h$  – товщина рухомого шару матеріалу;  $\alpha'_v, \alpha_k, \alpha_{ef}$  – коефіцієнт теплообміну  
 випромінюванням, конвекцією, ефективний коефіцієнт кондуктивного  
 теплообміну;  $k(\theta)$  – коефіцієнт сушіння;  $a(u)$  – коефіцієнт масопровідності;  
 $R$  – радіус частинки;  $Bi_m$  – критерій Біо масообмінний;  $Nu_m$  – критерій  
 Нусельта масообмінний;  $Re$  – критерій Рейнольдса;  $Pr_m$  – масообмінний  
 критерій Прандтля;  $\beta$  – коефіцієнт масообміну;  $\nu$  – кінематична в'язкість  
 повітря;  $v$  – швидкість повітря;  $D_n$  – коефіцієнт дифузії вологи в повітрі.

Отримана математична модель являє систему нелінійних диференціальних рівнянь в частинних похідних, які описують кінетику процесу сушіння зернового матеріалу у віброзріджено-вихровому шарі при радіаційно-конвективному підведенні теплової енергії.

Незважаючи на замкненість отриманої системи рівнянь її розв'язок суттєво утруднений навіть при використанні ЕОМ, так як, до диференціальних рівнянь входять коефіцієнти і безрозмірні комплекси значення яких можна визначити тільки експериментально.

Для ідентифікації параметрів математичної моделі бажано мати аналітичні залежності, отримані з вихідної системи рівнянь (1–6) при додаткових спрощеннях на основі таких посилань:

радіаційні складові в рівняннях (1) і (2) можна лінеаризувати використовуючи [2] лінійний коефіцієнт радіаційного теплообміну:

$$\sigma \varepsilon_{np} 10^{-8} (T_1^4 - T_2^4) = \alpha_i (\theta_1 - \theta_2);$$

де:  $\alpha = \sigma^* (T_1 + T_2)(T_1^2 + T_2^2)$ ;  $\sigma^*$  – приведений коефіцієнт випромінювання;

враховуючи, що шар зерна (віброзріджений) має невелику «товщину» (до 0.05 м) градієнт температури повітря можна виразити через кінцеву різницю температури на вході і виході шару:

$$\frac{\partial t}{\partial x} \approx \frac{\Delta t}{\Delta x} \approx \frac{t_1 - t_2}{h},$$

аналогічно для вологовмісту повітря:

$$\frac{\partial d}{\partial x} \approx \frac{\Delta d}{\Delta x} \approx \frac{d_1 - d_2}{h},$$

при розігрітому випромінювачі в рівнянні (1) похідна  $\frac{\partial \theta_v}{\partial \tau} = 0$ .

Втрати теплоти в оточуюче середовище (включаючи елементи конструкції сушарки можна врахувати коефіцієнтом корисної дії джерела енергопостачання установки, при попередньому розігріві установки перед завантаженням матеріалу.

Після відповідних перетворень, з врахуванням зроблених припущень і заміною похідної  $\partial u / \partial \tau$  (відповідно до критерію Ребіндера  $Rb = \frac{c}{r} \frac{\partial u}{\partial \tau}$ ) на величину  $-\frac{\partial u}{\partial \tau} = \frac{\bar{c}}{r} \frac{\partial \bar{\theta}}{\partial \tau}$ , замість системи рівнянь (1–6) отримуємо спрощену систему рівнянь відповідно до кількості невідомих (шуканих) величин:

$$T_1 \frac{d\theta}{d\tau} + a_1 \theta - b_1(\tau) = t_2; \quad (7)$$

$$T_2 \frac{dt_2}{d\tau} + a_2 t_2 - b_2 = \theta; \quad (8)$$

$$-\frac{du}{d\tau} = k(Bi_m)(a_3 \theta + b_3)(u - u_p); \quad (9)$$

$$m_n \frac{dd_2}{d\tau} = G_n(d_1 - d_2) + m_o k(Bi_m)(a_3 \theta + b_3)(u - u_p); \quad (10)$$

де:  $T_1 = 2 \frac{m_o c_t}{\alpha'_v f'_z} \left(1 + \frac{1}{Rb}\right); \quad a_1 = 2; \quad b_1(\tau) = 2 \frac{AE(\tau) \eta F_v}{\alpha'_v f'_z} + t_1; \quad t_1 = c_o P + c_1 t_o - c_2 \theta_v;$

$$c_0 = \frac{1}{G_n c_p - 0.5 \alpha F}; \quad c_1 = 0.5 \alpha F + G_n c_p; \quad c_2 = c_0 \alpha F; \quad T_2 = \frac{m_n c_p}{\alpha'_v f'_z}; \quad a_2 = \frac{G_n c_p + 0.5 \alpha'_v f'_z}{\alpha'_v f'_z};$$

$$b_2 = \frac{G_n c_p - 0.5 \alpha'_v f'_z}{\alpha'_v f'_z}; \quad k(Bi_m) = \left( R^2 \left( \frac{1}{5} + \frac{1}{Bi_m} \right) \right)^{-1}; \quad a_3, b_3 - \text{сталі коефіцієнти лінійної апроксимації функції } a_m(\theta).$$

Зводячи рівняння (7) і (8) до одного отримуємо розв'язок для змінних параметрів  $\theta(\tau)$  і  $t_2(\tau)$  (далі  $t(\tau)$ ):

$$A \frac{d^2 \theta}{d\tau^2} + B \frac{d\theta}{d\tau} + C \theta = D_1, \quad (11)$$

$$A \frac{d^2 t}{d\tau^2} + B \frac{dt}{d\tau} + C\theta = D_2, \quad (12)$$

де:  $A = T_1 T_2$ ;  $B = a_1 T_2 + a_2 T_1$ ;  $C = a_1 a_2 - 1$ ;  $D_1 = b_1(\tau) + a_1 b_2$ ;  $D_2 = a_2 b_1(\tau) + b_2$ .

При безперервному ІЧ-опроміненні віброкипячого шару при фільтрації повітря крізь шар матеріалу, коли можна вважати, що кожна частинка (при високочастотному осцилюванні) рівномірно опромінюється джерелом з величиною густини опромінення  $E(\tau)$  (енергетична освітленість) буде величиною сталою  $E = E_{\max} = const$  і розв'язок рівняння (11) за початкових умов:  $\tau = 0, \theta = \theta_0$  набуває вигляду:

$$\theta(\tau) = \frac{\theta_0 C - D_1}{C(r_1 - r_2)} (r_1 e^{r_2 \tau} - r_2 e^{r_1 \tau}) + \frac{D_1(\tau)}{C}; \quad (13)$$

де:  $r_{1,2} = \frac{-B \pm \sqrt{B^2 - 4AC}}{2A}$  – корені характеристичного рівняння.

Аналітичний розв'язок має рівняння (11) (при  $\tau = 0, t = t_1$ ):  
З рівняння (13) і (4) матимемо рівняння кінетики сушіння:

$$\frac{u - u_1}{u - u_p} = \exp \left( -k(Bi_m) \left( \left( b_3 + \frac{D_1}{C} \right) \tau + k_t \left( \frac{r_1}{r_2} e^{r_2 \tau} - \frac{r_2}{r_1} e^{r_1 \tau} \right) \right) \right), \quad (14)$$

де:  $k_t = \frac{\theta_0 C - D_1}{C(r_1 - r_2)}$ .

При наявності в контейнері циркуляційно-вихорного руху частинок, які опромінюються періодично з періодом  $T$  залежність  $E(\tau)$  можна прийняти прямокутною у вигляді прямокутних хвиль і представлена відомим розкладенням в ряд Фур'є:

$$E(\tau) = E + \frac{4}{\pi} E_{\max} \sum_{n=1}^{\infty} \frac{\sin(2n-1)\omega\tau}{2n-1}, \quad (15)$$

де:  $\omega = \frac{2\pi}{T}$  – частота циркуляції матеріалу в контейнері.

Розв'язок рівняння (12) при періодичній зміні  $E(\tau)$  за законом (15) отримано в роботах у вигляді ряду, має дуже громіздкий вигляд, утруднюючи подальший аналіз процесу сушіння.

Для практичних оцінок процесу є можливим представити «прямокутну» функцію  $E(\tau)$  наближеною косінусоїдальною залежністю:

$$E(\tau) = E_m(1 + \cos \omega\tau), \quad (18)$$

де:  $E_m$  – діюча величина енергетичної освітленості.

Величину  $D_1(\tau)$  з урахуванням (17) запишемо так:

$$D_1(\tau) = k_1 + B_1 \cos(\omega\tau), \quad (17)$$

де:  $k_1 = a_1 b_1 + t_1 + B$ ;  $B_1 = \frac{2A_\lambda F_v E}{\alpha'_v f'_z}$ .

Розв'язок рівняння (12) з урахуванням (17) при  $\tau = 0, \theta = \theta_0, E = E_m$  після відповідних перетворень можна записати у вигляді:

$$\theta(\tau) = C_1 e^{r_1 \tau} + C_2 e^{r_2 \tau} + \frac{k_1}{C} + \frac{B_1}{a^2 + b^2} (b \sin \omega\tau - a \cos \omega\tau), \quad (18)$$

де:  $a = A\omega^2 - C$ ;  $b = B\omega$ ;  $C_1 = \frac{r_2}{r_2 - r_1} \left( \theta_0 + \frac{k_1}{C} + \frac{B_1}{a^2 + b^2} \left( a - \frac{b\omega}{r_2} \right) \right)$ ;  
 $C_2 = \frac{r_1}{r_1 - r_2} \left( \theta_0 - \frac{k_1}{C} + \frac{B_1}{a^2 + b^2} \left( a - \frac{b\omega}{r_1} \right) \right)$ .

Підставляючи отриману залежність зміни температури матеріалу (18) в рівняння (9) після поділу змінних та інтегрування в межах від  $u_1$  до  $u$  і від  $\tau = 0$  до  $\tau$ ; після перетворень матимемо:

$$u(\tau) = u_p + (u_1 - u_p) \exp \left[ -k(Bi_m) \left( \begin{aligned} & \left( b_3 + a_3 \frac{k_1}{C} \tau + a_3 \left( \frac{C_1}{r_1} e^{r_1 \tau} + \frac{C_2}{r_2} e^{r_2 \tau} \right) - \right) \\ & - \frac{B_1}{\omega(a^2 + b^2)} (b \cos \omega\tau - a \sin \omega\tau) \end{aligned} \right) \right]. \quad (19)$$

Отримані рівняння (18) і (19) описують процеси зміни температури і вологовмісту матеріалу при сушінні радіаційно-конвективним теплопідведенням із змінною в часі потужністю джерела ІЧВ.

На рис. 2–3 наведено графічні залежності зміни температури і вологовмісту матеріалу за даними розрахунків і експериментів [7, 10].

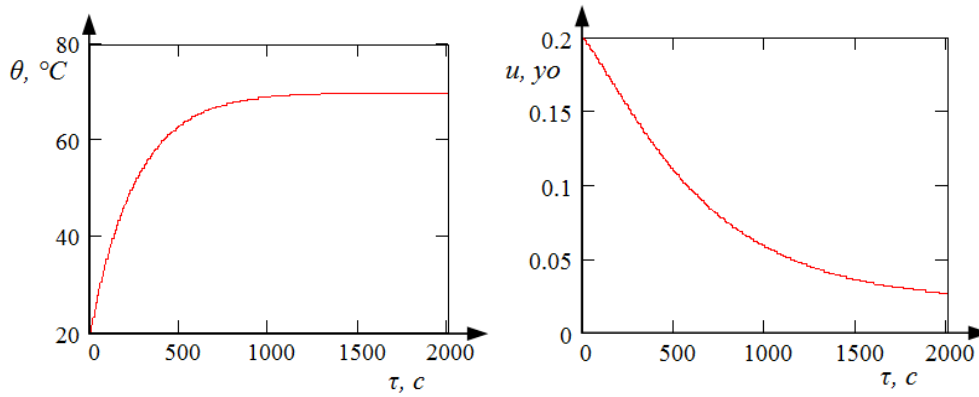


Рис. 2 – Зміна параметрів процесу при безпервному опроміненні.

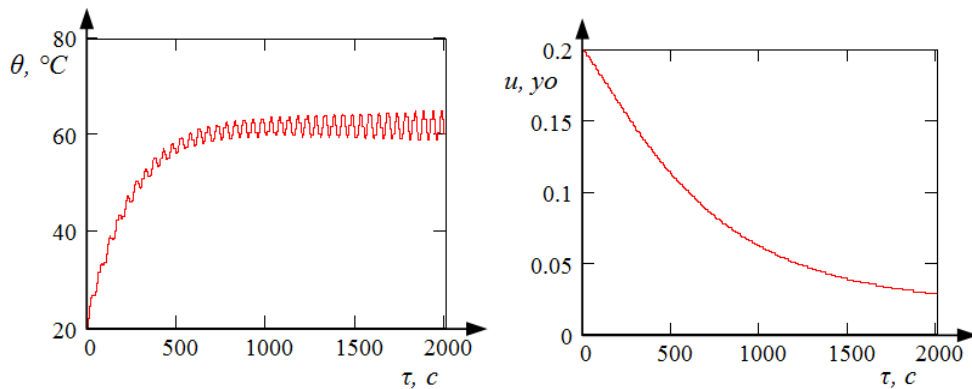


Рис. 3 – Зміна параметрів процесу при імпульсному опроміненні.

### Висновки:

1. Отримана замкнена математична модель процесу сушіння насіння радіаційно-конвективним підведенням енергії для періодичної вібросушарки.
2. Визначено аналітичні залежності зміни параметрів процесу сушіння в часі при періодичному ІЧ-опроміненні.

### Список використаних джерел

1. Лыков А. В. Теория сушки. Москва: Энергия, 1968. 472 с.
2. Гинзбург А. С. Расчет и проектирование сушильных установок пищевой промышленности. Москва: Агропромиздат, 1985. 336 с.
3. Беляев М. И., Пахомов П. Л. Теоретические основы комбинированных способов тепловой обработки пищевых продуктов: монография. Харьков: ХИОП, 1991. 160 с.
4. Лебедев Д. П., Голубкович А. В. Установка для сушки зерна в тонком падающем слое при радиационно-конвективном энергоподводе. Наукові праці ОНАХТ, 2007. Вип. 3(2). С.112–115.
5. Гольдман В. Л., Дадамухомедов Т. С. Комбинированный метод сушки семян

- овощебахчевых культур в вихревом потоке с применением ИК-излучения // Научно-технический бюллетень ВИЭСХ, 1984. Вып. 3. С.69–72.
6. Проничев С. А. Импульсная инфракрасная сушка семенного зерна. Автореф. дис. канд. техн. наук. Москва. 2007. 22
  7. Bandura, V. M., Tsurkan, O. V., Palamarchuk, V. I. (2015). Eksperymentalnoe yssledovanye tekhnolohycheskykh parametrov protsessa ynfrakrasnoi sushky dvyzhushchegosia shara siria maslychnikh kultur. MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture, 17 (4), 211–214.
  8. Овчинников С. А. Исследование терморadiационной сушки сыпучих материалов в виброкипящем слое. / Автореф. Дис. канд. техн. наук. Л, 1979. 20 с.
  9. Бандура В. М., Друкованый М. Ф., Зозуляк И. А. Обоснование конструкции вибрационной сушилки для подсолнечника // Харчова наука і технологія. 2012. № 3. С. 91–94.
  10. Обґрунтування параметрів сушіння зерна соняшника у вібраційних машинах з U-видним контейнером: автореф. дис. ... канд. техн. наук : 05.18.12 / Зозуляк І. А.; Вінниц. нац. аграр. ун-т. Вінниця, 2015. 22 с.
  11. Рудобашта С. П., Проничев С. А. Осциллирующая инфракрасная сушка семенного зерна // Сборник научных трудов ОНАПТ. 2006. Вып.29. С.25–30.
  12. Котов Б. І., Кіфяк В. В., Калініченко Р. А. Математична модель динамічних режимів електротермічної установки для обробки зерноматеріалів імпульсними потоками інфрачервоного випромінювання // Вісник ХНТУСГ. 2014. Вип. 152. С.181–191.
  13. Бомко А. С. Исследование процессов сушки зерна в потоке методами математического моделирования. Автореферат дис. на соиск. учен, степени канд. техн. наук. Одесса, 1971. 31 с.

## Abstract

### **MODELLING AND CALCULATION OF THE PROCESS OF RADIATION AND CONVECTIVE DRYING OF SEEDS IN TRAY VIBRATION INSTALLATION OF PERIODIC ACTION**

Bandura V.M., Kotov B.I., Hryshchenko V.O.

*The drying of the seed material is a mandatory post-harvest treatment. Since the volumes of the material, which differ in varietal characteristics, are rather small, then drying periodic action is used for their drying. With dehydration of oilseed material, the growing demand for processes of infrared drying. The process of drying seed*

*material, which is characterized by high temperature sensitivity, is usually rather slow and accompanied by significant energy consumption. One of the directions of increasing the energy efficiency of the process is the use of a vibrational material layer during periodically impulsive irradiation. In this paper we consider theoretical references of IR drying, a mathematical description is proposed, in the form of a system of nonlinear differential equations, and simplified calculation dependencies.*

**Keywords:** *Infrared radiation, drying, seed material, mathematical modeling, pulsed heating, vibration mixing.*

## **Аннотация**

### **МОДЕЛИРОВАНИЕ И РАСЧЕТ ПРОЦЕССА РАДИАЦИОННО-КОНВЕКТИВНОЙ СУШКИ СЕМЯН В ЛОТКОВОЙ ВИБРАЦИОННОЙ УСТАНОВКЕ ПЕРИОДИЧЕСКОГО ДЕЙСТВИЯ (З КОНТУРОМ ЦИРКУЛЯЦИИ МАТЕРИАЛА)**

Бандура В.М., Котов Б.И., Грищенко В.О.

*Сушка семенного материала является обязательной операцией послеуборочной обработки. Поскольку объемы материала которые отличаются сортовыми признаками, достаточно небольшие, то для их высушивания применяют сушилки периодического действия. При обезвоживании масляной семенного материала приобретают растущего спроса процессы инфракрасной сушки. Процесс сушки семенного материала, который отличается высокой Термочувствительность, как правило достаточно медленный и сопровождается существенным потреблением энергии. Одним из направлений повышения энергетической эффективности процесса является применение виброзридженого слоя материала при периодически импульсном облучении. В работе рассмотреть теоретические посылки ИК-сушки, предложено математическое описание в виде системы нелинейных дифференциальных уравнений и упрощенные расчетные зависимости.*

**Ключевые слова.** *Инфракрасное излучение, сушки, семенной материал, математическое моделирование, импульсный нагрев, вибрационное перемешивание.*



## ВИРОЩУВАННЯ КОРМОВИХ КУЛЬТУР В СУМІСНИХ ПОСІВАХ

**Мельник В.І., д.т.н., професор, Пастухов В.І., д.т.н., професор,  
Циганенко М.О., к.т.н. доцент, Анікеєв О.І., к.т.н., доцент,  
Романашенко О.А., доцент, Качанов В.В., інженер**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

*У статті представлені результати досліджень в 2018 році роботи дослідного зразка спеціалізованої 8-ми рядкової пневматичної сівалки для сумісних посівів кормових культур. Ця сівалка була створена в результаті плідної сумісної праці науковців ХНТУСГ та спеціалістів ПАТ «Ельворті». Дослідження роботи сівалки проводилися в державних дослідних господарствах Північного Сходу Національної академії аграрних наук України в 2017 році в господарстві «Кутузівка» Харківського району, Харківської області, а в 2018 році в с. Сад Сумського району, Сумської області. Необхідність дворічних досліджень диктувалася новизною конструкції сівалки, відсутністю аналогів в Україні. Для проведення досліджень була розроблена програма і методика, які передбачали визначення показників якості роботи сівалки, впливу на врожайність силосної маси з сумісних посівів, а також вплив силосу з сумісних посівів на продуктивність корів.*

*При дослідженні роботи розробленої сівалки траплялися відмови та недоліки запропонованої конструкції, які будуть основою для подальшого удосконалення сівалки.*

*Галузь рослинництва в сільськогосподарському виробництві має важливе значення як для задоволення потреб населення у продуктах харчування та сировини для переробних підприємств так і для виготовлення кормів в галузі тваринництва.*

*Ефективність та продуктивність тваринництва в основному залежить від рівня забезпеченості його достатньою кількістю та якістю кормів. Це відноситься як до відгодівлі тварин і особливо для продуктивності молочного стада корів.*

**Ключові слова:** сумісний посів, кукурудза, соя, агрегат, урожайність, силос.

Як відомо існує значна кількість різноманітних технологій вирощування кормових культур. Особливе місце серед цих технологій займають сумісні посіви, тобто такі при яких на одному полі висівається одночасно декілька кормових культур [1]. При вирощуванні сумісних культур ефективно використовують земельні площі та одержуються якісні по своєму складу корми. Особливо ефективними в якісному відношенні є сумісні посіви зернових та

бобових культур, так як при цьому відбувається збагачення ґрунту азотом, що утворюється на коренях бобових.

В різні періоди в Україні були проведені широкі дослідження [1...7] по визначенню ефективності сумісних посівів, які показували, що найбільш ефективними, як по врожайності, так і по якості кормів, особливо по виходу протеїну та білка, є сумісні посіви кукурудзи та сої. Особливо це стосується сівби коли кукурудза та соя висіваються в одному рядку. Але здійснювати такі посіви до теперішнього часу було складно, через відсутність в Україні спеціалізованої сівалки для такої сівби. Та завдяки співпраці науковців ХНТУСГ та розробників ПАО «Ельворті» в короткі строки був розроблений та виготовлений дослідний зразок пневматичної 8-ми рядкової сівалки для сумісних посівів кормових культур «Vega-8 Profi». Дослідний зразок сівалки оригінальної конструкції оснащений здвоєними висіваючими апаратами, які дозволяють висівати насіння кукурудзи та сої в одному рядку із зміщенням на 47 мм одне від одного.

Новизна конструкції сівалки потребувала детальних досліджень роботи цієї сівалки, що проводились відповідно до спеціально розробленої програми та методики. Програма та методика передбачала визначення показників якості сівби, впливу сумісного посіву кукурудзи та сої на врожайність силосної маси, а також впливу силосу з сумісних посівів на продуктивність корів та приріст ваги при відгодівлі молодняка.

Дослідження проводились в умовах дослідних господарств Північного Сходу Національної академії аграрних наук України: в 2017 році в господарстві «Кутузівська» Харківського району Харківської області [2], а в 2018 році в с. Сад Сумського району Сумської області.

В 2018 році дослідження дослідного зразка сівалки проводилось на різних полях загальною площею 120 га. Характеристика насіння кукурудзи та сої, які висівались при дослідженнях сівалки представлені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристика насіння кукурудзи та сої, що висівались при сумісних посівах сівалкою «Vega-8 Profi»

Найменування показників	Значення показників	
	кукурудза	соя
Сорт	Любава	Хуторяночка
Вага 1000 насінин, г	200,0	100,0
Лабораторна схожість, %	88,0	89,0
Рекомендована норма висіву: шт/п.м. тис. шт/га	6,8 85,7-100,0	18,0 257,140

Аналіз даних таблиці показує, що насіння сумісних культур мало досить високу лабораторну схожість 88-89%, що передбачало відповідну польову схожість.

Передпосівний обробіток ґрунту під сівбу сумісних культур кукурудзи та сої сівалкою Vega-8 Profi проводився агрегатом в складі трактора Т-150К та двох

культиваторів КПС-4. Стан поля в цей період і показники якості передпосівного обробітку представлені в таблиці 2.

Таблиця 2 – Показники вологості і твердості ґрунту та якості передпосівного обробітку поля при дослідженнях роботи дослідного зразка сівалки для сумісних посівів в 2018 році

Найменування показників	Одиниці вимірів	Значення показників
Вологість ґрунту в шарах:		
0-5 см	%	22,9
5-10 см		25,6
10-15 см		26,7
Твердість ґрунту в шарах:		
0-5 см	мПа	0,95
5-10 см		1,06
10-15 см		1,4
Глибина передпосівного обробітку:		
середня	см	6,3
мінімальна		4,0
максимальна		14,0

Як свідчить аналіз даних таблиці вологість ґрунту в шарі 0-15 см складала 22,9-26,7 %, твердість ґрунту – 0,95-1,4 мПа, що є характерним для цього періоду. Середня глибина обробітку складала 6,3 см і була близькою до оптимальної (4,5 см) для глибини загортання насіння кукурудзи та сої. Але рівномірність глибини передпосівного обробітку була незадовільною, про що свідчить значна різниця між мінімальною глибиною – 4,0 см та максимальною – 14,0 см. Ця нерівномірність передпосівного обробітку, що є характерною для культиваторів КПС-4 в подальшому може вплинути на польову схожість насіння як кукурудзи так і сої.

Сівба дослідним зразком сівалки «Vega-8 Profi» проводилась в агрегаті з трактором «Білорус» 1221.2 (рис. 1).



Рис. 1 - Агрегат для сумісних посівів кукурудзи та сої в складі трактора «Білорус» 1221.2. та сівалки «Vega-8 Profi»

Слід зазначити, що при дослідженнях роботи сівалки, крім сумісних посівів проводились так звані «одиначні» посіви. Необхідність таких посівів була викликана тим, що при дослідженнях в 2017 році [2] спостерігалась невідповідність норми висіву насіння, особливо кукурудзи та досить низька польова схожість. Було висловлено припущення, що однією з причин цього є недостатній рівень вакууму в висіваючих апаратах саме для насіння кукурудзи, через складну їх геометричну форму. Це припущення підтверджувалось при дослідженнях в 2018 році через незаповненість висіваючого диску насінням кукурудзи (рис. 2) та показниками системи, що представлені в таблиці 3.

Таблиця 3 – Показники якості роботи сівалки «Vega-8 Profi»

Найменування показників	Одиниці вимірів	Значення показників	
		Сумісні показники	«Одиначні посіви»
Дата посівів		8.05.-11.05.2018	8.05-12.05.2018
Встановлена норма висіву: кукурудзи сої	шт/п.м.	10,5 18,0	10,5 18,0
Робоча швидкість посівного агрегату	км/год	8,5-9,0	8,5-9,0
Глибина загортання насіння: кукурудзи $\bar{X}$ $\delta$ $V$ сої $\bar{X}$ $\delta$ $V$	см $\pm$ см % см $\pm$ см %	6,5 $\pm$ 2,18 33,5 6,6 $\pm$ 2,8 40,0	5,8 1,18 20,0 6,6 0,64 20,0
Густота насадження сходів: кукурудза соя	шт/п.м	4,2 14,8	8,2 15,0
Польова схожість: кукурудза соя	%	40,0 82,0	75,0 82,0
Розподіл рослин в рядку: кукурудзи $\bar{X}$ $\delta$ $V$ сої $\bar{X}$ $\delta$ $V$	см $\pm$ см % см $\pm$ см %	24,5 19,0 77,0 7,44 4,68 91,4	13,3 7,8 58,6 7,75 4,29 55,3

Аналіз даних таблиці 3 показує, що глибина загортання насіння кукурудзи і сої як на сумісних так і одиначних посівах була практична однаковою 5,8-6,6 см і

була близькою до оптимальної – 4,5 см. Розбіжність глибини загортання була, як наслідок нерівномірного передпосівного обробітку, що свідчить значення середньоквадратичного відхилення ( $\pm 2,18-1,18$  см) при оптимальному  $\pm 1,0$  см.

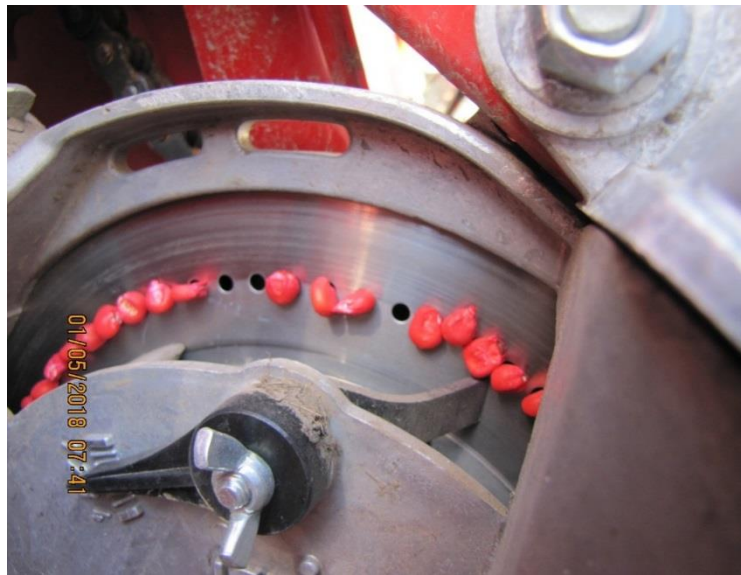


Рис. 2 – Незаповненість насінням кукурудзи висіваючого диску

Система електронного контролю якості сівби свідчить про наявність при сівбі до 20% пропусків та двійників саме насіння кукурудзи. За даними бортового комп'ютера побудована гістограма (рис. 3).

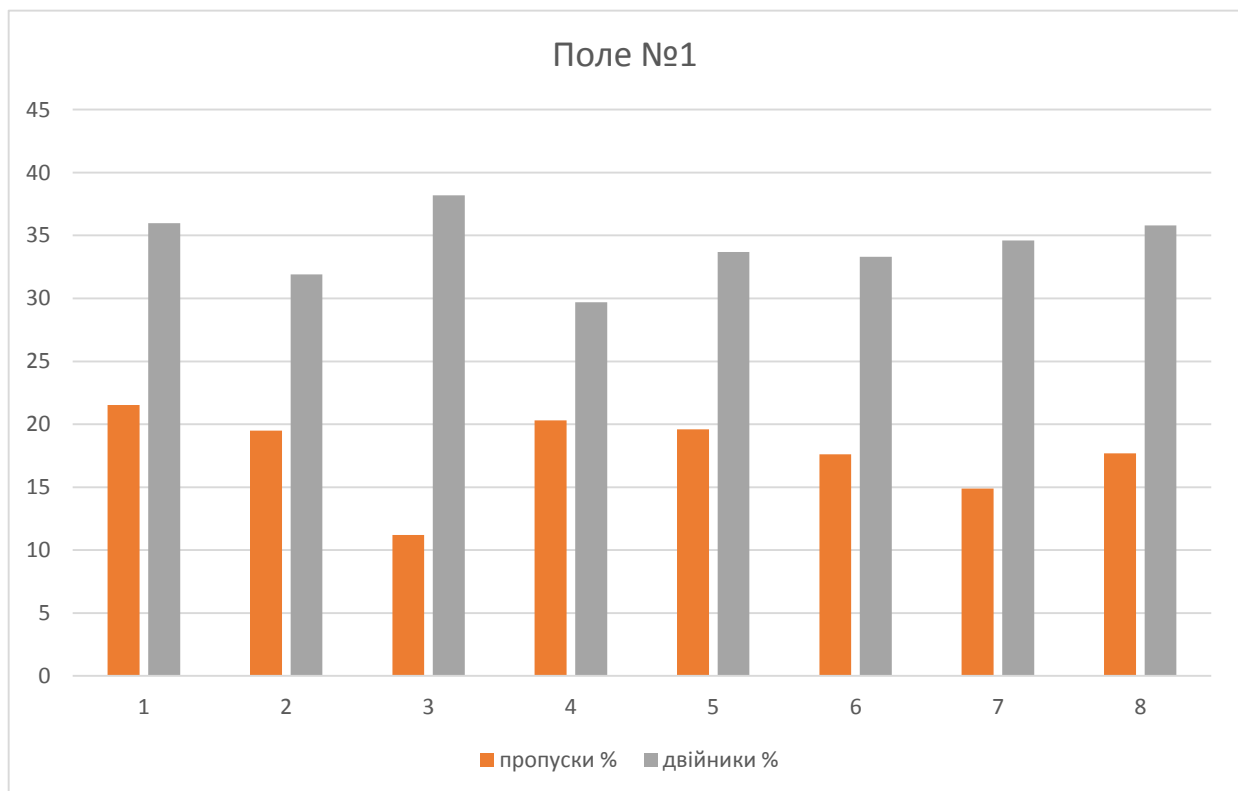


Рис. 3 – Пропуски та двійники насіння кукурудзи

«Одиночні» посіви проводились при всіх однакових умовах з сумісними, різниця склалася в тому, що вакуум в першому випадку спрямовувався тільки в висіваючі апарати кукурудзи, а трубопровід в висіваючий апарат сої при цьому перекрився. В другому випадку перекривався трубопровід в висіваючий апарат кукурудзи.

Густота насадження на сумісних посівах кукурудзи складала 4,2 шт/п.м., що різко відрізнялось від встановленої норми – 10,5 шт/п.м. відповідно до цього була досить низька польова схожість – 40%. При цьому польова схожість сої було досить високою – 82%. На «одиночних» посівах густота сходів склала – 8,2 шт/п.м. тобто майже в 2 рази вищою, що підтвердило припущення про недостатній рівень вакууму в висіваючому апараті кукурудзи.

При підвищенні кількості сходів на одиночних посівах покращилась і розподіл рослин як кукурудзи так і сої про, що свідчить зміна коефіцієнту варіації від 77 до 58,6% кукурудзи, та від 91,4 до 55,3% для сої.

Кінцевим заключним показником якості сумісних посівів є біологічна врожайність силосної маси з сумісних і «одиночних» посівів. Показники врожайності представлені в таблиці 4.

Таблиця 4 – Біологічна врожайність силосної маси на сумісних посівах кукурудзи та сої в 2018 році

Найменування показників	Одиниці вимірів	Значення показників				
		Сумісні посіви		Одиночні посіви		Контроль
		Поле №1	Поле №2	Поле №1	Поле №2	
1	2	3	4	5	6	7
Врожайність силосної маси						
-середня	т/га	56,8±3,8	36,6±6,1	59,6±7,3	42,2±2,0	45,07±3,8
-мінімальна	т/га	42,1	24,2	50,7	22,8	35,7
-максимальна		75,4	41,11	74,6	17,3	55,0
в т.ч. початків,	т/га	20,7	17,0	24,7	18,3	19,8
-сої	т/га	7,4	0,7	25,0	-	-
Густота насадження перед збиранням						
-кукурудзи	шт/п.м	4,9	4,8	6,6	5,1	7,7
-сої	тис.шт/га	69,9	68,6	94,3	72,8	109,9

Як свідчить аналіз даних таблиці врожайність силосної маси з сумісних посівів буда на 30% вищою ніж на контролі де висівалась тільки кукурудза і становила 56,8 т/га проти 45,0 т/га на контролі.

Слід зазначити, що врожайність на контролі досить висока – 45 т/га була досягнута за рахунок значно більшої густоти в порівнянні з густотою на сумісних посівах. Тобто сумісні посіви мали б ще більшу перевагу перед контролем при рівності густоти насадження кукурудзи. Про це свідчать дані про врожайність кукурудзи на «одиночних» посівах де густота була вищою ніж на сумісних, а врожайність практично однаковою з сумісними посівами.

Відповідно до програми досліджень визначався вплив силосної маси з

сумісних посівів на продуктивність молочного стада корів, а також на приріст ваги при відгодівлі телиць. Порівнянні дані на основі господарського обліку про продуктивність корів при годівлі їх тільки силосом кукурудзи в 2017 році та при годівлі силосом з сумісних посівів в 2018 році представлені на рисунку 4.

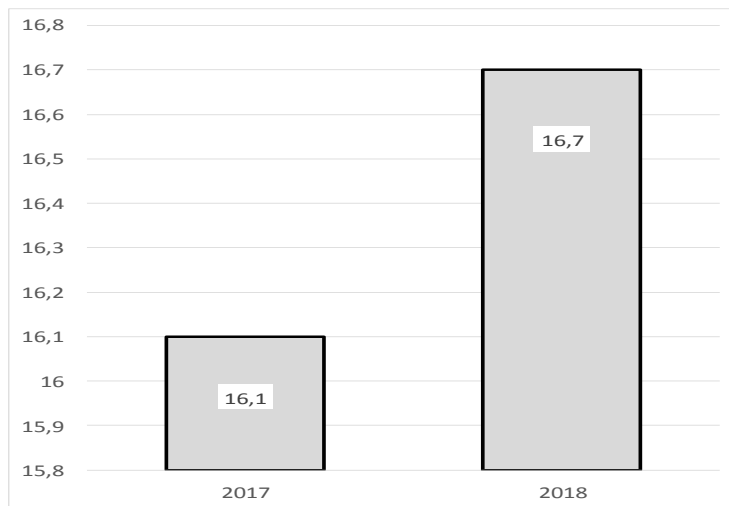


Рис. 4 – Середній добовий надій молока на одну корову при годівлі силосом з сумісних посівів.

Як свідчить аналіз даних цього рисунку продуктивність однієї корови в середньому при годівлі силосом з сумісних посівів стала вищою і це свідчить про справедливість ідеї і про необхідність продовження досліджень.

#### **Висновки.**

1. Дослідний зразок спеціалізованої сівалки 8-ми рядкової сівалки для сумісних посівів зернових і бобових культур забезпечує висів кукурудзи та сої в один рядок.

2. При необхідності спеціалізована сівалка може висівати 8 пар різних культур в межах захвату сівалки.

3. Дослідний зразок спеціалізованої сівалки «Vega-8 Profi» забезпечує задовільну якість сівби сумісних культур.

4. Недоліки які виявлені при дослідженнях роботи є основою для подальшого удосконалення конструкції сівалки для сумісних посівів кормових культур.

#### **Список використаних джерел**

1. О.С. Кузьменко. Проміжні та сумісні посіви в Україні. вища школа. – Київ: 1986 – 175 с.
2. Бегей С.В. Проміжні та сумісні посіви. Київ Урожай, 1980 – 57 с.
3. Бузницький О.Г., Кузьменко О.С., Кухарчук П.І. Вирощування кукурудзи з соєю та соняшником на силос. – К.: Урожай, 1970 – 16 с.
4. Каплуновської П.С. Досвід вирощування кукурудзи в суміші з соєю та буркуном білим в посушливій степовій зоні – К.: Держсільгоспвидав УРСР, 1963 – 224 с.
5. Семенов А.М. Урожайність і кормові якості зеленої маси кукурудзи та сої у сумісних посівах. Вісник с-г науки, 1969, №8 с. 41 – 42
6. Отчет о исследованиях технологии совмещенных посевов кормовых культур кукурузы и сои при использовании опытного образца сеялки для совмещенных посевов Vega-8 Profi производства ПАО “Эльворти”. Харьков 2017. С. 18

7. Сіємо сою URL: [https://www.poettinger.at/uk\\_ua/Newsroom/ Artikel](https://www.poettinger.at/uk_ua/Newsroom/ Artikel)
8. В. Міроненко. Сівалку оцінюють за сходами. URL: [https://www.poettinger.at/uk\\_ua/Newsroom/Artikel/9585](https://www.poettinger.at/uk_ua/Newsroom/Artikel/9585)

## **Аннотация**

### **ВЫРАЩИВАНИЕ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР В СОВМЕСНЫХ ПОСЕВАХ**

В.И. Мельник, В.И. Пастухов, М.А. Цыганенко, А.И. Аникеев,  
А.А. Романащенко, В.В. Качанов

*В статье представлены результаты исследований в 2018 году работы опытного образца специализированной 8-ми рядной пневматической сеялки для совмещенных посевов кормовых культур. Эта сеялка была создана в результате плодотворного труда научных сотрудников ХНТУСХ и специалистов ПАО «Эльворти». Исследования работы сеялки проводились в производственных условиях государственных опытных хозяйств Северного Востока Национальной академии аграрных наук Украины в 2017 году в опытном хозяйстве «Кутузовка» Харьковского района Харьковской области, а в 2018 году в с. Сад Сумского района, Сумской области. Необходимость двухлетних исследований диктовалась новизной конструкции сеялки отсутствием аналогов в Украине. Для проведения исследований была разработана программа и методика, которая предлагала определение показателей качества работы сеялки, а также влияние силоса с совмещенных посевов на продуктивность коров.*

*Во время исследований фиксировались также отказы, недостатки в работе сеялки, которые будут основой для будущего улучшения работы сеялки.*

*Ключевые слова:* совместный посев, кукуруза, соя, агрегат, урожайность, силос.

## **Abstract**

### **GROWING OF GREEN CROPS IS IN COMPATIBLESOWING**

V.Melnyk, V. Pastuchov, M. Tsyganenko, A. Anikeev, O. Romanashenko,  
V. Kachanov

*In the article the results of researches are presented in 2018 of work of pre-production model specialized by 8th row pneumatic сеялки for the combined sowing of green crops. This сеялка was created as a result of fruitful labour of research workers of Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture and specialists of PAO "Elvorti". Researches of work of сеялки were conducted in the productive terms of state experience economies of North-east of the National academy of agrarian sciences of Ukraine in 2017 in an experience economy of "Kutuzovka" of the Kharkov district of the Kharkov area, and in 2018 in p. Garden of the Sumy district, Sumy area. The necessity of two-year researches was dictated by the novelty of construction of сеялки by absence of analogues in Ukraine. For realization of researches the program and methodology, that offered determination of indexes of quality of work of сеялки, and also influence of silo from the combined sowing to the productivity of cows, was worked out. During researches refuses were fixed also, defects in-process сеялки that.*

*Keywords:* the compatible occupied, corn, soy, aggregate, productivity, silo.



## ВПЛИВ ПЕРЕКРИТТЯ СУМІЖНИХ ПРОХОДІВ НА ЯКІСТЬ РОБОТИ РОЗКИДАЧА ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ.

Анікєєв О.І., Сировицький К.Г., Возний В.С.

(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)

*У статті наведено методику визначення раціонального значення величини перекриття суміжних проходів відповідає 1,5...2,5м. При такому перекритті забезпечується ширина захоплення в межах 12,5...13,5м і мінімальна нерівномірність розподілу добрив знаходиться в межах 19...21% що відповідає агротехнічним вимогам при роботі кузовних розкидачів твердих органічних добрив.*

**Останні дослідження.** Розподільчі робочі органи причепів-розкидачів органічних добрив повинні забезпечувати якісний розподіл добрив по поверхні поля на необхідну ширину захоплення. У зв'язку з випуском великовантажних причепів-розкидачів ПРТ- 10 і ПРТ- 16 їх ширина захоплення 5...6м явно недостатня /1...5/. при нормі внесення добрив 20...30т/га вони мають значну довжину робочого ходу, що позначається на зниженні продуктивності і ущільненні ґрунту від ходової системи розкидання і трактора на порівняно великій площі.

Розкидні механізми барабанного типу з шнековою навивкою аналогічні по пристрою на усіх марках причепів-розкидачів, що випускаються промисловістю. Зміна кроку шнекової навивки і частоти обертання подрібнюючого барабану не завжди збільшує ширину розподілу добрив по поверхні поля, яка практично залишається постійною і рівна 5...6м (ПРТ- 10, ПРТ- 16). Це пояснюється різноманітністю фізико-механичних властивостей вживаних органічних добрив.

У разі, коли має місце пружний або частково пружний удар добрив об гвинтову поверхню шнека розподільчого барабана, необхідна ширина захоплення забезпечується. при непружному ударі вологий і м'який гній з відносною вологістю 80% необхідна ширина розподілення добрив не забезпечується.

**Постановка задачі.** У роботі розглядається розкидний пристрій у вигляді похилого дискового робочого органу з визначеними основними параметрами робочих органів, які забезпечують ширину захвату 10...15м. Експерименти проводилися з метою встановлення робочої ширини захоплення за рахунок визначення зони перекриття суміжних проходів агрегату, при якій забезпечується мінімальна нерівномірність внесення добрив.

**Вирішення задачі.** Зміна нерівномірності внесення добрив від величини

перекриття приведена на мал. 1. З приведенного графіку виходить, що величина зміщення повинна складати  $\Pi = 2\text{м}$ . Робоча ширина захоплення складає 13,3м (мал. 2). Зменшення загальної ширини захоплення складає 2 м; Вказана величина перекриття суміжних проходів агрегату дозволяє понизити нерівномірність внесення на 21,4 % в порівнянні з нерівномірністю на усій ширині захоплення агрегату 32,8 %.

Результати багатофакторного експерименту за визначенням оптимальних параметрів робочих органів розкидного пристрою.

В результаті реалізації матриці ортогонального композиційного планування факторного експерименту другого порядку, (таблиця 1) отримано адекватне рівняння регресії, що виражає залежність нерівномірності розподілу добрив від параметрів розкидного пристрою.

Таблиця 1 – Умови і результати дослідів за планом другого порядку

Номер дослідів	$X_1$	$X_2$	$X_3$	$X_1^2 - 0,7$	$X_2^2 - 0,7$	$X_3^2 - 0,7$	$X_1X_2$	$X_1X_3$	$X_2X_3$	$y_1$	$y_2$	$y_3$	$\bar{y}$
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
1	-1	-1	-1	4/15	4/15	4/15	+1	+1	+1	27,82	26,26	26,32	26,80
2	+1	-1	-1	4/15	4/15	4/15	-1	-1	+1	27,25	25,54	25,81	26,20
3	-1	+1	-1	4/15	4/15	4/15	-1	+1	-1	25,46	26,81	25,43	25,90
4	+1	+1	-1	4/15	4/15	4/15	+1	-1	-1	25,84	26,05	27,61	26,50
5	-1	-1	+1	4/15	4/15	4/15	+1	-1	-1	27,26	28,96	27,48	27,90
6	+1	-1	+1	4/15	4/15	4/15	-1	+1	-1	28,75	27,24	26,83	27,60
7	-1	+1	+1	4/15	4/15	4/15	-1	-1	+1	27,21	29,47	27,92	28,20
8	+1	+1	+1	4/15	4/15	4/15	+1	+1	+1	28,51	26,63	26,47	27,20
9	-1,215	0	0	23/30	-11/15	-11/15	0	0	0	20,85	22,40	21,24	21,50
10	-1,215	0	0	23/30	-11/15	-11/15	0	0	0	21,17	19,73	19,69	20,20
11	0	-1,21	0	-11/15	23/30	-11/15	0	0	0	22,39	29,60	23,44	22,81
12	0	+1,21	0	-11/15	23/30	-11/15	0	0	0	23,78	23,55	22,27	23,20
13	0	0	-1,21	-11/15	-11/15	23/30	0	0	0	20,79	19,21	19,40	19,80
14	0	0	+1,21	-11/15	-11/15	23/30	0	0	0	19,75	19,93	21,52	20,40
15	0	0	0	-11/15	-11/15	-11/15	0	0	0	21,06	22,61	21,12	21,60
Середнє значення $\bar{y} = 24,385$													

$$y = 18,239 - 0,263x_1 + 0,0203x_2 + 0,562x_3 - 0,225x_1x_3 + 0,125x_2x_3 + 2,457x_1^2 + 3,961x_2^2 + 1,964x_3^2 \quad (1)$$

З рівняння (1) видно, що на рівномірність розподілу добрив значний вплив робить вільний член рівняння. Тому для отримання стабільних показників розподілу добрив, необхідно з особливою ретельністю встановлювати значення технологічних параметрів робочих органів розкидного пристрою.

Аналізуючи коефіцієнти при лінійних чинниках, необхідно відмітити переважаючий вплив на нерівномірність розподілу добрив кута нахилу ротора ( $X_1$ ). З парних коефіцієнтів, найбільший вплив мають взаємодія  $X_1$  і  $X_3$ .

Аналіз рівняння (1) дозволяє визначити наступні оптимальні параметри розкидного пристрою:

$$\alpha = 20 \dots 21^\circ (0,349 \dots 0,366 \text{ рад}),$$

$$\psi = -1 \dots 0^\circ (-0,017 \dots 0 \text{ рад}),$$

$$\rho = 13 \dots 14^\circ (0,227 \dots 0,244 \text{ рад}).$$

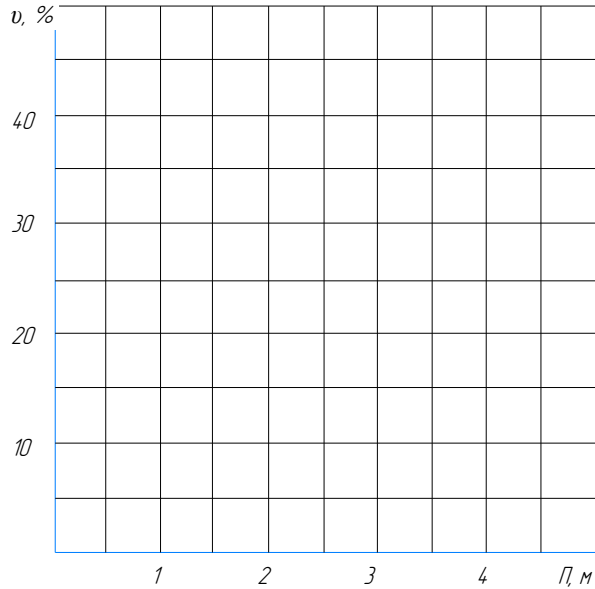


Рис. 1. Графік зміни нерівномірності внесення добрив  $v$  від величини перекриття  $\Pi$  ( $\alpha = 20^\circ$ ,  $\psi = 0^\circ$ ,  $B = 15$  м,  $B_p = 13$  м).

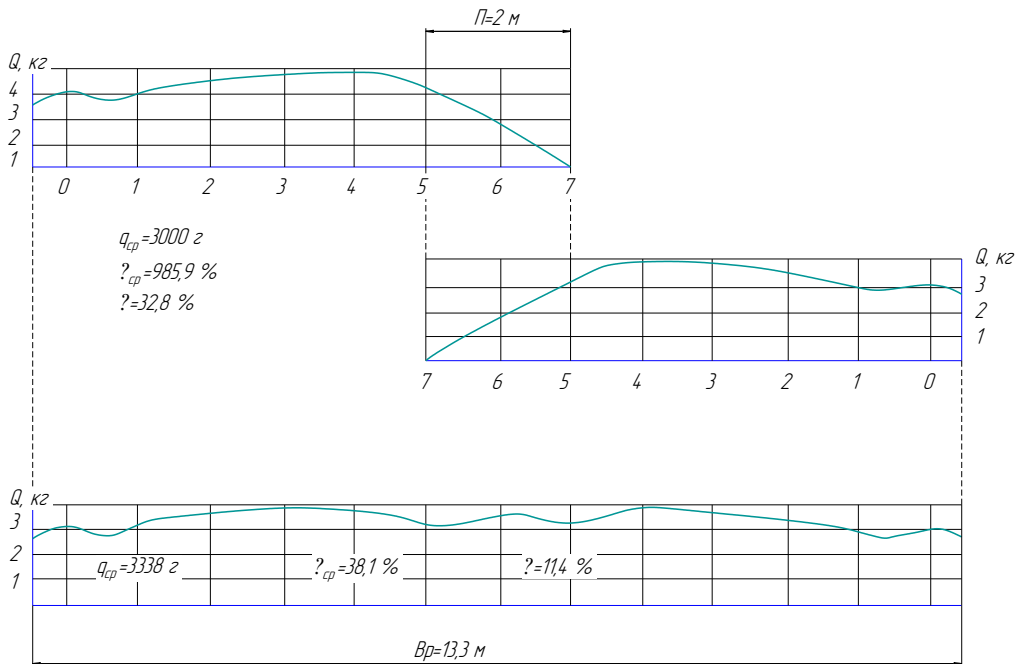


Рис. 2. Графік розподілу добрив з перекриттям  $\Pi$  суміжних проходів.

Для вивчення властивостей поверхні відгуку за допомогою двовимірних перерізів рівняння (1) було приведене до канонічної форми:

$$\begin{aligned}
 y - 18,232 &= 3,961Z_1^2 + 2,457Z_2^2 \\
 y - 18,193 &= 2,481Z_1^2 + 1,939Z_3^2, \\
 y - 18,359 &= 3,963Z_2^2 + 1,961Z_3^2
 \end{aligned}
 \tag{2}$$

В результаті аналізу поверхні відгуку за допомогою двовірних перерізів були отримані залежності рівного значення нерівномірності розподілу добрив (еліпсоїди) для подвійних перерізів чинників (мал. 3, 4, 5).

Аналіз залежностей для поєднання чинників  $X_1, X_2$  (мал. 3) можна знайти для мінімальної нерівномірності  $v = 19\%$ , оптимальних значень чинників:

$$\begin{aligned}
 \alpha &= 18,8 \dots 21,2^\circ (0,328 \dots 0,370 \text{ рад}), \\
 \psi &= -4,2 \dots 4,6^\circ (-0,073 \dots 0,080 \text{ рад}).
 \end{aligned}$$

Аналізуючи залежність чинників  $X_2, X_3$  (мал. 4) можна знайти для мінімальної нерівномірності  $v = 19\%$ , оптимальних значень чинників:

$$\begin{aligned}
 \psi &= 16,4 \dots 26^\circ (0,286 \dots 0,454 \text{ рад}), \\
 \rho &= 10,1 \dots 16,2^\circ (0,176 \dots 0,283 \text{ рад}).
 \end{aligned}$$

Залежність чинників  $X_2, X_3$  (мал. 5) дозволяє визначити, при мінімальній нерівномірності  $v = 19\%$ , оптимальних значень чинників.

$$\begin{aligned}
 \psi &= -1 \dots +1^\circ (-0,017 \dots +0,017 \text{ рад}), \\
 \rho &= 12,5 \dots 17,5^\circ (0,218 \dots 0,305 \text{ рад}).
 \end{aligned}$$

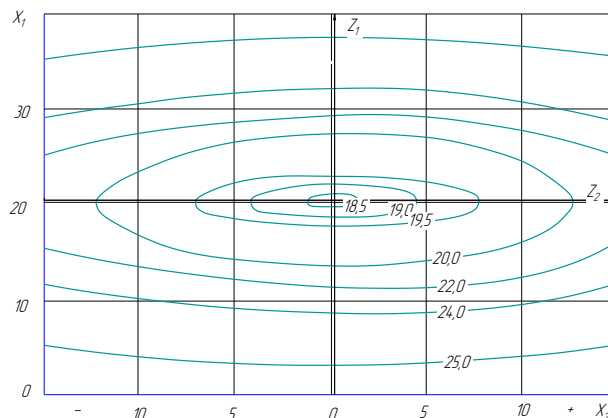


Рис. 3. Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує показники нерівномірності розподілу добрив за умови  $X_3 = 0$ .

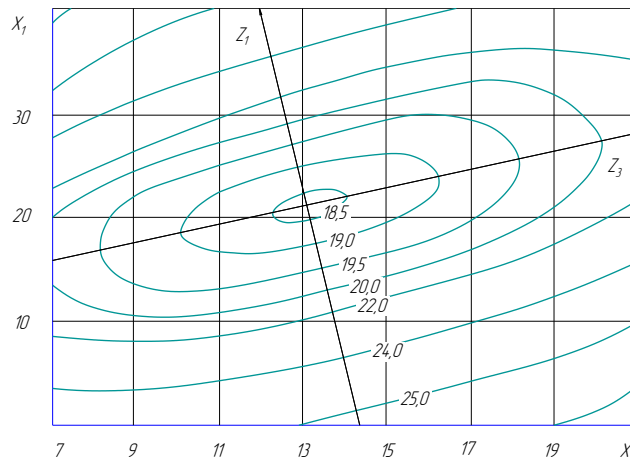


Рис. 4. Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує показники нерівномірності розподілу добрив за умови  $X_2 = 0$ .

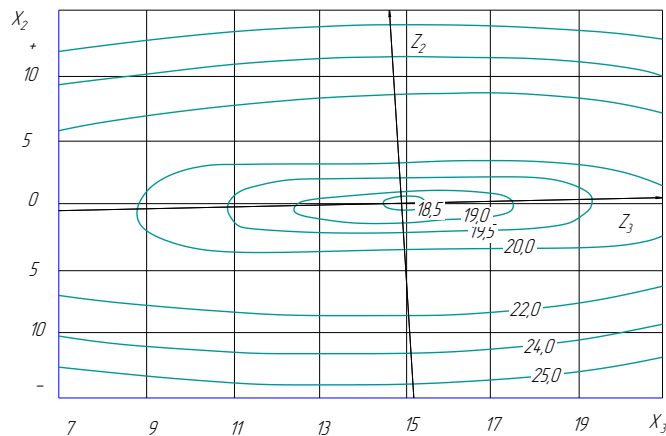


Рис. 5. Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує показники нерівномірності розподілу добрив за умови  $X_1 = 0$ .

Аналіз рівняння (1) за допомогою двовимірних перерізів поверхні відгуку дозволяє визначити необхідну рівномірність розподілу добрив при різному поєднанні значень чинників, що може бути використано при розробці конструкції розкидного пристрою з урахуванням технологічних вимог.

Оптимальними областями значень параметрів розподільчого пристрою при нерівномірності  $v = 19\%$  будуть:

$$\begin{aligned} \alpha &= 16,4 \dots 26^\circ (0,286 \dots 0,454 \text{ рад}), \\ \psi &= -4,2 \dots + 4,6^\circ (-0,073 \dots 0,080 \text{ рад}), \\ \rho &= 12,5 \dots 17,5^\circ (0,218 \dots 0,305 \text{ рад}). \end{aligned}$$

### Висновки

1. Раціональне значення величини перекриття суміжних проходів відповідає 1,5...2,5м. При такому перекритті забезпечується ширина захоплення 12,5...13,5м і мінімальна нерівномірність розподілу добрив.

2. Проведений факторний експеримент дозволив визначити наступні оптимальні параметри розкидного пристрою :

кут нахилу ротора до горизонту,  $\alpha = 20 \dots 21^\circ (0,349 \dots 0,366 \text{ рад})$

кут нахилу лопаті до радіусу ротора  $\psi = -1 \dots 0^\circ (-0,017 \dots 0 \text{ рад})$

кут охоплення ротора викидним порогом  $\rho = 13 \dots 14^\circ (0,227 \dots 0,244 \text{ рад})$

4. Оптимальними областями значень параметрів розподільчого пристрою при нерівномірності  $v = 19\%$  являються:

$\alpha = 16,4 \dots 24^{\circ}$  ( $0,286 \dots 0,454$  рад),

$\psi = -4,2 \dots +4,6^{\circ}$  ( $0,073 \dots 0,080$  рад),

$\rho = 12,5 \dots 17,5^{\circ}$  ( $0,218 \dots 0,305$  рад).

5. Розкидний пристрій має стійкість технологічного процесу при зміні параметрів його робочих органів. Найбільш жорстокі вимоги пред'являються до кута установки ротора до горизонту.

### Список використаних джерел

1. Личман Геннадий Иванович. Научно-технические решения проблемы повышения эффективности машинных технологий применения органических удобрений : Автореф. дис. докт. техн. наук. - М., 1999. - 16с.
2. Підвищення рівномірності внесення органічних добрив / В.Лебедев // Техніка АПК. - 2004, № 4. - С. 40.
3. Технология и технические средства для внесения органических удобрений / Н.М. Марченко, А.Е. Шебалкин, В.В. Воропаев и др. - М.: Росагропромиздат, 1991. - 190 с.
4. Ясенецкий В.Р. Розкидачі органічних добрив // Пропозиція. - 2002, № 4. - С. 104 - 108.
5. Investitionen werden gefordert. T.2. Technik fur die organische Dungung // Agrartechnik. - 2002. - Jg.81, Sept. - S. 37 - 42.

### Abstract

#### **INFLUENCE OF CROSS-CURRENT TRANSIT PROCESSES ON THE QUALITY OF PROCESSING OF SOLID ORGANIC BENEFITS**

O. Anikeev, K. Sirovitskiy, V. Vozniy

*The article gives a method for determining the rational value of the overlap of adjacent passages corresponding to 1,5 ... 2,5 m. With this overlap, the width of the capture is provided within the limits of 12,5 ... 13,5 m and the minimum uneven distribution of fertilizers is within the limits of 19 ... 21% that corresponds to the agrotechnical requirements at work of body scanners of solid organic fertilizers.*

### Аннотация

#### **ВЛИЯНИЕ ПЕРЕКРЫТИЯ СМЕЖНЫХ ПРОХОДОВ НА КАЧЕСТВО РАБОТЫ РАЗБРАСЫВАТЕЛИ ТВЕРДЫХ ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ**

А.И. Аникеев, К.Г. Сыровицкий, В.С. Возный

*В статье приведена методика определения рационального значения величины перекрытия смежных проходов соответствует 1,5 ... 2,5 м. При таком перекрытии обеспечивается ширина захвата в пределах 12,5 ... 13,5 м и минимальная неравномерность распределения удобрений находится в пределах 19 ... 21% что соответствует агротехническим требованиям при работе кузовных разбрасывателей твердых органических удобрений.*

## ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР

**Зубко В.М., к.т.н., доцент**

*(Сумський національний аграрний університет)*

*В даній статті розглянуті прилади, обладнання та системи оцінки якості середовища, зернозбирального комбайна та якості виконання технологічної операції. Дослідження показників якості виконання механізованих технологічних операцій включає дослідження умов роботи машинного агрегату, дослідження ефективності його роботи під час виконання виробничого завдання та контроль якості виконання роботи машинним агрегатом.*

*На сьогодні при збиранні, за підрахунками різних вчених, на полі залишається від 3 до 20 відсотків врожаю. І це лише при збиранні. На сучасній техніці встановлюється безліч датчиків для контролю процесу збирання. Але не всі процеси ще враховані. І необхідні зміни і у конструкції, і у системі контролю якості виконання технологічних операцій, все повинно бути направлено на забезпечення потреб рослини.*

*Проведеним аналізом літературних джерел та на підставі ряду лабораторних та польових експериментів встановлено, що на сьогодні діють агроформи, які втратили свою актуальність. Діючі вимоги до механізованих технологічних операцій біли розроблені ще у 60-70 рр. минулого століття. Стрімкий розвиток аграрного сектору: впровадження космічних технологій контролю ефективності росту і розвитку рослин, контролю ефективності використання техніки, впровадження нових сортів та гібридів аграрних культур змушує переглянути всі ці норми.*

*Сучасні системи моніторингу доволі ефективні, при цьому, для підвищення ефективності їхньої роботи необхідно контролювати не лише відомі параметри, але і ті, що на сьогодні впливають на врожайність прямо чи опосередковано. Також у статті розглянуті перспективні напрямки розвитку системи контролю за якістю для аналізу та прийняття ефективного рішення щодо збереження врожаю.*

### **Постановка проблеми у загальному вигляді.**

*Забезпечення якості механізованого технологічного процесу – це гарантія отримання стабільно високого врожаю. На сьогодні при збиранні, за підрахунками різних вчених, на полі залишається від 3 до 20 відсотків врожаю. І це лише при збиранні. На сучасній техніці встановлюється безліч датчиків для контролю процесу збирання. Але не всі процеси ще враховані. І необхідні зміни і у конструкції, і у системі контролю якості виконання технологічних операцій, все повинно бути направлено на забезпечення потреб рослини. Необхідні чіткі,*

науково-обґрунтовані норми контролю якості технологічного процесу.

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій.**

Відповідно до Регламенту ЄС 178/2002, підпункт 2b та с, незбирані рослини (втрати), залишені на полі, не визначаються як «їжа» [1]. Їх не можна нікуди врахувати окрім додаткового забруднення поля бур'янами.

Втрата зерна після збору врожаю означають зайві затрати праці, прісної води, оброблюваних земель і хімічних добрив у процесі виробництва [0].

На сьогодні актуальним постає питання забезпечити максимально необхідні умови для росту та розвитку рослини. Адже це зростання врожаю при доволі низьких затратах, слід розуміти, що основні технологічні процеси уже виконані і слід роботу машин до оптимальних потреб рослин.

Високі втрати механічного збирання залишаються ключовим фактором, що перешкоджає виробництву аграрних культур в усьому світі. Повідомлялося, що близько 50% загальної втрати врожаю відбувалися при поганих умовах збирання [0].

Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.

Проведеним аналізом літературних джерел та на підставі ряду лабораторних та польових експериментів ми дійшли висновку, що на сьогодні діють агрономи, які втратили свою актуальність. Діючі вимоги до механізованих технологічних операцій біли розроблені ще у 60-70 рр. минулого століття. З того часу вони істотно не змінювались.

Стрімкий розвиток аграрного сектору: впровадження космічних технологій контролю ефективності росту і розвитку рослин, контролю ефективності використання техніки, впровадження нових сортів та гібридів аграрних культур змушує переглянути всі ці норми.

Ми повинні перейти від постановки задачі: А що максимально може забезпечити рослина? до Що сьогодні вимагає рослина! Тільки такий підхід забезпечить максимальну реалізацію біологічного потенціалу рослини.

### **Формулювання мети статті.**

Метою даної статті є дослідження шляхів підвищення якості виконання механізованої технологічної операції на підставі обґрунтування вимог відповідно до потреб рослин.

### **Виклад основного матеріалу дослідження.**

*Вимоги до проведення збирання.*

При проведенні збирання об'єктом являється зерно та ґрунт. Стан об'єкта – зерно:

- поле з культурою, вологість зерна в колосках до 13%;

- диференційована врожайність аграрної культури (різна врожайність у кожному структурному елементі поля);

- відношення зерна до соломи.

Стан об'єкта – ґрунту:

- вологість ґрунту на момент збирання.

При проведенні збирання об'єктом являється зерно. В таблиці 1 наведені показники та системи контролю об'єкта.



Таблиця 1 - Прилади, обладнання та системи оцінки об'єкта

Показник	Чим контролюється	Чи потребує удосконалення
Вологість зерна в колосках	Вручну	Потребує розробки обладнання для автоматичного аналізу вологості зерна
Врожайність кожного структурного елемента поля	Вручну	Потребує автоматизації
Відношення зерна до соломи	Вручну	Потребує автоматизації

Комбайн повинен відповідати наступним вимогам:

- забезпечувати збирання без втрат на жатці;
- забезпечувати збирання без втрат за молотаркою;
- мінімізувати травмування зерна;
- подрібнити рослинні залишки на фракцію до 40 мм;
- забезпечувати рівномірне розподілення рослинних залишків;
- при роботі ріжучих елементів повинно забезпечуватись саме різання, а не розривання волокон.

В таблиці 2 наведені показники та системи контролю роботи зернозбирального комбайна.

Таблиця 2 - Прилади, обладнання та системи оцінки зернозбирального комбайна

Показник	Чим контролюється	Чи потребує удосконалення
Забезпечення оптимальної робочої швидкості	Спідометр	Потребує. Необхідно контролювати швидкість з використанням радару
Контроль процесу різання (щоб не відбувалось зминання стебел)	Не контролюється	Потребує розробки (використовуються ножі на жатці та подрібнювачі, які не забезпечують різання)
Втрат на жатці	Не контролюється	Потребує розробки
Втрат за молотаркою	Датчики на основі п'єзоелементів	Не потребує
Травмування зерна	Не контролюється	Потребує розробки датчик контролю травмування зерна
Фракція подрібнення рослинних залишків	Не контролюється	Потребує розробки датчик контролю довжини різки рослинних залишків
Рівномірність розподілення рослинних залишків	Не контролюється	Потребує розробки датчик контролю рівномірності розподілення рослинних залишків

Після збирання якість повинна відповідати наступним показникам:

- втрати за жаткою комбайна – не допускаються;
- втрати за молотаркою комбайна – не допускаються;
- органічні домішки – не допускаються;
- бите зерно або пошкодження цілісності зерна – не допускаються;
- подрібнення рослинних залишків – 40 мм і менше;
- забезпечення рівномірності розподілення рослинних залишків та полови;

- забезпечення мінімального ущільнення ґрунту.

В таблиці 3 наведені показники та системи оцінки ефективності виконання збирання.

Таблиця 3 - Прилади, обладнання та системи оцінки ефективності проведення збирання

Показник	Чим контролюється	Чи потребує удосконалення
Втрати за жаткою комбайна	Вручну	Потребує розробки обладнання для аналізу втрат за жаткою комбайна
Втрати за молотаркою комбайна	Вручну	Потребує розробки обладнання для аналізу втрат за молотаркою комбайна
Наявність органічні домішки в зібраному зерні	Вручну	Потребує розробки обладнання для аналізу кількості органічних домішок в зерні
Ступінь пошкодження зерна	Вручну	Потребує розробки обладнання для аналізу ступеня пошкодження зерна
Подрібнення рослинних залишків	Вручну	Потребує розробки обладнання для аналізу ступеня подрібнення рослинних залишків
Рівномірність розподілення рослинних залишків та полови	Вручну	Потребує розробки обладнання для аналізу рівномірності розподілення рослинних залишків та полови
Ущільнення ґрунту	Вручну	Потребує розробки обладнання для аналізу ущільнення ґрунту ходовими системами збирального агрегату

Прилади для визначення якості виконання збирання.

*Прилади, які встановлені безпосередньо на машині – сенсорні контролери (встановлені на машинних агрегатах).*

*Визначення врожайності основної продукції*

Принцип роботи більшості систем контролю є простим і виражається, як: відношення потоку матеріалу до добутку швидкості руху і ширини захвату зернозбирального комбайна [0]:

$$Q = \frac{10\delta}{BV} \quad (1)$$

де:  $Q$  – місце визначена врожайність, т/га;  $\delta$  – інтенсивність подачі зерна до бункера, кг/с;  $B$  – ширина захвату жатки, м;  $V$  – швидкість руху комбайна, м/с.

Схему розміщення датчиків та обладнання для моніторингу врожайності показано на рис. 1.

Плюсом є отримання даних для проведення первинних розрахунків отримання врожайності і вологості зерна. Мінус, що у будь-якому випадку кожен зі датчиків працює з похибкою, що суттєво зменшує адекватність вимірів

надійність вимірів на всій площі поля. Під час проведення збирання зернових і зернобобових культур похибка виникає під час виміру інтенсивності потоку зерна, робочої швидкості комбайна, робоча ширина жатки комбайна, вологість зерна ті інші. Також під час збирання існують і інші фактори, які впливають на точність отриманої інформації: непостійний час руху зерна від жатки до бункера (враховуючи повторний обмолот), втрати врожаю і похибка датчика координат ГСП при визначенні положення комбайна в полі. Час проходження зерна від зрізу рослини до вивантаження в бункер складає 8-12 сек. При цьому лише 30% зерна досягають датчика потоку матеріалу в зазначений час [0, 0, 0, 0].

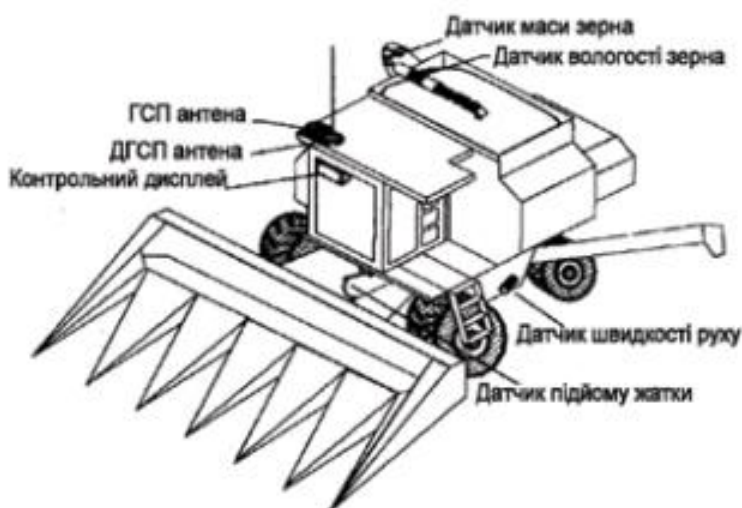


Рис. 1 - Комплект обладнання для картографування врожайності [0]

Можливий і інший варіант. Принцип картування врожайності у переважної більшості сучасних комбайнів такий: під час жнив за допомогою спеціальних пристроїв (сенсорів, датчиків, бортового комп'ютера) фіксують кількість зібраного врожаю на визначеній ділянці. Просторові координати комбайна у кожен момент часу фіксуються за допомогою супутника. В залежності від складності датчика намолоту може вимірювати масу прямо або непрямо. Функціональною відмінністю є: перший вимірює вагу безпосередньо, другий – за допомогою інших, пов'язаних з масою величин (вологість, об'єм, імпульс) [0].

Контролери, які визначають об'єм маси, використовуючи оптичний прилад (пара "випромінювач-приймач") – контролер непрямого вимірювання. Під час вивантаження зерна з бункера, кожна лопатка вивантажувального елеватора перекриває світловий промінь. Знаючи площу лопатки та висоту зерна на ній, розраховується об'єм зерна і, врахувавши вологість, отримуємо масу. Для отримання вологості застосовують датчик вологості. Істотним недоліком описаного методу є необхідність в періодичному калібруванні контролера вологості (мінімум двічі на день) та очищенні скла оптичного приладу. Що зменшує продуктивність комбайна та впливає на показник втрат. Такий тип контролерів застосовують на зернозбиральних комбайнах Claas та в системі картування врожайності CERES 8000I від RDS. Також цей комп'ютер може

застосовуватися на зернозбиральних комбайнах John Deere, CASE/New Holland, Massey Ferguson/Fendt та ін. [0].

Якість роботи системи контролю залежить від періодичності обслуговування контролерів, при цьому, культура, збирання якої ведеться, не впливає на ефективність роботи. Ефективність роботи системи виражається у точності вимірювань завантаженості елеватора. Досліди показують, при середній завантаженості стандартне відхилення вимірювань не перевищує 3%. При цьому встановлено, що зменшення навантаження до 10 т/га і нижче збільшує відхилення від 3% до 10% для всіх типів датчиків. Також на точність вимірювань впливають різкі перепади навантаження, коли швидко змінюється кількість зерна на лопатках елеватора. Рівномірна робота є ще одним критерієм точності зібраних даних про врожай [0].

Дослідженнями також було встановлено, що зміна кута нахилу комбайна також впливає на точність вимірювань. Похибки вимірювання намолоту пшениці при навантаженні 20 т/га і зміні кута нахилу комбайну від 5° до 13° у різні боки. Для вирішення цієї проблеми системи до оснастили гіроскоп - датчик кута нахилу. [0].

#### *Система фіксації потоку зерна*

Методи вимірювання потоку зерна змінюються, але багато популярних системи визначення врожайності використовують датчики потоку, встановлені на шляху потоку обмолоченої маси зерна. Датчик потоку зерна зазвичай встановлюється у верхній частині зернового елеватора комбайна [0].

#### *Датчик зсуву чашеподібної пластини*

Потенціометр – це контролер, який змінює опір електричного струму в залежності від зміни положення в просторі його робочої частин. Потенціометр (Рис. 2), у системі контролю, використовується для фіксації змін зміщення чашки під впливом інтенсивності потоку зерна. Інтервал зсуву чаші пропорційний силі потоку зерна для датчиків зсуву.

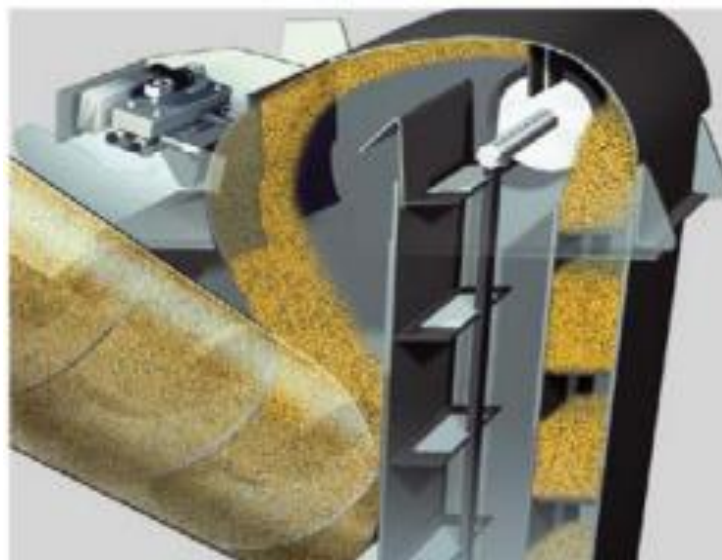


Рис. 2 - Датчик потоку для визначення потоку зерна [0]

### Система вимірювання об'єму

Також визначити врожайність можна за допомогою аналізу об'єму зерна в зерновому елеваторі комбайна. Це можливо за рахунок використання світла і фотоприймача, для визначення ступеня наповненості зернового елеватора (Рис. 3). Фотоприймач – пристрій, що використовується, для виявлення кількості світла. Промені світла, попадаючи на приймач, перетворюються в електричний сигнал. При використанні такого типу датчиків необхідною умовою є визначення культури, збирання якої проходить, і показник вологості зерна. Також обов'язковою умовою є визначення об'ємну щільність (натуру) зібраного зерна, щоб обчислити врожайність.



Рис. 3 - Система об'ємного визначення врожайності [0]

### Сенсор сили удару

Сенсор встановлюється в елеваторі зернозбирального комбайна (Рис. 4) і працює за рахунок визначення сили удару, яка прикладена зерном, по пластині або зсуву пластини, яке відбувається, коли зерно вдаряється по ній [0].



Рис 4 - Схема розташування сенсора сили удару в елеваторі комбайна [0]

Методи вимірювання зсуву або сили подібні. Сила визначається динамометричним датчиком, який перетворює силу удару в електричний сигнал. Далі електричний сигнал обробляється тензометричним датчиком, який є складовою частиною динамометричного датчику. Любі зміни, які фіксує динамометричний датчик, призводить до зміни опору електричного струму, яке вимірюється тензометричним датчиком.

#### *Конвеєрна система*

Конвеєрна система передбачає обладнання елеватора тензодатчиками, які фіксують масу зерна, що надходить до бункера (Рис. 5). Потік зерна надходить в ємність. В даній ємності збоку змонтований датчик, який фіксує кількість зерна, яке поступило. Після цього, встановлене в нижній частині робоче колесо, яке повертаючись переміщує зерно в зерновий шнек.

Елеватор

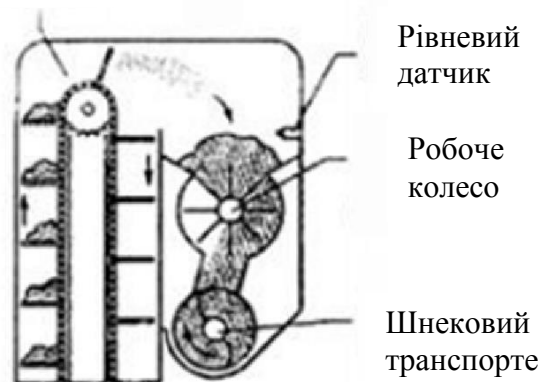


Рис. 5 - Конвеєрна система картування врожайності [0]

#### *Система динамометричних датчика*

Сьогодні існують і інші види контролерів для визначення врожайності аграрної культури. Деякі системи використовують функцію зважування зерна (Рис. 6). Дані системи, як і попередні, монтуються в елеваторі комбайна. Система працює наступним чином. Кожух шнека для очищеного зерна з очищення комбайна лежить на важелі перенесення приєднаного до динамометричного датчику. Виміряні дані ваги, скомбіновані з виміряною робочою швидкістю, яка вимірюється ступенем вологості, і даними ширини захвату жатки, щоб визначити і оцінити врожайність, отриману на певній ділянці поля.

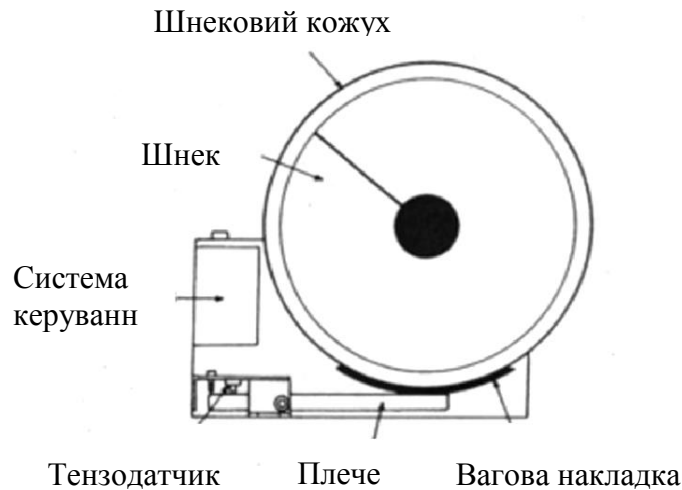


Рис. 6 - Заснована на динамометричному датчику, система вимірювання врожайності зерна [0]

### *Радіометрична Система*

Інший підхід для вимірювання потоку зерна використовує радіометричний метод. Радіометрична система (установка) вимірює інтенсивність радіоактивного енергії. Радіометрична система визначення врожайності, яка використовує ізотопне випромінювання (Ізотоп - Америцій 241) і перетворювач були комерційно доступні в Європі протягом багатьох років.

Альтернативою потенціометру радіометричний метод. Радіометрична система (Рис. 7) вимірює інтенсивність радіоактивного енергії. Вона визначає врожайність, використовуючи ізотопне випромінювання (Ізотоп - Америцій 241) і перетворювач.



Рис. 7 - Радіометрична система визначення врожайності зерна [0]

Система працює наступним чином. Встановлена радіометрична система в елеваторі комбайна. Під час робочого процесу відбувається ізотопне випромінювання, яке направлено до перетворювач. Максимальна інтенсивність випромінювання фіксується коли відсутні перешкоди, а саме подача зерна. При проході зерна, перетворювач фіксує зміни у випромінюванні. Відповідно до отриманих даних, а саме залежності інтенсивності проходу потоку зерна, визначається врожайність аграрної культури.

### *Датчики вологості зерна*

Як правило, основними параметри, які контролюються під час збирання – це суха маса і вологість зерна.

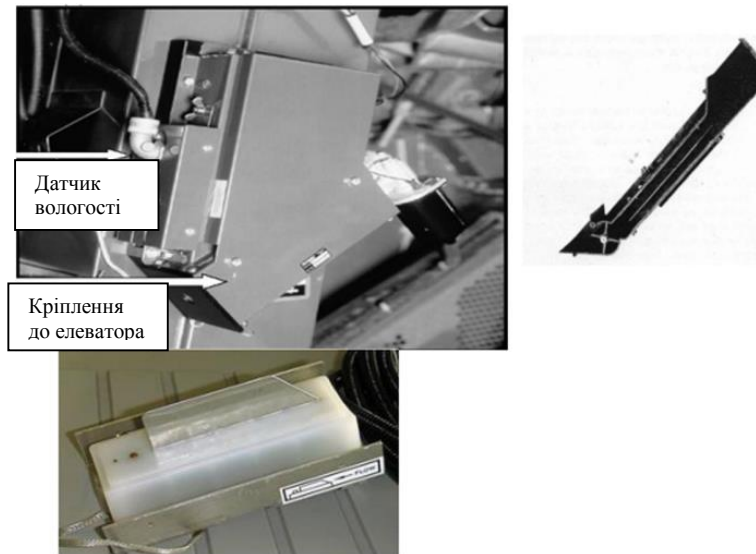


Рис. 8 - Датчик вологості зерна ємнісного типу [0]

Від ступеня вологості зерна залежить початок збирання. Вологість зерна істотно впливає на витрати на подальшу обробку, пошкодження та втрати зерна під час збирання. Дуже великий вплив ступінь вологості має вагу зерна і його обсяг.

Датчик вологості (Рис. 8) розташований у елеваторі комбайна поруч із датчиком потоку зерна. Конденсатори датчика накопичують і утримують електричний заряд на металевих пластинах розділених діелектриком. Чим вище ступінь вологості зерна, тим вище його діелектрична проникність.

#### *Датчик визначення робочої швидкості зернозбирального комбайна*

Для виміру робочої швидкості ефективними в сучасному аграрному виробництві стали радарні системи (рис. 9). Робочий процес у радарних систем відбувається за рахунок випромінювання мікрохвильових сигналів. Сигнали, відбиваючись від землі та потрапляють в датчик. У випадку, коли комбайн рухається відносно землі, відбувається зміна частоти сигналу, який повертається до датчика швидкості. На точність радарного датчика може впливати фон поля та знаходження на його поверхні різних структурних елементів. При регулюванню потрібно враховувати ці фактори, промінь повинен попадати на, якомога, більш рівну поверхню.



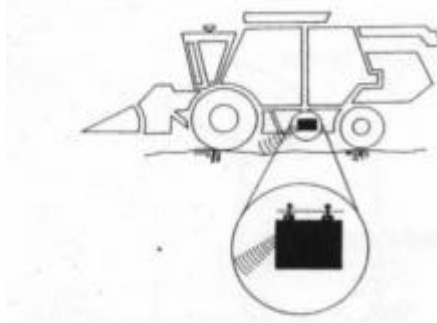


Рис. 9 - Радарний датчик швидкості руху [0]

Методика контролю якості виконання збирання

1. Визначити умови, в яких проходить збирання.

Використовуючи мультифункційний прилад виміряти погодні умови. Відібрати зразки рослин для визначення врожайності основної та побічної продукції, вологості зерна та стебел в лабораторних умовах; визначити кількість рослин на 1 м<sup>2</sup>; висоту стерні; масу і товщина шару з рослинних залишків; температуру повітря; сили та напрямку вітру; вологість повітря.

Отримані дані фіксуються у журналі.

2. Провести заміри швидкості руху комбайна.

Визначення швидкості руху комбайна проводиться з використанням навігаційної системи комбайна. Отримані дані фіксуються у журналі.

3. Провести заміри обробленої площі зернозбиральним комбайном.

Використовуючи навігаційну систему та GPS-навігатор провести обміри оброблених ділянок. Отримані дані фіксуються у журналі.

4. Провести заміри витрати палива зернозбиральним комбайном.

Визначення витрати палива комбайна проводиться з використанням навігаційної системи комбайна. Загальні витрати пального також фіксуються: перед роботою заливається повний бак та при контролі доливається пальне в бак до повного. Різниця – реальна витрата палива, яка порівнюється з бортовою витратою та використовується при подальшому аналізі. Отримані дані фіксуються у журналі.

5. Провести заміри витрат врожаю за жаткою зернозбирального комбайна.

Зразу після проходження жатки зернозбирального комбайна на поверхню поля укладається рамка. Таким чином проходить відокремлення втрат за жаткою та втрат за молотаркою. Зразки збираються в бокси, нумеруються та транспортуються для подальшої лабораторної обробки. Отримані дані фіксуються у журналі.

6. Провести заміри витрат врожаю за молотаркою зернозбирального комбайна.

Зразу після проходження зернозбирального комбайна на поверхню поля укладається рамка. Ширина захвату рамки дорівнює ширині захвату жатки. Рамка має секційну структуру. Таким чином проходить відокремлення втрат за жаткою та втрат за молотаркою. Зразки збираються в бокси, нумеруються та

транспортуються для подальшої лабораторної обробки. Отримані дані фіксуються у журналі.

7. Таким чином визначається і рівномірність розподілення рослинних залишків за комбайном.

8. Визначити вміст домішок у зерні.

З зернового бункера зернозбирального комбайна відбирається наважка. Дана наважка просипається через мобільну лабораторію і результати по шарах зважуються. Отримані дані фіксуються у журналі.

9. Таким чином визначається кількість битого зерна.

10. Таким чином визначається кількість невимолоченого зерна.

11. Провести дослідження травмування оболонки зерна.

З бункера відбирається проба зерна. Проба пакується в бюкс, нумерується та транспортується в лабораторію для дослідження. Отримані дані фіксуються у журналі.

### **Висновки.**

Тому, незважаючи на те, що для збирання зернових культур використовуються зернозбиральні комбайни, які мають певні налаштування, контролери, системи аналізу, які піднімають ефективність їх використання, необхідно за основу брати і враховувати потреби рослини, а не можливість техніки. Це є перше правило для отримання гарного врожаю. Сучасні системи моніторингу доволі ефективні, при цьому, для підвищення ефективності їхньої роботи необхідно контролювати не лише відомі параметри, але і ті, що на сьогодні впливають на врожайність прямо чи опосередковано. В даній роботі відокремлено аналіз середовище, машина та контроль ефективності технологічної операції. Це дало можливість виявити показники, які на сьогодні не входять до агрономог. Також розглянуті перспективні напрямки розвитку системи контролю за якістю для аналізу та прийняття ефективного рішення щодо збереження врожаю.

### **Список використаних джерел**

1. Система моніторингу врожайності сільськогосподарських культур /Р.Д. Герасименко, О.О. Броварець// Науково-практичний журнал Зберігання і переробка зерна, №7 (184), 2014 рік., с. 22-24.
2. Oltean, Gh., Cramariuc, R., Oltean, M.I., Ianosi, M., Turcu C., Pamfi, Gh., Aldea, C. Using Soil Electrical Conductivity Maps in Improving the Potato Crop Technology in Precision Farming. Abstracts of papers and posters, 16th Triennial Conference of the EAPR 2005, July 17-22, Bilbao, BI-1.688-05, Spain, p. 544-556.
3. Pierce F. Aspects of precision Agriculture. Vol. 67/ F. Pierce, P. Nowak // Advances in Agronomy. – San Diego: Academic Press, 1999. – P. 81–85.
4. Кочубей С.М. Спектральные свойства растений как основа методов дистанционной диагностики / С.М. Кочубей, Н.Н. Кобец, Т.М. Шадчина. – К.: «Наукова думка», 1990. – 135 с.

5. <http://agroit.com.ua/story/46-datchiki-v-sistemah-kartirovaniya-urozhaynosti.html>
6. Gustavsson, J.; Cederberg, C.; Sonesson, U.; Otterdijl R V and Meybeck, A.: Global Food Losses and Food Waste: Extent, Causes and Prevention, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, 2011.
7. Macleod A J. 1981. Rapeseed book. In: A Manual for Growers, Farmers and Advisors. Cambridge Agricultural Publishing, Cambridge. pp. 107-119.
8. <http://www.stgau.ru>

## **Аннотация**

### **ПРИБОРЫ, ОБОРУДОВАНИЕ И СИСТЕМЫ ОЦЕНКИ КАЧЕСТВА ПРОВЕДЕНИЯ УБОРКИ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР**

В.Н. Зубко

*В данной статье рассмотрены приборы, оборудование и системы оценки качества среды, зерноуборочного комбайна и качества выполнения технологической операции. Исследование показателей качества выполнения механизированных технологических операций включает исследование условий работы машинного агрегата, исследования эффективности его работы во время выполнения уборки и контроль качества выполнения работы машинным агрегатом.*

*На сегодня при уборке, по подсчетам различных ученых, на поле остается от 3 до 20 процентов урожая. На современной технике устанавливается множество датчиков для контроля процесса уборки. Но не все процессы еще учтены. И необходимы и в конструкции, и в системе контроля качества выполнения технологических операций, все должно быть направлено на обеспечение потребностей растения.*

*Проведенным анализом литературных источников и на основании ряда лабораторных и полевых экспериментов установлено, что на сегодняшний день действуют агротребования, которые потеряли свою актуальность. Действующие требования к механизированным технологическим операциям были разработаны еще в 60-70 гг. прошлого века. Стремительное развитие аграрного сектора: внедрение космических технологий контроля эффективности роста и развития растений, контроля эффективности использования техники, внедрение новых сортов и гибридов аграрных культур заставляет пересмотреть все эти нормы.*

*Современные системы мониторинга достаточно эффективны, при этом для повышения эффективности их работы необходимо контролировать не только известные параметры, но и те, что на сегодня влияют на урожайность*

прямо или косвенно. Также в статье рассмотрены перспективные направления развития системы контроля качества для анализа и принятия эффективного решения по сохранению урожая.

## **Abstract**

### **DEVICES, EQUIPMENT AND EVALUATION OF QUALITY OF GRAIN CROPS HARVESTING**

V. Zubko

*In this article devices, equipment and systems for assessing the quality of the environment, the combine harvester and the quality of the technological operation are considered. The study of performance indicators of mechanized technological operations includes the study of the conditions of the machine machine, the study of its efficiency during the performance of the production task and the quality control of the performance of the machine machine.*

*Today, according to estimates of various scientists, on the field, from 3 to 20 percent of the harvest remains on the field. And this is only when collecting. On modern technology a set of sensors is installed to control the process of collection. But not all processes are yet taken into account. And necessary changes both in the design and in the system of quality control of the implementation of technological operations, all should be directed to meet the needs of the plant.*

*The conducted analysis of literary sources and on the basis of a number of laboratory and field experiments found that today agrarian acts that have lost their relevance. Current requirements for mechanized technological operations were developed in the 60s and 70s of the last century. The rapid development of the agricultural sector: the introduction of space technologies for monitoring the growth and development of plants for monitoring the use of technology, new varieties and hybrids of agricultural crops forcing see all these rules.*

*Modern monitoring system is quite effective, while for increasing the efficiency of their work need to control not only the known parameters, but those that currently affect productivity directly or indirectly. Also, the perspective directions of development of the quality control system for the analysis and making an effective decision on the preservation of the crop are considered in the article.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРАВМОВАНOSTI НА ЯКІСТЬ НАСІННЕВОГО МАТЕРІАЛУ ОЗИМОГО РІПАКУ, ОТРИМАНОВОГО ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ КОМБАЙНАМИ CLAAS LEXION

Ковалишин С.Й., к.т.н., проф., Швець О.П., к.т.н., в.о. доц.,  
Дадак В.О., к.т.н., в.о. доц., Пташник В.В., к.т.н., в.о. доц.,  
Румак В.А., студент

(Львівський національний аграрний університет)

*В роботі наведено результати досліджень впливу травмованості на якість насінневого матеріалу озимого ріпаку, отриманого під час збирання комбайнами Claas Lexion.*

*Для досліджень наявності мікро- та макротравм використовували зразки насіння, зібраного за вологості маси 8...18 %.*

*Основним видом мікотравм насінин ріпаку були вм'ятини в оболонці та мікотріщини оболонки.*

*Макротравмами проявлялись у вигляді значних пошкоджень оболонки насінини, її часткової або повної відсутності та роздроблення насінин.*

*В результаті досліджень було встановлено, що вміст насіння з мікотравмами (вм'ятини, тріщини оболонки) для всіх зразків коливається від 9,4 % до 14,5 %, в залежності від вологості. Крім того, для насіння з мінімальною вологістю 8 % вміст насінин з макротравмами майже в двічі вищий, ніж у насіння з вологістю 12 %.*

*Також встановлено, що насінневий матеріал, який містить значну кількість травмованого насіння має найнижчу лабораторну схожість.*

*Оскільки найбільш шкідливими, з точки зору впливу на посівні якості насіння ріпаку, є макротравми, то оптимальним буде використання зернозбиральних комбайнів Claas Lexion на збиранні ріпаку за його вологості 12...14 %, оскільки за таких умов травмування насіння, а отже вплив травмованості на його посівні якості є мінімальним.*

**Ключові слова:** травмованість, насіння ріпаку, мікотравми, макротравми, якість, збирання, комбайн.

**Постановка проблеми.** Грунтово-кліматичні умови України є сприятливими для вирощування озимого ріпаку [12]. Його щорічно вирощують на значних площах. Згідно зі звітом Держслужби статистики України, посівна площа озимого ріпаку під урожай 2019 р склала 1,3 млн. га, що на 28% перевищило торішній показник та досягла максимального рівня за останні 9 років. [26]. В сезоні 2019-2020 років при врожайності в Україні очікується виробництво насіння озимого ріпаку на рівні 3,4 млн. тонн, або на 700 тисяч тонн більше, ніж в попередньому [25]. Резерв для збільшення його валового збору на

даний час є великим. Основною його складовою є використання для сівби якісних з високими урожайними властивостями посівного матеріалу. Проте в багатьох випадках цього не вдається досягнути через значну кількість в ньому неякісних, різного роду травмованих насінин.

Використання такого насіння як посівного матеріалу призводить до недостатньої густоти посіву, порушення рівномірності розподілу стеблостою, послаблення розвитку рослин, а в загальному випадку - до зменшення урожаю і не дозволяє реалізувати в ньому потенційної продуктивності сорту культурної рослини.

Серед багатьох видів травм насінин переважають механічні пошкодження, які є найнебезпечнішими з точки зору погіршення посівних властивостей насіння. Інтенсифікація сучасних технологій вирощування озимого ріпаку значно підвищила відсоток механічного травмування його насіння під час сівби, збирання, транспортування, післязбиральної обробки та в процесі зберігання. Серед названих етапів найбільше травмується насіннєвий матеріал під час збирання. Достовірна інформація про вид пошкодження та кількість травмованих насінин після обмолоту зернозбиральними комбайнами слугує вихідною інформацією для вибору технології післязбиральної обробки, яка повинна забезпечити найповніше їх відділення з оброблюваного насіннєвого матеріалу.

**Аналіз останніх публікацій.** Травмування - одна з найістотніших причин зниження посівних якостей насіння сільськогосподарських культур безпосередньо в рік їх збирання та зниження продуктивності рослин у наступних поколіннях [6]. За даними [19, 20] Для посіву використовують зерновий матеріал, який містить 60-80% травмованих насінин. В результаті цього суттєво знижується урожайність культур. Дослідженнями встановлено, що посів насінин з пошкодженим зародком призводить до зниження урожаю зерен колосових культур на 7,1 ц/га, а сівба сильно пошкодженими насінинами є причиною зменшення урожайності на 13,9...15,3 ц/га в порівнянні з урожаєм, отриманим з якісного не травмованого насіння. В середньому, вміст 1% травмованих насінин в посівному матеріалі зернових культур викликає недобір урожаю, рівний 5 кг. Іншими словами, 30% пошкоджених насінин знижують урожай зерна з кожного гектара на 1,5 центнера [17, 22].

За даними [6, 12] загальні втрати з кожного гектара посіву зернових через сівбу травмованим насінням становлять 2-5 ц, що в цілому по Україні становить 5-6 млн. тонн зерна щорічно.

Травмування насіння широко вивчав І. Г Строна [18]. Ним доведено, що природа цього складного і багатогранного явища залежить як від контрольованих людиною факторів технології вирощування культури, так і неконтрольованих природних процесів, викликаних несприятливими природними факторами. Травмування залежить як від екологічних і антропогенних чинників, що зумовлюють формування насіння, так і морфологічної й анатомічної будови.

У сухого і малого насіння головним типом ушкоджень є тріщини, у вологого – вм'ятини. Глибина пошкоджень часто має більше значення, ніж його місцезнаходження [1, 2].

Загальновідомо, що всі механічні мікротравми зерна можна розділити на дві великі групи: макро- і мікропошкодження [21].

До першої групи відносять пошкодження, які можна побачити без додаткових засобів: вибитий зародок; вибита четвертина насінини; частково або повністю видалена насіннева оболонка; вибита частина сім'ядолі; різні вм'ятини та деформації насіння, що виникають в умовах зміни вологості насіння; вибита частина вздовж або поперек насінини.

Другу групу представляють мікропошкодження, видимі за допомогою допоміжних засобів: пошкожене місце прикріплення зерна до плодоніжки; надрив оболонки в області зародка; змертвіння частини тканини насінини, що відокремлюється від насінини, не бере участі у життєдіяльності; мікропошкодження сім'ядолей із внутрішніми тріщинами.

Із всього травмованого матеріалу близько 92-96% становлять скриті, важко видимі мікротравми, і тільки 5-6 % - макротравми [11].

Найбільше травмується насіння під час обмолоту комбайнами. Ступінь травмування в процесі обмолоту залежить від анатомо-морфологічних особливостей, вологості насіння, його форми і крупності, швидкості подачі хлібної маси в молотильний апарат, від конструктивних особливостей і регулювання молотильного апарата та очистки комбайна.

Під час обмолоту макропошкодження можуть становити 3-20%, а мікропошкодження - від 40 до 60% [11].

Кожен з видів пошкодження насіння ріпаку є небажаним явищем. Уникнути його повністю неможливо, а звести ступінь травмування до мінімуму є реальною задачею. Для цього необхідно дослідити вплив робочих органів сільськогосподарських машин на насінневий матеріал даної культури на кожному етапі технологічного процесу його збирання і післязбиральної обробки. Особливо цінними для цього будуть результати з виявлення ступеню шкодочинності посівного матеріалу озимого ріпаку під час обмолоту комбайнами, які дозволять в подальшому розробити конкретні заходи як організаційного, так і технічного плану, спрямовані на зниження кількості травмованих насінин.

**Метою дослідження** було виявлення впливу робочих органів зернозбирального комбайна Claas Lexion на кількісний склад та види пошкодження травмованого під час збирання насінневого матеріалу озимого ріпаку.

**Виклад основного матеріалу.** Під час проведення досліджень ступінь травмованості зерна визначався за наступною методикою. Із бункера зернозбиральних комбайнів Claas Lexion 560 відбирали проби, до яких входили 100 штук насінневого матеріалу озимого ріпаку, отриманого в результаті прямого комбайнування. Повторність – 10-ти кратна. Зразки насіння відбиралися

з насінневого вороху, зібраного за різної вологості жнивної маси. За контрольні були прийняті наступні значення вологості насінневої маси ріпаку під час збирання:  $W = 8\%$ ,  $W = 12\%$ ,  $W = 18\%$ .

У відібраних пробах підраховувалась кількість різного роду травмованих насінин з мікро- і макропошкодженнями (рис.1).



А – якісна достигла насінина; Б – зелена насінина; В – щупла насінина; Г – насінина з частковим пошкодження оболонки; Д – роздроблена насінина (мікротравма); Е – насінина без оболонки; Є – частинка листя; Ж – частинка стручка; З – частинка стебла

Рис. 1 – Візуальний аналіз проби насіння ріпаку

Вид пошкоджень досліджуваного насінневого матеріалу визначали за допомогою електронного мікроскопа Sigeta Forward 10-500x5.0Mpx LCD (рис. 2).

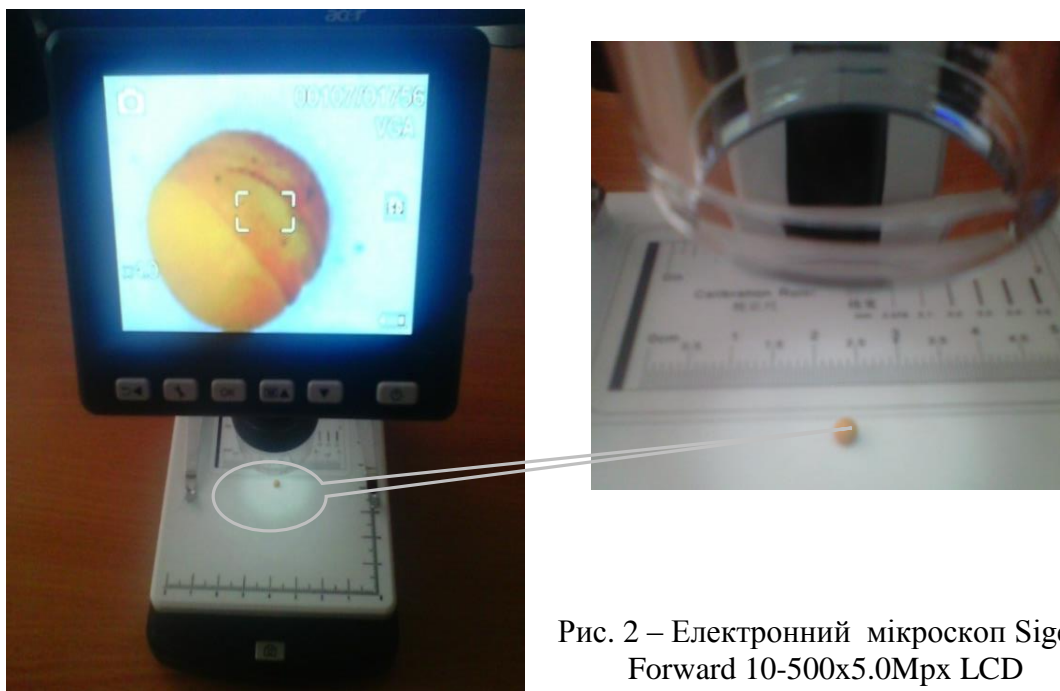


Рис. 2 – Електронний мікроскоп Sigeta Forward 10-500x5.0Mpx LCD



Даний мікроскоп може збільшувати зображення в 10...500 разів, створювати фото об'єкта, вимірювати його розміри з точністю 0,5 мм, має здатність підключення до комп'ютера, в якому за допомогою встановленого програмного забезпечення є можливість більш ретельного вивчення зразка.

Із відібраних проб досліджувані насінини озимого ріпаку встановлювались на стіл мікроскопа, задавалась необхідна роздільовальна здатність та різкість зображення і виконувалось їх фотографування. За отриманими світлинами встановлювали наявність та вид пошкодження (рис. 3).

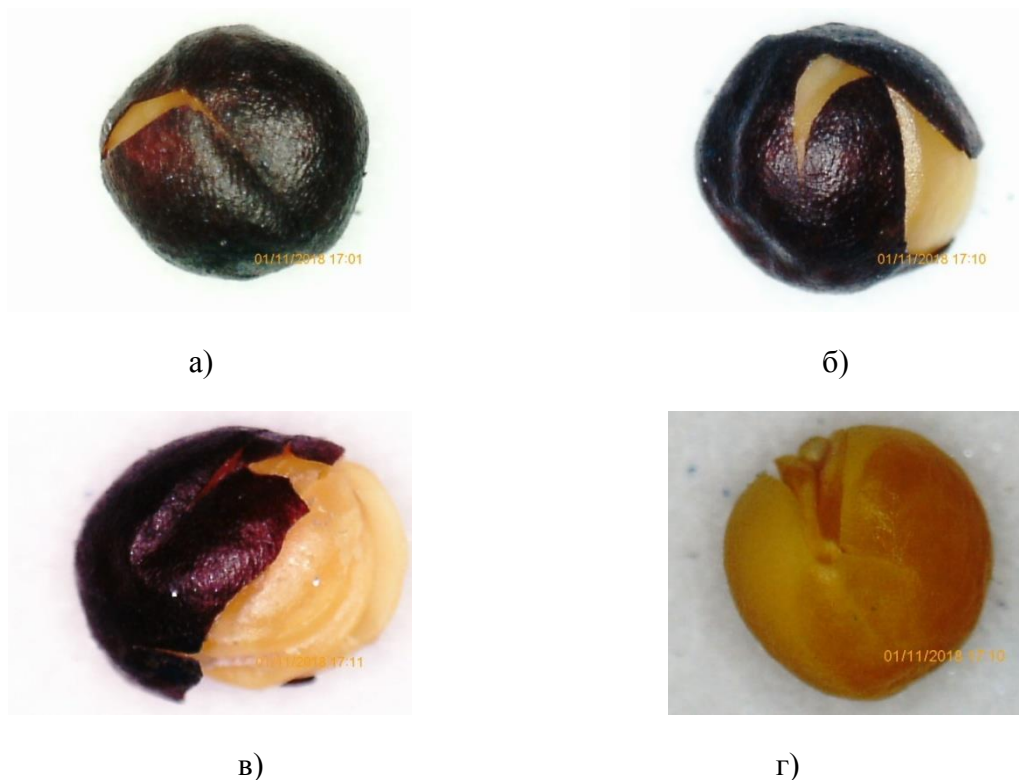


Рис. 3 – Світлини травмованих насінин озимого ріпаку з мікропошкодженнями (а) та макропошкодженнями (б, в, г)

Переважаючим видом мікротравм насінин ріпаку, виявлених за допомогою електронного мікроскопа, були вм'ятини в оболонці та її мікротріщини (рис. 3а).

До виявлених в результаті досліджень макротравм слід віднести суттєві пошкодження оболонки (рис. 3б), її часткову або повну втрату (рис. 3в) та роздробленість насінин (рис. 3г).

Основними джерелами травмування насіння під час обмолоту озимого ріпаку була дія на них робочих органів комбайна. Серед них найбільший вплив на насіннєвий матеріал мали жатка (мотовило, звужувальний шнек), транспортер похилої камери, молотильний апарат, очистка та транспортуючі органи (шнеки, елеватори тощо) (рис.4).

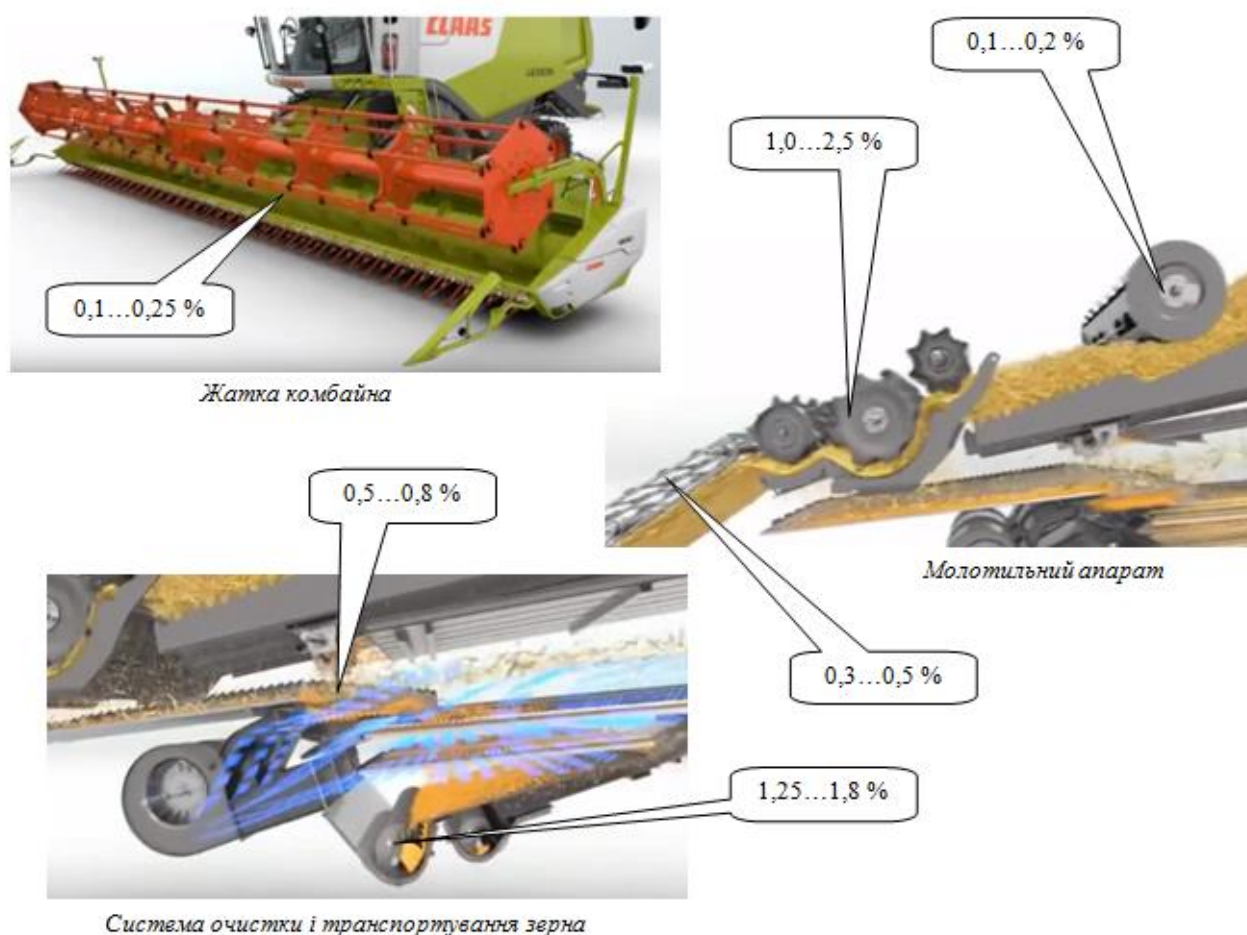


Рис. 4 – Місця травмування насіння робочими органами комбайна Claas Lexion 560

Результати досліджень кількості травмованого насіння у відібраних зразках насіння ріпаку, зібраного зернозбиральними комбайнами Claas Lexion 560 за різної його вологості, наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Результати дослідження якості насіння ріпаку

Вологість насіння під час збирання, %	Вміст насінин з макротравмами, %	Вміст насінин з мікротравмами, %	Лабораторна схожість насіння, %
8	6,1	14,5	83
10	4,8	11,5	88
12	3,2	9,4	95
14	3,5	10,2	92
16	4,3	11,3	86
18	4,8	12,3	78

Аналізуючи наведені в таблиці дані можна стверджувати, що в обмолоченому насіннєвому матеріалі озимого ріпаку виявлено насіння як з

макро-, так і з мікротравмами, причому останнього є значно більше. У всіх досліджуваних пробах його вміст перевищував 10 % і залежав від вологості жнивної маси. Варто зазначити, що зі збільшенням вологості кількість насінин з мікротравмами зменшувалась і для  $W = 8\%$  складала 14,5 %, а для  $W = 12\%$  і  $W = 18\%$  становила, відповідно, 9,4 % та 12,3 %. Даний факт можна пояснити тим, що насінини з підвищеним вмістом вологи володіють пружнішими властивостями, які в певній мірі дозволяють знизити негативний вплив на насіннєвий матеріал робочих органів комбайна під час його обмолоту.

Стосовно макропошкоджень, то у досліджуваних пробах їх виявлено в межах 3,2...6,1 %. Найбільший їх вміст 6,1 % спостерігався у пробах з вологістю 8 %, а найменший – 3,2 % у випадку, коли даний показник становив 12 %.

Спостерігаючи та аналізуючи за технологічним процесом збирання озимого ріпаку зернозбиральними комбайнами Claas Lexion можна заключити, що основними причинами травмування насіння є:

- технологічні регулювання молотильного апарата та інших робочих органів молотарки - частота обертання барабана, молотильні зазори, регулювання очистки, шнеків, елеваторів;

- режим роботи молотильного пристрою та інших робочих органів молотарки - величина та рівномірність подачі вороху в молотарку, рівномірність подачі вороху по довжині барабана тощо;

- конструктивні особливості молотильного апарата – наявність системи APS, яка містить прискорювач потоку маси, встановлений перед бильним молотильним барабаном, та багатопальцевої системи сепарації залишкового зерна MSS, яка складається з барабана-розпушувача з керованими пальцями, встановленого над соломотрясом.

- технічний стан робочих органів молотарки - спрацювання бил, спрацювання і вигин планок підбарабаня, технічний стан шнеків і елеваторів.

В значній мірі на пошкодження насіння озимого ріпаку під час збирання залежить від майстерності комбайнера, стажу роботи, уважності, вміння тощо.

Як показали експериментальні дані, кількість травмованих насінин залежить від вологості жнивної маси. З її підвищенням насіннєвий матеріал пошкоджується в меншій мірі. З огляду на це збирання озимого ріпаку доцільно проводити в ранковий або вечірній час, коли вологість насіння є вищою.

Вплив травмованості ( $T$ , %) насіння на його посівні якості, виражені лабораторною схожістю ( $C$ , %), ілюструє рисунок 5.

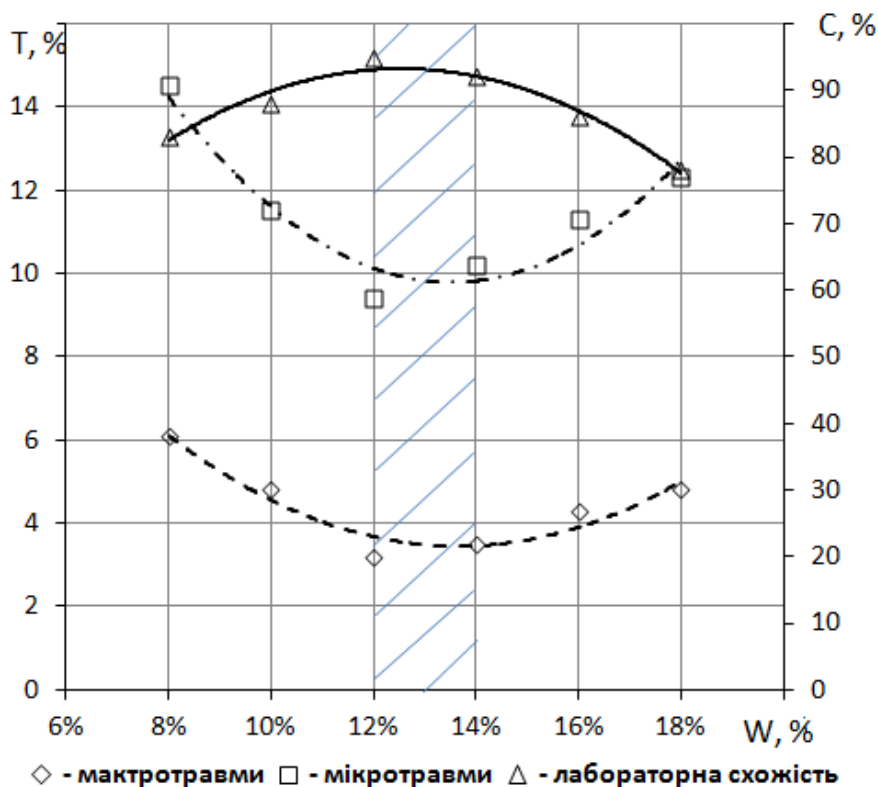


Рис. 5 – Залежність травмованості ( $T$ , %) і лабораторної схожості ( $C$ , %) насіння ріпаку від його вологості ( $W$ , %) на момент збирання комбайнами Claas Lexion

Аналізуючи отримані залежності можна зробити висновок, що насіннєвий матеріал, зібраний за мінімальної і максимальної вологості має найнижчу лабораторну схожість. Найвищу якість за посівними властивостями має насіннєвий матеріал з мінімальними показниками травмованості, зібраний за вологості 12 ... 14 % .

**Висновки та пропозиції.** Збирання озимого ріпаку зернозбиральними комбайнами Claas Lexion, як і багатьма іншими, призводить до появи в обмолоченому насіннєвому матеріалі озимого ріпаку насіння як з макро-, так і з мікротравмами, причому останнього є значно більше.

Залежно від вологості жнивної маси травмованих насінин з мікротравмами після обмолоту виявлено в межах 9,4...14,5 %, а з макротравмами – 3,2...6,1 %. Найбільший вміст травмованих насінин спостерігається в насіннєвому матеріалі, зібраному за мінімальної та максимальної вологості. Середнє значення лабораторної схожості такого насіння не перевищує 80 %.

Основними причинами травмування насіння є негативна механічна дія робочих органів, особливо молотильного апарату, на жнивну масу. Тому одним із шляхів зменшення кількості травмованих насінин є правильні технологічні регулювання молотильного апарату та оптимізація режимів його роботи.

Знизити травмування насіннєвого матеріалу озимого ріпаку можливо правильним вибором часу збирання, оскільки на даний показник впливає вологість жнивної маси, яка має значні коливання впродовж доби.

## Список використаних джерел

1. Дерев'яно Д.А. Дослідження травмування насіння робочими елементами протруювача при проходженні технологічного процесу. Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація. 2016. Вип. 29. С. 18-24.
2. Дерев'яно Д. Дослідження ударної взаємодії травмування насіння поверхнею циліндричного решета вібросепаратора після його сходження з диска розподільника. Техніка і технології АПК. 2015. №6(69). URL: [http://ndipvt.com.ua/oldsite/arcive\\_journal/2015/ТТАРК%2006\\_2015.pdf](http://ndipvt.com.ua/oldsite/arcive_journal/2015/ТТАРК%2006_2015.pdf) (дата звернення: 17.10.2018).
3. ДСТУ 4138–2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначання якості. Київ: Держспоживстандарт України, 2003. 173 с. (Стандарт Держспоживстандарту України).
4. Кирпа М. Збирання та збереження ріпаку. Спецвипуск ж. Пропозиція. Озимий ріпак від А до Я. 2017. URL: <https://propozitsiya.com/sbor-i-hranenie-rapsa>.
5. Насіннезнавство та методи визначення якості насіння сільськогосподарських культур: навчальний посібник / за ред. С. М. Каленської. Вінниця: ФОП Данилюк, 2011. 275 с.
6. Каленська С.М., Новицька Н.В., Стрихар А.Є. Найважливіший тип травм. Насінництво. 2010. №9. С.8-12.
7. Кирпа М. Я., Базілева Ю. С. Особливості травмування насіння кукурудзи та методи його попередження. Бюлетень Інституту зернового господарства. 2011. № 40. URL: [http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg\\_2011\\_40\\_16](http://nbuv.gov.ua/UJRN/bisg_2011_40_16) (дата звернення: 18.10.2018).
8. Кирпа М. Я., Пащенко Н. О., Базілева Ю. С. Природа травмування насіння кукурудзи та методи його визначення. Селекція і насінництво. 2009. № 97. С. 196–202.
9. Ковалишин С.Й., Швець О.П. Оцінка ступеня травмованості насіння озимого ріпаку електронно-мікроскопічним методом. Вісник ХНТУСГ ім. П.М. Василенка. Технічні науки: «Механізація сільськогосподарського виробництва» 2012. Вип. 124, том 1. С. 270-276.
10. Ковалишин С.Й., Швець О.П. Оцінка якості насіння методом рентгеноскопічного аналізу. Вчені Львівського національного аграрного університету виробництву: Каталог інноваційних розробок. 2017. Вип. XVII. С. 41.
11. Косилов Н.И. Состояние и тенденции совершенствования зерноуборочных машин: Учебное пособие. Челябинск, 1983. 99 с
12. Лихочвор В.В. Технології вирощування с.г. культур. Львів: Українські технології, 2002. 797 с.
13. ДСТУ 4138-2002. Насіння сільськогосподарських культур. Методи

- визначання якості. [Чинний від 2004-01-01]. Київ 2003. 173 с. (Держспоживстандарт України).
14. Новицька Н.В. Травмування насіння як чинник зниження врожайності сільськогосподарських культур. Науковий вісник НАУ. 2008. Вип. 123. С. 58–68.
  15. Новицька Н. В. Шляхи зниження негативних наслідків травмування насіння. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України. Сер.: Агрономія. 2012. Вип. 176. - С. 40-45.
  16. Пискунова Л.Г. Посевные качества и урожайные свойства семян в зависимости от травмирования и условий хранения. Селекция и семеноводство. 1982. Вып. 51. С. 53–57.
  17. Тарасенко А. П. Снижение травмирования семян при уборке и послеуборочной обработке. Воронеж, ФГОУ ВПО ВГАУ, 2003. 301 с.
  18. Травмирование семян и его предупреждение / под общей ред. И.Г. Строны. Москва: Колос, 1972. 159 с.
  19. Фадеев Л.Ф. Решета Фадеева не режут зерно. Насінництво. 2010. №10. С. 26-29.
  20. Фадеев Л.Ф. Нории полного ковша зерно не бьют. Насінництво. 2010. №11. С. 22-25.
  21. Фирсова М.К., Попова Е.П. Оценка качества зерна и семян. Москва: Колос, 1981. 223 с.
  22. Чазов С.А., Миттельман Г.С., Романов П.П. Семеноводство зерновых культур на Среднем Урале. Свердловск, 1976. 94 с.
  23. Шелепова В.И., Кавунец В.П. Травмирование семян и способы его снижения. Зерновые культуры. 1988. № 14. С. 31–33.
  24. Kovalyshyn S., Shvets O. Study of efficiency of additional cleaning of rape seeds on the electrofrictional separator. VI International Scientific Congress Agricultural machinery. Year II, Volume 1/3, June 2018. Proceedings. Volume 1. Agricultural machines. Research and testing. New machine designs. 25.06 – 28.06.2018. Burgas, Bulgaria. P. 13-15.
  25. Ринок ріпаку і сої: основні тренди. Агробізнес сьогодні: веб-сайт. URL: <http://agro-business.com.ua>. (дата звернення: 12.02.2019).
  26. Площа озимого ріпаку в Україні під врожай 2019 року майже на 30% вища за минулорічну. Пропозиція: веб-сайт. URL: <https://propozitsiya.com/ua> (дата звернення: 12.02.2019).

## **Аннотация**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТРАВМИРОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО СЕМЕННОГО МАТЕРИАЛА ОЗИМОГО РАПСА, ПОЛУЧЕННОГО ВО ВРЕМЯ УБОРКИ КОМБАЙНАМИ CLAAS LEXION**

Ковалишин С.Й., Швець А.П., Дадак В.А., Пташник В.В., Румак В.А.

*В работе приведены результаты исследований влияния травмирования на качество семенного материала озимого рапса, полученного в результате уборки комбайнами Claas Lexion.*

*Для исследований наличия микро- и макротравм использовали образцы*

семян, убранных при влажности массы 8...18 %.

Основным видом микротравм семян рапса были вмятины оболочки семени, её частичного или полного отсутствия и раздробления семян.

В результате исследований было установлено, что количество семян с микротравмами (вмятины, трещины оболочки) для всех образцов колебался от 9,4 % до 14,5 %, в зависимости от влажности. Кроме того, для семян с минимальной влажностью 8 % количество семян с макротравмами почти вдвое выше, чем у семян с влажностью 12 %.

Также установлено, что семенной материал, который имел большое количество травмированных семян, имеет самую низкую лабораторную всхожесть. Поскольку максимальный вред, с точки зрения влияния на посевные качества семян рапса, имеют макротравмы, то оптимальным будет использование зерноуборочных комбайнов Claas Lexion на уборке рапса при его влажности 12...14 %, поскольку при таких условиях травмирование семян, а значит и его влияние на посевные качества минимальное.

**Ключевые слова:** травмирование, семена рапса, микротравмы, макротравмы, качество, уборка, комбайн.

## **Abstract**

### **STUDY OF THE TRAUMATIZING EFFECT ON THE QUALITY OF THE WINTER RAPE SEED HARVESTED BY THE CLAAS LEXION COMBINES**

Kovalyshyn S.Y., Shvets O.P., Dadak V.O., Ptashnyk V.V., Rumak V.A.

*In the article, the results of the research are presented as to impact of traumatism on the quality of winter seed rape obtained during harvesting by Slaas Lexion combines. For studies on the presence of micro and macro traumas, the samples of seeds were used. The moisture content of seed mixture was 8 ... 18% during the harvesting time. The main types of rape seed micro trauma were the dents in the shell and the micro cracks of the covering. Macro traumas were revealed in the form of significant damage to the covering of the seed, covering partial or complete absence and fragmentation of the seeds. As a result of the research, it was found that the content of seeds with micro traumas (dents, cracks in the covering) for all samples varies from 9.4% to 14.5%, depending on the moisture of content. In addition, for seeds with a minimum moisture content of 8%, the content of seed with macro traumas is almost twice as high as in seeds with a moisture content of 12%. Also it has been found that seed material containing a significant quantity of traumatized seeds has the lowest laboratory germinating power. The rape seed will be optimal for harvesting at the condition of 12 ... 14% moisture by the Claas Lexion combine harvesters, as the most harmful to the sowing properties of the rape seed is micro trauma. Under such conditions, trauma of winter rape seed is minimal, and therefore the impact of traumatism on sowing quality of rape seed is also minimal.*

**Key words:** traumatizing, rape seed, microtrauma, macrotrauma, quality, harvesting, combine.

## ПРО ОСОБЛИВОСТІ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ СІВАЛОК ПО ПОЛЮ

**Ярошенко П.М., доцент**

(Сумський національний аграрний університет)

*Ефективність виробництва продукції рослинництва великою мірою залежить від раціонального поєднання і послідовності виконання виробничих процесів, повного використання технічних можливостей машинних агрегатів, правильної організації виконання кожної операції.*

*Правильний спосіб раціонального способу руху агрегату має велике значення для підвищення якісних і техніко-економічних показників роботи.*

*Способи руху машинних агрегатів і види поворотів залежать від виду виконуваної роботи, агротехнічних вимог, що пред'являються до даного виду робіт, конструктивних особливостей робочих машин, систем з'єднання з трактором та інших чинників.*

*Всі відомі способи руху сільськогосподарських агрегатів, а також їх повороти та розвороти в кінці гону розроблялись і були відомі ще в 60-70-х роках минулого століття. Вони змінювались і удосконалювались з розвитком сільськогосподарських агрегатів. На сьогоднішній день вони детально описані у всіх підручниках по експлуатації та машиновикористанню. Час від часу способи руху згадуються у різних публікаціях, але при цьому не аналізуються як такі.*

*Метою даного дослідження є обґрунтування способів руху посівних агрегатів, що використовуються під час сівби як зернових так і технічних культур та мають сучасні навігаційні прилади, з точки зору мінімальної кількості холостих ходів на поворотних смугах.*

*Вибір руху залежить від розміру поля. Для простих одномашинних високоманеврових посівних агрегатів найбільш доцільно використовувати гоновий (човниковий) спосіб руху агрегату з петльовими поворотами в кінці гону, тому що при даному способі руху агрегату забезпечується найбільша продуктивність і економічність роботи агрегату, а також додержання агротехнічних вимог.*

*Для сучасних посівних машин більш доцільнішим способом руху по полю буде човниковий односторонній з круговим безпетльовим або безпетльовим з прямолінійною ділянкою поворотом.*

*Посівні агрегати з шириною захвату 16 м і більше будуть мати ще складніші маневри на полі під час поворотів та розворотів. Здійснювати керування ними можна тільки в тому випадку, коли посівний комплекс має встановлену систему паралельного водіння на базі GPS навігації.*

**Постановка проблеми.** Рух машинних агрегатів під час проведення польових сільськогосподарських робіт характеризується певною циклічністю.



До кожного циклу входять робочий хід і поворот (розворот) для зміни напрямку руху на зворотній або під деяким кутом до закінченого робочого ходу. До елементів руху агрегатів по полю відносяться також додаткові заїзди і переїзди.

Способи руху машинних агрегатів і види поворотів залежать від виду виконуваної роботи, агротехнічних вимог, що пред'являються до даного виду робіт, конструктивних особливостей робочих машин, систем з'єднання з трактором та інших чинників.

З приходом на українські лани потужних закордонних тракторів та широкозахватних посівних комплексів здійснюються зміни і в способах руху даних машин та порядку виконання елементів руху агрегатів по полю. Це пов'язано не тільки з габаритами агрегатів, а й з використанням електронних засобів контролю роботи та систем позиціонування машин в просторі і часі.

**Аналіз останніх результатів досліджень.** Всі відомі способи руху сільськогосподарських агрегатів, а також їх повороти та розвороти в кінці гону розроблялись і були відомі ще в 60-70-х роках минулого століття. Вони змінювались і удосконалювались з розвитком сільськогосподарських агрегатів. На сьогоднішній день вони детально описані у всіх підручниках по експлуатації та машиновикористанню [1, 2]. Час від часу способи руху згадуються у різних публікаціях, але при цьому не аналізуються як такі. Так в своїй роботі В.Т. Надикто [3] розглядав доцільність застосування оборотного плуга замість звичайного де використовувались два орних агрегати, які здійснювали прямо-лінійні рухи по полю в межах загінки. Вони також виконували відомі специфічні для орних начіпних агрегатів розвороти та повороти в кінці гону на поворотній смузі. При цьому автор аналізував їх ефективність для вибраних агрегатів з позиції довжини та швидкості.

**Мета досліджень.** Метою даного дослідження є обґрунтування способів руху посівних агрегатів, що використовуються під час сівби як зернових так і технічних культур та мають сучасні навігаційні прилади, з точки зору мінімальної кількості холостих ходів на поворотних смугах.

**Виклад основного матеріалу.** Робочі і холості ходи, а також повороти складають основні елементи руху машинного агрегату. При виборі способу руху і виду повороту агрегату прагнуть збільшити долю робочих ходів в загальному балансі шляху або часу. Ефективність вибраного способу руху і виду поворотів характеризує коефіцієнт робочих ходів  $\varphi$ , який показує витрати часу на холостий рух агрегату і розраховується по формулі [2]:

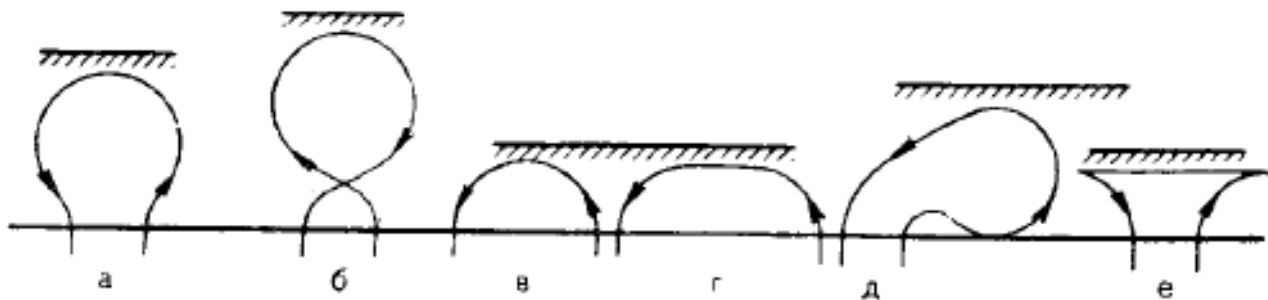
$$\varphi = \frac{S_p}{S_p + S_x},$$

де:  $S_p$  – сумарна довжина робочих ходів;  $S_x$  – сумарна довжина холостих ходів.

Приведена формула показує, що для підвищення продуктивності агрегатів,

тобто для збільшення коефіцієнта робочих ходів, слід подовжувати гін і зменшувати радіус повороту агрегату.

При виборі виду повороту враховуються наступні вимоги: можливість його виконання; дотримання умов техніки безпеки; досягнення найбільшої продуктивності машинного агрегату і найменшої витрати палива; залишення можливо меншої ширини поворотної смуги. Найчастіше посівними агрегатами на практиці застосовуються наступні види поворотів, зображені на рис. 1.



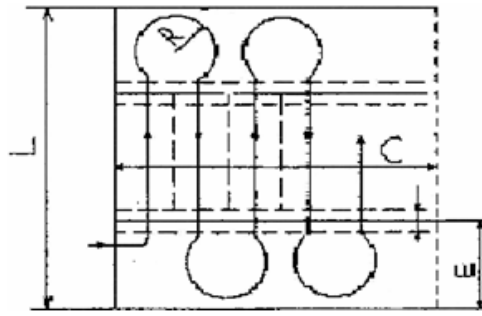
а – петльовий; б – петльовий вісімкою; в – півколом; г – з холостим пробігом; д – грушовидний; е – із застосуванням заднього ходу для навісних машин.

Рис. 1 – Основні види поворотів посівних машинних агрегатів

Ширина поворотної смуги має бути кратною ширині захвату агрегату, щоб після обробки основної ділянки її можна було обробити цілим числом проходів. Ширина поворотної смуги має бути мінімальною, що забезпечує поворот агрегату для наступного заїзду. Найбільша ширина поворотної смуги виходить при повному петльовому повороті, найменша – при поворотах по півколу і з холостим пробігом. При роботі з навісними машинами ширина поворотної смуги залежить тільки від радіусу повороту трактора і може бути зменшена за рахунок застосування заднього ходу.

Правильний спосіб раціонального способу руху агрегату має велике значення для підвищення якісних і техніко-економічних показників роботи.

Вибір руху залежить від розміру поля. Для простих одномашинних високоманеврових посівних агрегатів найбільш доцільно використовувати гоновий (човниковий) спосіб руху агрегату з петльовими поворотами в кінці гону (рис. 2), тому що при даному способі руху агрегату забезпечується найбільша продуктивність і економічність роботи агрегату, а також додержання агротехнічних вимог. За даного способу руху забезпечується раціональне використання і комбінованих ґрунтообробно-посівних навісних машинних агрегатів ширина захвату яких знаходиться в межах 6...8 м.



E – поворотна смуга; L – довжина поля; C – ширина поля.

Рис. 2 – Гоновий (човниковий) спосіб руху посівного агрегату

Після сівби поле вирівнюють і часто прикочують. Загальна тривалість посівної не повинна перевищувати 5...6 днів. Сівбу на одному полі необхідно закінчувати за 1...2 дні.

Однак сучасні широкозахватні посівні комплекси дуже важко справляються з традиційними способами руху, особливо з петльовими поворотами та розворотами на 180°.

Для сучасних посівних машин більш доцільнішим способом руху по полю буде човниковий односторонній з круговим безпетльовим або безпетльовим з прямолінійною ділянкою поворотом (рис. 3). При цьому необхідно розуміти, що сучасна широкозахватна сівалка маючи GPS навігацію, спочатку обходить (обсіває) краї поля по периметру. Запам'ятовує засіяну площу, а потім, під час основної сівби, відключає сошники там де вже проведено сівбу.

Таку траєкторію руху будуть мати посівні агрегати з шириною захвату від 8 до 12 м з радіусом повороту, що наближено дорівнює робочій ширині захвату агрегату. До таких агрегатів можна віднести посівний комплекс «ПАРТНЕР – 9М» в агрегаті з трактором ХТЗ-17221, який має потужність двигуна у 128,8 кВт (175 к.с.).

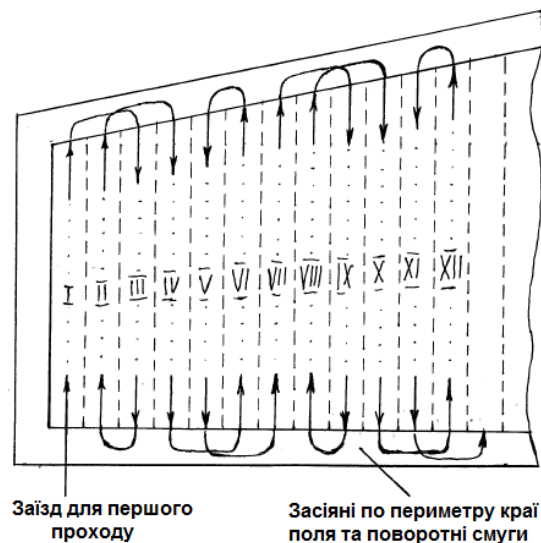


Рис. 3 – Човниковий односторонній з круговим безпетльовим або безпетльовим з прямолінійною ділянкою поворотом

При проведенні сівби основної площі посівний комплекс розпочне рухатись вздовж однієї із сторін поля, здійснюючи односторонні повороти вправо або вліво. При цьому необхідно зауважити, що після першого проходу агрегат повинен здійснити поворот з пропуском одного проходу сівалки. Це необхідно для того, щоб в подальшому агрегат здійснював однотипні повороти вправо чи вліво з пропуском або без пропуску проходу сівалки. Здійснювати такі маневри можна тільки в тому випадку, коли посівний комплекс має встановлену систему паралельного водіння на базі GPS навігації.

Система паралельного водіння на базі GPS навігації – технічно досконала і економічно вигідна технологія для сучасних сільськогосподарських машин. Особливо ефективно використання систем паралельного водіння разом з широкозахватними посівними агрегатами.

З допомогою систем супутникової навігації можна рухатись і прямолінійно і криволінійно та навіть по кривих довільних лініях. Головна ідея в тому, щоб звести до мінімуму перекриття та пропуски між сусідніми проходами агрегату і при цьому привести витрати тільки на обладнання і швидке навчання, а не, наприклад, на роботи по розставлянню віх.

Посівні агрегати з шириною захвату 16 м і більше будуть мати ще складніші маневри на полі під час поворотів та розворотів. На засіяних поворотних смугах вони зможуть здійснювати тільки поворот на  $90^\circ$  з прямолінійною ділянкою пробігу через один або два проходи сівалки (рис. 4). До таких агрегатів належать HOSCH Maestro 24 з трактором John Deere 8270R, KINZE 3700 в агрегаті з трактором Challenger MT765C потужність двигуна якого становить 320 к.с. [4]

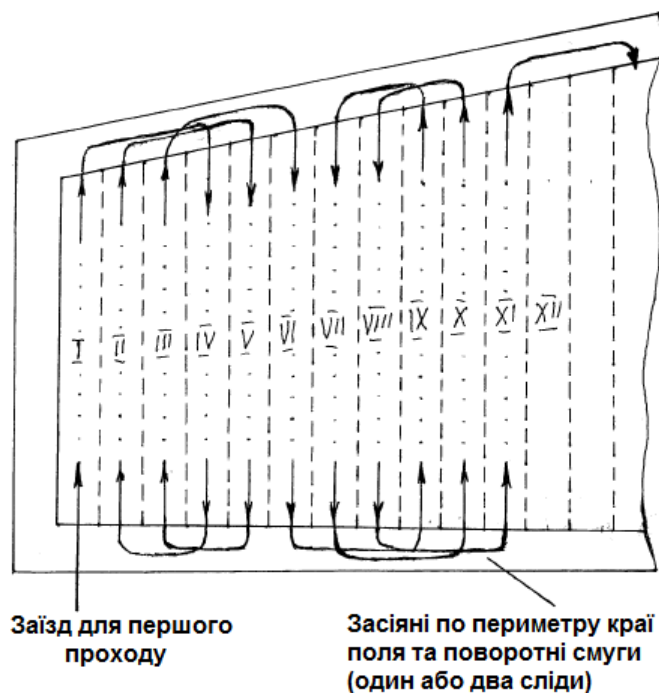


Рис. 4 – Човниковий односторонній безпетльовий з прямолінійною ділянкою поворот

Сівба широкозахватними агрегатами потребує значних площ. Маючи значні габарити такі агрегати є неповороткими, ними важко зробити розворот на 180°, тому зазвичай ними здійснюють односторонні повороти вправо або вліво. При цьому необхідно зауважити, що після першого проходу агрегат повинен здійснити поворот з пропуском двох проходів сівалки. Це необхідно для того, щоб в подальшому агрегат здійснював однотипні повороти вправо чи вліво з пропуском, як мінімум, одного проходу сівалки. Звичайно, здійснювати такі робочі ходи та повороти можна тільки при наявності системи паралельного водіння на базі GPS навігації.

Як бачимо, із збільшенням габаритів посівних агрегатів змінюються і траєкторії їх руху як в полі, так і на поворотних смугах. За відсутності достовірних даних, поки що важко визначити всі необхідні параметри поворотів та розворотів таких агрегатів. Це буде справа подальших досліджень.

### **Висновки.**

Використання посівних широкозахватних комплексів призводить до зміни траєкторій їхнього руху як під час роботи, так і при поворотах та розворотах. Змінюється також і порядок проведення сівби на поворотних полосах. Наявність систем GPS навігації полегшує керування складними посівними системами. Використання високотехнологічних систем паралельного водіння дозволяє здійснювати якісне водіння посівного агрегату по всій площі поля з максимальною точністю незалежно від погодних умов і часу доби.

### **Список використаних джерел**

1. *Машиновикористання в землеробстві* / В. Ю. Ільченко, Ю. П. Нагірний, П. А. Джолос та ін.; За ред. В. Ю. Ільченка і Ю. П. Нагірного. – Київ.: «Урожай», 1996. – 384 с.
2. *Пособие по эксплуатации машинно-тракторного парка. Изд. 2-е, перераб. и доп.* / Н. Э. Фере, В. З. Бубнов, А. В. Еленев, Л. М. Пильщиков. – М.: Колос, 1978. – 256 с., ил.
3. Надикто В.Т. Щодо доцільності використання оборотного плуга / В.Т. Надикто // *Вісник аграрної науки*. – 2014. – № 10. – С. 51-54.
4. [www.kinze.com](http://www.kinze.com)

### **Аннотация**

## **ОБ ОСОБЕННОСТЯХ ТРАЕКТОРИЙ ДВИЖЕНИЯ СЕЯЛОК ПО ПОЛЮ**

Ярошенко П.Н.

*Эффективность производства продукции растениеводства в большей степени зависит от рационального сочетания и последовательности*

*выполнения производственных процессов, полного использования технических возможностей машинных агрегатов, правильной организации выполнения каждой операции.*

*Правильный способ рационального способа движения агрегата имеет большое значение для повышения качественных и технико-экономических показателей работы.*

*Способы движения машинных агрегатов и виды поворотов зависят от вида производимой работы, агротехнических требований, которые предъявляются к данному виду работ, конструктивных особенностей рабочих машин, систем соединения с трактором и других факторов.*

*Все известные способы движения сельскохозяйственных агрегатов, а также их повороты и развороты в конце гона разрабатывались и были известны еще в 60-70-х годах прошлого века. Они изменялись и совершенствовались с развитием сельскохозяйственных агрегатов. На сегодняшний день они детально описаны во всех учебниках по эксплуатации и машиноиспользованию. Время от времени способы движения вспоминаются в разных публикациях, но при этом не анализируются как таковые.*

*Целью данного исследования является обоснование способов движения посевных агрегатов, которые используются во время сева как зерновых так и технических культур и имеют современные навигационные приборы, с точки зрения минимального количества холостых ходов на поворотных полосах.*

*Выбор движения зависит от размера поля. Для простых одномашинных высокоманевренных посевных агрегатов наиболее целесообразно использовать гоновый (челночный) способ движения агрегата с петлевыми поворотами в конце гона, потому что при данном способе движения агрегата обеспечивается наибольшая производительность и экономичность работы агрегата, а также выполнения агротехнических требований.*

*Для современных посевных машин более целесообразным способом движения по полю будет челночный односторонний с круговым безпетлевым или безпетлевым с прямолинейным участком поворотом.*

*Посевные агрегаты с шириной захвата 16 м и больше будут иметь еще более сложные маневры на поле во время поворотов и разворотов. Осуществлять управление ими можно только в том случае, когда посевной комплекс имеет установленную систему параллельного вождения на базе GPS навигации.*

## **Abstract**

### **ABOUT PECULIARITIES OF TRAJECTORIES MOVEMENT OF SEEDERS IN THE FIELD**

Yaroshenko P.M.

*The effectiveness of crop production depends to a large extent on the rational combination and consistency of production processes, the full utilization of the technical capabilities of machine aggregates, the correct organization of each operation.*

*The correct way of a rational mode of movement of an aggregate is of great importance for improving the quality and techno-economic indicators of work.*

*Methods of movement of machine aggregates and types of turns depend on the type of work performed, the agricultural requirements for this type of work, the design features of working machines, connection systems with the tractor and other factors.*

*All known methods of agricultural aggregate movement, as well as their twists and turns at the end of the race, were developed and known in the 1960s and 1970s. They changed and improved with the development of agricultural aggregates. To date, they are described in detail in all textbooks on operation and machine use. From time to time, methods of movement are mentioned in various publications, but are not analyzed as such.*

*The purpose of this study is to substantiate the methods of movement of sowing aggregates used during sowing of both cereals and industrial crops and have modern navigation devices in terms of the minimum number of idle strokes on the turning strips.*

*The choice of motion depends on the size of the field. For simple single-engine high-maneuvering sowing units, it is most advisable to use gonovy (shuttle) mode of movement of the unit with loop turns at the end of the race, because in this method of movement of the unit the highest productivity and efficiency of the unit, as well as compliance with agrotechnical requirements are ensured.*

*For modern sowing machines, a more appropriate way of moving in the field will be a single-sided shuttle with a circular bezelovym or bezelovym with a straight line turning.*

*Sowing units with a width of 16 m or more will have even more complex maneuvers on the field during turns and turns. You can manage them only if the sowing complex has an established system of parallel driving on the basis of GPS navigation.*

## ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ І РОЗРОБКИ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ

Анікєєв О.І., Сировицький К.Г., Агапов М.О.

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)*

*Логістика сприяє ефективному розвитку підприємства завдяки вибору відповідної логістичної стратегії; формуванню адекватної логістичної системи; раціональній організації логістичного процесу на підприємстві; розв'язанню проблем міжфункціональної та міжорганізаційної координації та інтеграції. У світовій практиці існує чотири підходи до організації логістичної діяльності підприємства. Перший — підприємство самостійно створює відділ логістики, функції якого полягають у здійсненні всіх процесів логістичної діяльності від закупівлі сировини/матеріалів до збуту продукції. Другий підхід передбачає передачу виконання частини логістичних функцій стороннім компаніям. Третій підхід – аутсорсинг усіх логістичних функцій. Четвертий підхід – тісна співпраця з логістичним провайдером. Будучи відносно новим інструментом управління, логістика являє собою синтез багатьох методів і принципів таких традиційних сфер діяльності, як маркетинг, виробництво, фінанси, вантажоперевезення. Використання концепцій логістики дозволяє здійснити тісну інтеграцію виробництва, матеріально-технічного забезпечення, транспорту та передачі інформації про рух товарів у єдину систему.*

**Останні дослідження.** Підприємства на сучасному етапі розвитку розглядаються у взаємозв'язку з постачальниками сировини та споживачами готової продукції, та є частиною логістичної системи для реалізації конкурентних переваг та отримання ефекту від виробничо-комерційної діяльності.

Питання впровадження логістичного управління підприємств розглядали багато зарубіжних і вітчизняних вчених, таких як Б. Анікін, Р. Баллоу, Д. Дж. Бауерсокс, А. Гаджинський, Є. Голіков, Т. Загорна, О. Зборовська, Є. Крикавський, Р. Ларіна, М. Окландер, Ю. Райнхард, В. Сергєєв, В. Ткаченко, Д. Уотерс, Л. Фролова, Р. Хоскінсон, Г. Череп, Н. Чухрай, та ін.

Тенденції світового економічного розвитку призводять до зростання вимог до ефективності діяльності підприємств. Тому все більш актуальним стає раціональне планування виробництва та збуту, що зорієнтовані на задоволення попиту з мінімальними витратами, посилення координації між взаємопов'язаними видами діяльності. Вирішення цих завдань потребує розвинутої логістики, наявності компетентного логістичного менеджменту. Логістичний підхід до управління бізнесом стає головною складовою його конкурентоспроможності. Цим шляхом йдуть всі розвинуті країни та провідні компанії світу.

Логістика сприяє ефективному розвитку підприємства завдяки вибору



відповідної логістичної стратегії; формуванню адекватної логістичної системи; раціональній організації логістичного процесу на підприємстві; розв'язанню проблем міжфункціональної та міжорганізаційної координації та інтеграції.

Практично доведено, що економічний ефект від застосування логістичного підходу до управління потоками ресурсів містить такі складові:

- скорочення запасів на всьому шляху логістичного потоку (від 30 до 70%) за рахунок високого ступеня погодженості дій учасників логістичних процесів;
- скорочення часу проходження товарів по логістичному ланцюгу.;
- зниження транспортних витрат (на 30-50%) шляхом оптимізації маршрутів та графіків руху транспорту;
- скорочення витрат ручної праці на операції з вантажем завдяки застосуванню однотипних засобів механізації, однакової тари, аналогічних технологічних прийомів вантажопереробки в усіх ланках логістичного ланцюга.

Сукупний економічний ефект від використання логістики, як правило, перевищує суму ефектів від покращення перерахованих показників завдяки інтегративним властивостям логістичних систем.

За даними Європейської логістичної асоціації та Національної ради з управління фізичним розподілом США впровадження логістичного підходу дає можливість на 10-30% знизити собівартість продукції та на 30-70% скоротити обсяги матеріально-технічних запасів.

Зокрема, на підприємствах "Ford", "Jeneral Motors" впровадження логістичного підходу дозволило зменшити рівень запасів на 40%, у фірмі "XEROX" – у два рази. З досвіду провідних західних компаній відомо, що скорочення на 1% витрат на виконання логістичних функцій еквівалентне 10%-му зростанню обсягів продажу.

Концепція логістики набуває все ширшого використання у вищих ешелонах управління компаніями, покладається в основу ділової стратегії фірм та використовується як знаряддя у конкурентній боротьбі.

Розглянемо стан розвитку логістичної діяльності та логістичного забезпечення в Україні. Вважається, що в Україні концепція логістики отримала розповсюдження починаючи з 1990-х років. В 2006 році в Києві відбувся 1-й Міжнародний форум "Логістика в Україні". Видається ряд спеціалізованих журналів. На організацію логістичного процесу на вітчизняних промислових підприємствах щорічно витрачається від 10 млрд. дол. США. За підрахунками Української логістичної асоціації, в Україні на перевезення, зберігання продукції та сировини підприємства витрачають 15 % ВВП (для порівняння, –в ЄС і США логістичні витрати становлять 12-16 %, у Китаї – 26 %, в Японії – 6 %). За даними експертних оцінок, в Україні 70 % логістичних витрат припадає на транспорт (7 млрд. дол. США), 25 % – складське зберігання (2,5 млрд. дол. США), близько 5 % – управління логістичними потоками (0,5 млрд. дол. США).

У світовій практиці існує чотири підходи до організації логістичної діяльності підприємства. Перший — підприємство самостійно створює відділ логістики, функції якого полягають у здійсненні всіх процесів логістичної діяльності від закупівлі сировини/матеріалів до збуту продукції. За використання цього підходу будуються склади підприємства, створюється автопарк, формується великий штат працівників, тобто мова йде про цілком автономний підхід до здійснення логістичної діяльності (мовою фахівців – 1р1). Другий

підхід передбачає передачу виконання частини логістичних функцій стороннім компаніям. Наприклад, складське зберігання або окремі види перевезення (2р1). Третій підхід – аутсорсинг усіх логістичних функцій, зокрема управління поставками сировини та відвантаження продукції (3р1). Четвертий підхід – тісна співпраця з логістичним провайдером, який не лише забезпечує доставку, відвантаження та координування, а й просуває товар у роздрібній мережі (4р1).

Західні компанії в основному використовують два останні способи організації логістики. Ситуація в Україні відрізняється від західних підприємств. На українському ринку за принципом автономної логістики працює близько 10% підприємств. В основному це компанії, які володіють власними складами та автопарком. Майже 90% українських виробників працюють за схемою 2р. Підприємств, які віддали повністю логістичне забезпечення на аутсорсинг, в Україні приблизно 1%. За проведеним дослідженням логістичних компаній України, що надають комплекс консалтингових послуг з підтримки бізнес-процесів у сфері стратегічного й операційного менеджменту, інформаційних технологій, транспортування, складування тощо, визначено основні підприємства-клієнти різних галузей економіки, а саме: підприємства важкої промисловості (15%), підприємства енергетики (20%), підприємства фінансового сектора (10%), підприємства машинобудівної галузі (10%), на торгівлю і будівництво припадає по 7%, найменше на сільське господарство – 1%.

На сучасному етапі в логістичній діяльності українських підприємств аутсорсинг займає досить вагомий частку. Спостерігається також стабільне збагачення спектра сервісу, що надається постачальниками логістичних послуг.

За підсумками національного рейтингу "Logistics Award Ukraine – 2011" були визнані наступні компанії переможці різних логістичних номінацій: у номінації "Кращий логістичний провайдер" – ТОВ "Рабен Україна", ТОВ "Комора-С"; у номінації "Кращий постачальник ІТ-рішень в управлінні ланцюгами постачань" – ПП "Українські інтелектуальні технології"; у номінації "Краще ІТ-рішення для складу" – ТОВ "Квантум Інтернешенел"; в номінації "Краща консалтингова компанія" – ТОВ "КТС Плюс"; у номінації "Кращий логістичний оператор контейнерних перевезень" – "Uni Laman Group"; у номінації "Кращий складської оператор" – ТОВ "Комора-С"; у номінації "Краща транспортно-експедиційна компанія" – ТОВ "Рабен Україна", АТ "ДПД Україна"; у номінації "Кращий виробник складського та спеціалізованого обладнання" – "Schoeller Arca Systems"; у номінації "Кращий персонал в логістиці" – АТ "ДЦЦ Україна" [6].

Варто відзначити значний потенціал вітчизняного ринку логістичних послуг. За даними порівняльного аналізу, проведеного Міжнародним банком розвитку і реконструкції та Міжнародною фінансовою корпорацією, виявлено, що за якістю транспортної системи та ефективністю логістичного забезпечення серед 155 країн Україна посідає 102 місце з індексом логістичної ефективності 2,57 (для порівняння: Росія – 94, Сербія – 83, Латвія – 37, Ізраїль – 31, Швеція – 3, Сінгапур – 2 та Німеччина – 1 місце з індексом 4,19).

Підтвердженням актуальності впровадження логістичного підходу на українських підприємствах є такі тенденції:

- зменшення прибутковості вітчизняних підприємств та висока питома вага збиткових підприємств;

- зменшення прибутку через утримання надлишкових матеріальних запасів.

Використання логістики дозволить підприємству досягти суттєвого скорочення витрат зважаючи на те, що за оцінками фахівців, питома вага логістичних витрат в собівартості продукції в Україні сягає близько 40%. Однак є ряд труднощів, що заважають розвитку логістики в Україні:

- нестача організованих оптових ринків;
- недостатній рівень якості зв'язку і телекомунікацій;
- нестача фахівців відповідної кваліфікації;
- слабкий рівень механізації і автоматизації складських робіт;
- недостатнє виробництво сучасної тари і упаковки тощо.

Сприятливими факторами розвитку логістики в Україні виступають:

- вигідне географічне положення України;
- зростання обсягів роздрібної та оптової торгівлі;
- перевищення попиту над пропозицією логістичних послуг;
- велика ємність ринку логістичних послуг;
- вихід на ринок України міжнародних торгових операторів;
- низькі витрати будівництва складських приміщень, тощо.

Таким чином, ефективність функціонування вітчизняної економіки значною мірою залежить від рівня розвитку логістичної інфраструктури та ступеня відповідності виконуваних логістичних функцій й операцій міжнародним стандартам і нормам. Відповідність виконуваних логістичних функцій міжнародним стандартам сприятиме підвищенню конкурентоспроможності української продукції, створенню сприятливих умов для її експорту, інтеграції вітчизняних підприємств до світового ринку тощо.

Використання сучасних досягнень логістики в цих умовах потребує серйозних підготовчих перетворень у виробничих, збутових, науково-технічних, фінансових підрозділах вітчизняних підприємств. Без серйозних перетворень у вітчизняних структурах застосування сучасного інструментарію логістики або взагалі неможливе і неефективне, або може породити організаційно-економічний ступор вже сформованих господарських форм і методів ведення господарства.

Будь-які логістичні перетворення супроводжуються значними витратами, тому вимагають реалізації послідовної і розгорнутої в просторі й часі програми заходів, які одночасно є комплексом необхідних соціально-економічних, організаційно-технічних, інформаційних, правових, кадрових та інших передумов створення повноцінного логістичного забезпечення діючих структур [1]. Такий інноваційний процес вимагає зтяжнього і досить дорогого експериментування та дозволяє, з одного боку, здійснювати порівняно рівномірне і тому доступне інвестування капіталу в процес логістизації, з іншого – отримувати наростаючі величини річного ефекту від минулих і поточних заходів логістизації і порівнювати їх з проведеними витратами графічним методом. Як об'єкт логістизації можуть виступати як традиційні сфери діяльності, які за своєю природою належать до логістичних (виробнича структура), так і будь-які поточні процеси, що мають просторово-тимчасову послідовність [2]. У сучасних умовах в концепції організації виробничих систем великим досягненням можна вважати виявлення і опис того, як проявляються закони організації вискооефективних, ритмічних виробничих процесів. Йдеться про закон впорядкованості предметів праці у виробництві, календарної

синхронізації тривалості технологічних операцій, резервування ресурсів у виробництві, ритму виробничого циклу виконання замовлення.

Використання вищеназваних законів дозволяє спланувати і підтримувати ритмічну роботу виробничих підрозділів підприємства, що має на увазі роботу у формі раціональної організації виробничих процесів, при якій процеси виробництва конкретних деталей і виконання конкретних замовлень програми поєднуються по заздалегідь обумовленому плану [3].

Необхідність звернення до логістичного управління спричинена:

- 1) ускладненням внутрішньої структури об'єктів управління;
- 2) розширенням зв'язків між підприємствами;
- 3) швидким і безперервним зростанням обсягу інформації;
- 4) нестабільністю навколишнього середовища;
- 5) посиленням конкурентної боротьби.

Будучи відносно новим інструментом управління, логістика являє собою синтез багатьох методів і принципів таких традиційних сфер діяльності, як маркетинг, виробництво, фінанси, вантажоперевезення. Використання концепцій логістики дозволяє здійснити тісну інтеграцію виробництва, матеріально-технічного забезпечення, транспорту та передачі інформації про рух товарів у єдину систему [4]. У результаті досягається кінцева мета логістичної діяльності:

- надання всіх матеріалів у відповідній кількості, якості й асортименті до моменту і місця споживання;
- зниження запасів за рахунок надання повної інформації про можливості швидкого придбання і заміни матеріалів;
- точне виконання всіх замовлень та надання різноманітних додаткових послуг споживачам.

### Список використаних джерел

1. Крикавський Є. Економічний потенціал логістичних систем / Крикавський Є. — Л.: Вид-во ДУ “Львів. політехніка”, 1997. — 168 с.
2. Лактионова О.Е. Формирование логистических систем: методология и практика: [монография] / Лактионова О.Е. — Донецк: НАН Украины. Ин-т экономики промсти, 2002. — 319 с.
3. Hoskison R.E., Strategic logistic and Globalization. – Oxford, Oxford University Press. – 2009. – 624 p.
4. Walker O. Logistic management. / Walker O. – В. Kent Publ. Com., 2002. – 423p.
5. К вопросу повышения эффективной процесса уборки урожая кукурузы путем внедрения элементов агрологистики / А. Аникеев, М. Цыганенко, К. Сыровицкий, А. Коваль // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2016. – С. 49–54.
6. Экономическая эффективность элементов системы точного земледелия / В.И. Мельник, М.А. Цыганенко, А.И. Аникеев, К.Г. Сыровицкий // MOTROL. Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015. – С. 61–66.

## **Аннотация**

### **ПЕРСПЕКТИВЫ ВНЕДРЕНИЯ И РАЗРАБОТКИ ЛОГИСТИЧЕСКИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПОВЫШЕНИЯ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРЕДПРИЯТИЙ УКРАИНЫ**

А.И. Аникеев, К.Г. Сыровицкий, М.А. Агапов

*Логистика способствует эффективному развитию предприятия благодаря выбору соответствующей логистической стратегии; формированию адекватной логистической системы; рациональной организации логистического процесса на предприятии; решению проблем межфункциональной и межорганизационные координации и интеграции. В мировой практике существует четыре подхода к организации логистической деятельности предприятия. Первый - предприятие самостоятельно создает отдел логистики, функции которого заключаются в осуществлении всех процессов логистической деятельности от закупки сырья/материалов к сбыту продукции. Второй подход предполагает передачу выполнения части логистических функций сторонним компаниям. Третий подход - аутсорсинг всех логистических функций. Четвертый подход - тесное сотрудничество с логистическим провайдером. Будучи относительно новым инструментом управления, логистика представляет собой синтез многих методов и принципов таких традиционных сфер деятельности, как маркетинг, производство, финансы, грузоперевозки. Использование концепций логистики позволяет осуществить тесную интеграцию производства, материально-технического обеспечения, транспорта и передачи информации о движении товаров в единую систему.*

## **Abstract**

### **PROSPECTS FOR IMPLEMENTATION AND DEVELOPMENT OF LOGISTICS SYSTEMS FOR INCREASING THE PRODUCTIVITY OF UKRAINIAN ENTERPRISES**

A. Anikeev, K. Sirovitskiy, M. Agapov

*Logistics contributes to the efficient development of the enterprise through the choice of appropriate logistics strategy; the formation of an adequate logistics system; rational organization of the logistics process at the enterprise; solving problems of inter-functional and inter-organizational coordination and integration. In world practice, there are four approaches to organizing logistics activities of the enterprise. The first - the enterprise independently creates a department of logistics whose functions consist in the implementation of all processes of logistics from the procurement of raw materials to the marketing of products. The second approach involves transferring part of the logistics functions to third parties. The third approach is the outsourcing of all logistic functions. The fourth approach is close cooperation with the logistics provider. Being a relatively new management tool, logistics is a synthesis of many methods and principles of such traditional areas of activity as marketing, production, finance, freight. The use of logistics concepts allows for the close integration of production, logistics, transport and the transfer of information on the movement of goods into a single system.*

## ВІДНОВЛЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЬНИХ ФОРСУНОК

**Тридуб А.Г., доцент, Поляков А.М., доцент**  
(Луганський національний аграрний університет)

*В роботі розглядаються причини втрати працездатності дизельних форсунок та способи відновлення прецизійних деталей при ремонті паливної апаратури. Запропонований ефективний недорогий спосіб ремонту (відновлення) прецизійних деталей в умовах ремонтних підприємств АПК.*

**Ключові слова:** відновлення, поверхнева пластична деформація, прецизійні деталі.

Однією з головних причин втрати відказів дизельних форсунок є знос направляючої циліндричної поверхні голки розпилювача, що приводить до втрати герметичності розпилювача і працездатності всієї форсунки [1, 2]. Причому в деяких випадках усі інші поверхні форсунки, що зношуються, залишаються в нормальному працездатному стані.

Прецизійні деталі дизельної паливної апаратури – це термічно оброблені циліндричні поверхні деталей, їх твердість складає порядку HRC 60...65 одиниць. В процесі експлуатації прецизійні деталі схильні до абразивного зносу, який призводить до виходу з ладу цих деталей при зміні їх розмірів всього на 2...4 мкм.

**Актуальність постановки задачі.** Традиційні способи відновлення прецизійних деталей – електролітичне нарощування, вакуумне напилення зношеної поверхні та інші високотехнологічні, але недешеві варіанти компенсації зношеного шару деталі дозволяють якісно виконати ремонт прецизійних спряжень. Вказані способи потребують наявності складного і дорогого обладнання та операторів високої кваліфікації до нього. В умовах сільськогосподарського виробництва організація необхідно користуватись прийомами, які дозволяють виконувати роботи якісно та з високою продуктивністю, але з мінімальними матеріальними затратами. Тому розробка перспективних способів ремонту (відновлення) прецизійних деталей в умовах ремонтних підприємств АПК є актуальною проблемою.

Одним з ефективних способів відновлення герметичної щільності прецизійних пар дизельної паливної апаратури пропонується метод поверхневої пластичної деформації (ППД).

**Матеріал досліджень.** Відновлення деталей за допомогою пластичної

деформації засноване на їх здатності змінювати свою геометричну форму і розміри за рахунок перерозподілу металу без його руйнування під дією зовнішніх сил. Відомий ряд методів відновлення розмірної точності деталей машин методом ППД, в результаті перерозподілу металу в поверхневому шарі деталі, внаслідок силової дії на цю поверхню деформуючого елемента.

Метод відновлення герметичності рухливого з'єднання таких прецизійних пар, як шток - гільза мультиплікатора форсунки Common Rail, голка - корпус розпилювача та ін., полягає у формуванні на поверхні штока (голки) гвинтової поверхні, так званого регулярного мікрорельєфу (рис.1), що утворюється канавкою і двома виступами з її боків, в результаті дії на поверхню деталі деформуючим елементом з надтвердого матеріалу (СТМ).

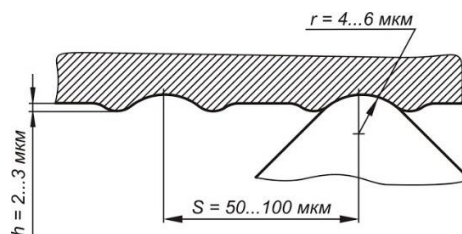


Рис. 1 - Схема процесу обробки деталі способом ППД

Найбільш оптимальним варіантом нанесення регулярного мікрорельєфу є спосіб віброобробкування поверхні, застосування якого можливе як в дослідницькій лабораторії, так і в умовах ремонтного підприємства (при дотриманні певних технологічних заходів). Нанесення такого мікрорельєфу на бічну поверхню голки можна зробити на стандартних токарно-гвинторізних верстатах, використовуючи додаткове оснащення.

Для нанесення регулярного мікрорельєфу використовується встановлюване в різцетримачі пристосування (рис. 7), що складається з корпусу 1 з привареною до нього пластиною 2, службовці для затиску пристосування в різцетримачі токарного верстата [3].

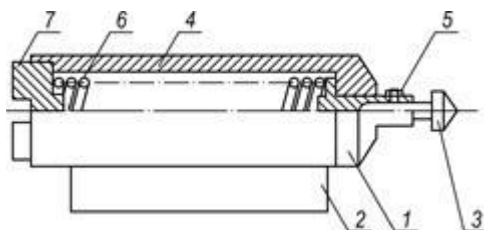


Рис. 2 - Пристосування для нанесення регулярного мікрорельєфу на бічну поверхню голки розпилювача дизельної форсунки

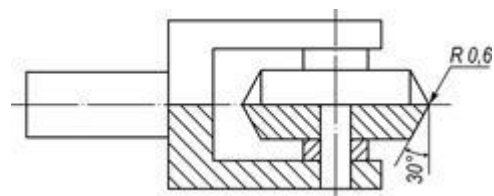


Рис. 3 - Схема твердосплавного виглажувача

Інструмент для нанесення мікрорельєфу 3 закріплюється в циліндричному утримувачі 4 і фіксується гвинтом 5. Пружина 6 і гайка 7 забезпечують необхідний тиск виглажувача на оброблювану деталь.

В результаті втискування твердосплавного виглажувача в поверхню деталі по краях канавки утворюватимуться два буртики, що виступають. Висота останніх має бути близько 2...3 мкм. Цей процес схожий на нарізання зовнішнього різьблення, тільки тут «різьблення» не нарізається, а формується канавка в результаті пластичної деформації металу.

Деталі необхідно надати обертання, а деформуючому елементу осьове переміщення. Величина подачі і визначатиме крок гвинтових поверхонь на оброблюваній деталі. При цьому деформуючий елемент необхідно притиснути до поверхні з деяким зусиллям, виконавши тарировку цього зусилля для отримання заданої висоти буртиків  $h$ . Для збільшення жорсткості системи і забезпечення стабільності процесу деформації металу друга сторона деталі повинна підтримуватися люнетом, а деформуючий елемент бути подпружиненим для компенсації коливань деформуючого зусилля.

Пропонованим способом проведено відновлення направляючої поверхні голок розпилювачів (рис.4) імпортного і вітчизняного виконання.

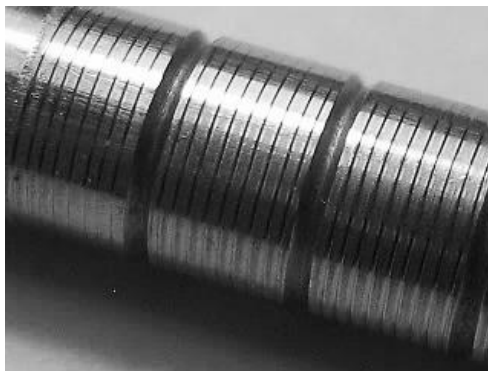


Рис. 4 - Поверхня відновленої голки розпилювача (збільшено)

По краях канавок видно характерні світлі смужки поверхонь, утворених металом, що "піднявся", в результаті його перерозподілу в поверхневому шарі деталі.

Контрольні випробування форсунок, з відновленими таким методом розпилювачів, показали, що показник їх герметичності знаходиться на рівні показників нових розпилювачів. Наступним етапом досліджень має бути проведення лабораторних прискорених або натурних експлуатаційних випробувань для оцінки ресурсу відновлених прецизійних деталей.

### **Висновок**

Запропонований спосіб відновлення герметичної щільності прецизійних



деталей форсунок Common Rail може бути реалізований в умовах ремонтних підприємств агропромислового виробництва.

Собівартість відновлення розпилювача складає 20% від вартості нового, що дозволить одержати суттєвий ефект від впровадження пропонованого способу відновлення розпилювачів дизельних форсунок.

### Список використаних джерел

1. Якимов И.В., Кривцов С.Н. Анализ формирования утечек топлива в электрогидравлических форсунках автомобильного дизельного двигателя // Вестник ИрГТУ. 2016. № 6 (113). С. 163–168.
2. Врублевский А.Н. Исследование влияния утечек топлива в электрогидравлической форсунке на параметры впрыскивания // Двигатели внутреннего сгорания. 2009. № 1. С. 75–79.
3. Заблоцкий Ю.В. Повышение надежности работы топливной аппаратуры высокого давления судовых дизелей за счет оптимизации режимов смазывания прецизионной пары плунжер-втулка // Universum: Технические науки : электрон. научн. журн. 2016. № 7(28) .

### Аннотация

#### ВОССТАНОВЛЕНИЕ ГЕРМЕТИЧНОЙ ПЛОТНОСТИ ПРЕЦИЗИОННЫХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЬНЫХ ФОРСУНОК

Тридуб А.Г., Поляков А.М.

*В работе рассматриваются причины потери работоспособности дизельных форсунок и способы восстановления прецизионных деталей при ремонте топливной аппаратуры. Предложен эффективный недорогой способ ремонта (восстановления) прецизионных деталей в условиях ремонтных предприятий АПК.*

**Ключевые слова:** *восстановление, поверхностная пластическая деформация, прецизионные детали.*

### Abstract

#### RESTORATION OF THE AIRTIGHT DENSITY OF PRECISION PARTS OF DIESEL INJECTORS

Tridub A.G., Polyakov A.M.

*In this paper, the reasons for the loss of efficiency of diesel injectors and ways to restore precision parts during the repair of fuel equipment are considered. An effective inexpensive way of repairing (restoring) precision parts in the conditions of repair enterprises of agroindustrial complex is offered.*

**Key words:** *restoration, superficial plastic deformation, precision parts.*

## СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ КАРАВАННОГО ДВИЖЕНИЯ (PLATOONING SYSTEMS) В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ

Горяинов А.Н., доцент, к.т.н.

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко, goryainov@ukr.net)*

*В работе рассмотрены вопросы использования караванного движения в аграрном секторе. Представлен анализ информационных источников о современном развитии данной технологии. Основной акцент исследователями делается на автономность транспортных средств при рассмотрении караванного движения. Караванное движение тесно связано с технологией vehicle-to-vehicle (V2V). В аграрном секторе вопросы караванного движения тесно связаны с концепцией Smart Farming. Дальнейшее развитие караванного движения следует рассматривать именно с данной концепцией. В работе рассмотрены определения термина «караванное движение». Предложена классификация видов караванного движения для агросектора. Выделена особенность проведения погрузочных работ в сельском хозяйстве – значительный объем работ по погрузке осуществляется в движении.*

**Постановка проблемы в общем виде.** Развитие интеллектуальных транспортных систем приводит к появлению новых технологий в управлении транспортом. Одним из видов таких технологий, наравне с такими технологиями как: системы предотвращения столкновений, системы ночного видения и др., можно указать «platooning» (например, [1, с.19]). Под термином «platooning» понимают «караванное движение» (например, [2-5]).

С позиции транспортной науки «караванное движение» не нашло еще своего места в системе знаний про управление транспортом. Поиск доступной информации по использованию караванного движения для практического применения в хозяйственной деятельности предприятий или для подготовки специалистов в области транспорта дает небольшой объем релевантных данных (например [6]). Это касается украинско- и русскоязычных ресурсов. В тоже время англоязычное пространство содержит ряд исследований в рассматриваемой области, в том числе и в вопросах применения в аграрном секторе. Поэтому для отечественной науки необходимы систематизирующие исследования в данном направлении.

**Анализ последних достижений и публикаций.** Существующие публикации в сегменте украинско- и русскоязычных ресурсов в основном затрагивают вопросы, связанные с беспилотными транспортными средствами как таковыми (например, [7-10]) в рамках концепции «Интернета вещей». При

этом затрагиваются вопросы экономики, безопасности и др. Вопросы технологий организации и управления остаются нераскрытыми.

В сегменте англоязычных ресурсов более широкий спектр материалов. Большинство вопросов связано с системами караванного движения (platooning systems) грузовых автомобилей (например, [11, 12]). Вопросы караванного движения в агросфере представлены гораздо в меньшей степени (например, [13, 14]).

**Цель и постановка задачи.** Целью работы является структурирование информации об использовании караванного движения в аграрном секторе.

**Результаты исследований.** На первом этапе следует систематизировать данные по термину «караванное движение». Представим информацию в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристика термина «караванное движение» и близких к нему

Термин	Характеристика (определение, описание)
Караванное движение [15]	Способ движения поездов, при котором поезда по перегону или участку следуют один за другим с минимальными интервалами
Platooning [16]	Термин относится к системе, которую используют транспортные средства на дороге, в которой по меньшей мере два грузовика едут в плотной колонне (convoy) по автострате, опираясь на техническую помощь при вождении и систему управления. Все машины в группе (караване, отряде) связаны друг с другом с помощью электронного «дышла», которое использует связь между транспортными средствами. Грузовик впереди устанавливает скорость и направление, а остальные следуют за ним – рис.1.
Truck Platooning [17]	Караванное движение грузовых автомобилей включает в себя ряд грузовых автомобилей, оснащенных самыми современными системами поддержки вождения - один следует за другим. Это формирует группу с грузовиками, управляемыми интеллектуальными технологиями и взаимодействующими друг с другом.
Truck Platooning [18]	Караванное движение грузовых автомобилей - это соединение двух или более грузовых автомобилей в конвое с использованием технологии связи и автоматизированных систем поддержки вождения. Эти транспортные средства автоматически поддерживают установленное, близкое расстояние между собой, когда они связаны для определенных частей поездки, например, на автомагистралях. Грузовик во главе каравана (группы) выступает в роли лидера, а машины позади реагируют и приспосабливаются к изменениям в своем движении, практически не требуя действий со стороны водителей.

Из определений табл. 1 можно резюмировать, что караванное движение подразумевает совместное, согласованное между собой движение какого-то количества транспортных средств. Технология, которая непосредственно связана с обеспечением такого движения, получила название vehicle-to-vehicle (V2V) [19] (транспортное средство-к-транспортному средству). Пример иллюстрации такой реализации в агросекторе – рис. 2.

Если совместить и интерпретировать рассмотренную информацию под особенности аграрной сферы, то можно предложить следующие виды караванного движения – табл. 2.

Особенностью аграрного сектора с позиции транспортных технологий – это наличие производственной необходимости осуществлять погрузки в движении. В классических ситуациях погрузочные и разгрузочные работы осуществляются в состоянии покоя транспортного средства. Соответственно, когда мы имеем неподвижное транспортное средство и подвижный механизм погрузки, то вопросы согласования сводятся к минимуму. В противоположной ситуации, когда погрузка (разгрузка) осуществляется в движении, - необходимы специальные системы для реализации таких процессов.

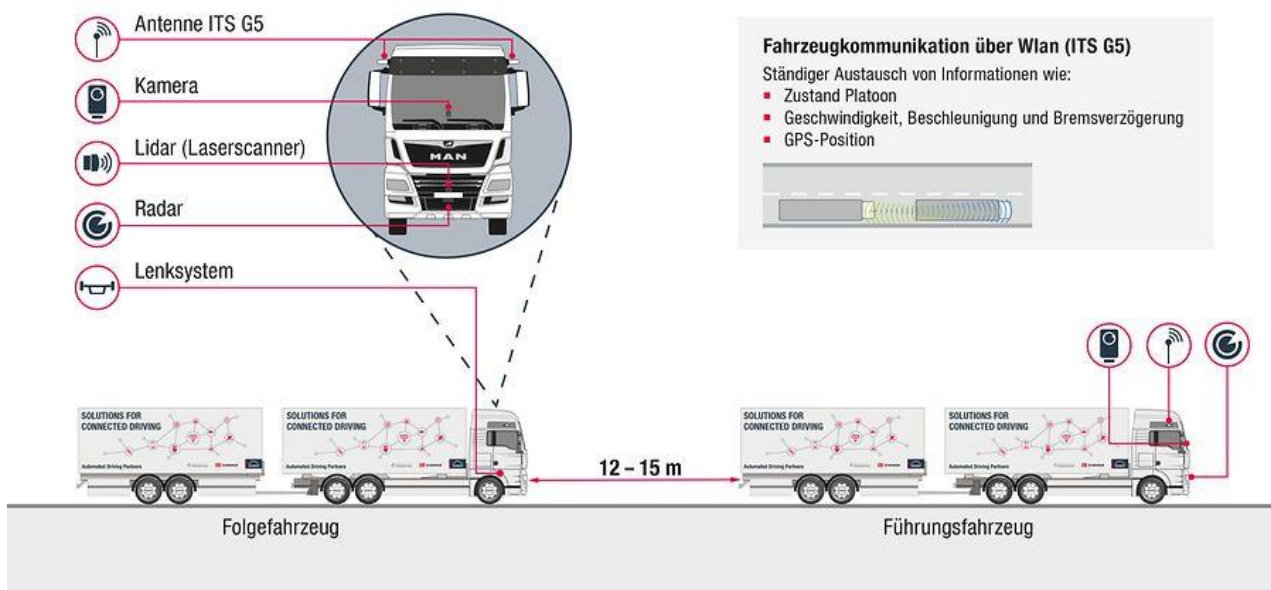


Рис. 1 - Технология и принцип «караванного движения» [16]

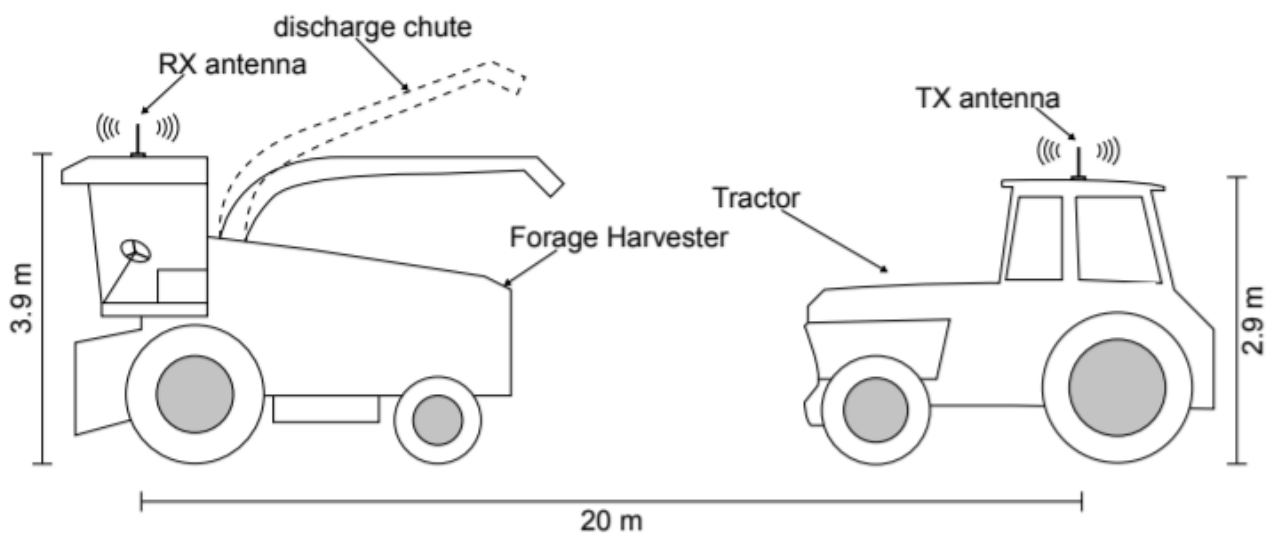


Рис. 2 – Схема размещения антенн на транспортных средствах [20]

Если рассмотреть основы публикации [14], которая датирована 2009 годом, то согласно данным <https://www.researchgate.net/>, публикация имеет отношение к такому проекту – «Система караванного движения для тракторов» (Platooning system for tractors) [21]. В рамках данного проекта закреплено 18

публикаций. Самая ранняя публикация датируется 1989 годом, самая поздняя – 2009 годом. Можно предположить, что публикация [14] является заключительной в данном проекте. Аналогов подобных проектов установить не удалось.

Таблица 2 – Виды караванного движения в аграрном секторе (предлагается)

Вид	Характеристика	
<p>Караванное движение при транспортировке</p>		<p>Использование одного из транспортных средств в качестве ведущего, а остальные – ведомые. Перевозка может осуществляться как по магистралям, так и по территории аграрного предприятия (Источник фото - <a href="https://www.farmersjournal.ie/watch-convoy-of-trucks-bring-hay-and-fodder-to-drought-hit-farmers-436088">https://www.farmersjournal.ie/watch-convoy-of-trucks-bring-hay-and-fodder-to-drought-hit-farmers-436088</a>)</p>
<p>Караванное движение при погрузке</p>		<p>В качестве ведущей машины выступает уборочный механизм. (Источник фото - <a href="https://cocktailvp.com/modern-technology-agriculture-huge-machines/">https://cocktailvp.com/modern-technology-agriculture-huge-machines/</a>)</p>
<p>Караванное движение при выполнении технологических операций</p>		<p>Ведущей является технологически наиболее важная машина. (Источник фото - <a href="https://rb7.ru/news/167320">https://rb7.ru/news/167320</a>)</p>

Попробуем разобраться в причинах, по которым караванное движение в агросекторе слабо представлено в публикациях. Для этого воспользуемся материалами [13]. Привлекает внимание такое изречение «Platooning or (semi)autonomous driving helps to reduce fuel consumption and consequently exhaust emission». В переводе получаем: «Караванное движение или (полу) автономное вождение помогают снизить расход топлива и, следовательно, выбросы выхлопных газов». Отсюда можно сделать вывод, что караванное движение – это движение с какой-то степенью автономности. Другими словами, есть движение с полностью автономным движением (управляет водитель), а есть с частичной (часть функций выполняет водитель) или полной автономностью (без участия водителя). Исходя из вышеизложенного, можно предположить, что с развитием интеллектуальных технологий на транспорте, полуавтоматические и автоматические системы вождения оттеснили понятие «караванное движение». Точнее сказать они ее «поглотили». Также тут отметим, что предлагаемые виды караванного движения (см. табл. 2): «...при погрузке» и «...при выполнении

технологических операций» не совсем подпадают под стандартное понимание «караванного движения». Имеется ввиду, что путь следования ведущего транспортного средства и ведомых транспортных средств не проходит по одной колее. Это, возможно, выступало сдерживающим фактором. Хотя с позиций данного исследования, наиболее важным классификационным признаком является именно наличие ведущего и ведомого (ведомых) транспортных средств.

В работе [13] также важным видится соединение в названии «Platooning And Smart Farming...» (Караванное движение и «умная ферма»...). Концепция «Smart Farming» является интеграционным подходом ко всем процессам в агросекторе. Согласно [22], Smart Farming представляет собой применение современных информационных и коммуникационных технологий (ИКТ) в сельском хозяйстве, что приводит к тому, что можно назвать третьей зеленой революцией. Smart Farming тесно связано с [22]:

- информационными системами управления (Management Information Systems);
- точным сельским хозяйством (Precision Agriculture);
- сельскохозяйственной автоматизацией и робототехникой (Agricultural automation and robotics).

Поэтому указанные направления и приводят к отодвиганию вопросов караванного движения (и других особенностей транспортных технологий) на второстепенный план в агросекторе.

#### **Выводы.**

1. Вопросы караванного движения в наибольшей степени рассматриваются для грузовых автомобилей.

2. В рамках агросектора вопросы караванного движения рассматривались до появления концепции Smart Farming. Можно считать, что данная концепция предопределяет дальнейшие этапы развития транспортных технологий, в том числе и караванного движения.

3. Предложена классификация видов караванного движения для агросектора. Выделена особенность, которая характерна аграрной отрасли с позиции транспортных технологий – распространенность выполнения погрузочных работ в движении.

4. Караванное движение является одним из видов автономности управления транспортным средством, наряду с полу- и автономным управлением.

#### **Список использованных источников**

1. «Умные» среды, «умные» системы, «умные» производства: серия докладов / В.Н. Княгинин и др.; Фонд «Центр стратегических разработок «Северо-Запад». — СПб., 2012. — Вып. 4. — 62 с. [http://www.csr-nw.ru/files/csr/file\\_content\\_1271.pdf](http://www.csr-nw.ru/files/csr/file_content_1271.pdf)
2. Прорыв Scania в использовании караванного движения (05.02.2018) -

- <https://t-magazine.ru/news/2018/scania-karavan> - 10.04.2019
3. Вольво Тракс популяризирует "караванные" грузоперевозки (25.03.2016)  
<http://haarmannsi.com/infocentr/poleznoe/volvo-traks-populyariziruet-karavannyye-gruzoperevozki.html> - 10.04.2019
  4. Робомобили: Platooning и баварские колбаски (13.08.2019) -  
<https://habr.com/ru/post/420089/> - 10.04.2019
  5. Первая демонстрация движения автомобилей в караване в рамках проекта SARTRE (17.01.2011)  
<https://www.media.volvocars.com/ru/ru-ru/media/pressreleases/36000> - 10.04.2019
  6. Лазуткина В.С. и др. Экономические эффекты автономных (беспилотных) автомобилей [Электронный ресурс] // International Journal of Open Information Technologies, vol. 7, no.2, 2019. С. 66-80  
<https://cyberleninka.ru/article/v/ekonomicheskie-effekty-avtonomnyh-bespilotnyh-avtomobiley>
  7. Горяинов А.Н. Развитие концепции Интернет Вещей (Internet of Things) в рамках агропромышленной логистики [Электронный ресурс] // Публічне управління та адміністрування у процесах економічних реформ: зб. тез допов. II Всеукр. наук.-практ. конф. (19 квітня 2018 р.) – Херсон: ДВНЗ «ХДАУ», 2018. – С. 216-218 (331 с.)  
<http://bit.ly/Article-204-2018-Goryainov>
  8. Мирончук А. А., Ганджа Н. А. Эффективность внедрения беспилотных автомобилей в сельское хозяйство [Электронный ресурс] // Молодой исследователь Дона, №1(16), 2019. – С. 64-67  
<https://cyberleninka.ru/article/v/effektivnost-vnedreniya-bespilotnyh-avtomobiley-v-selskoe-hozyaystvo>
  9. Бром А.Е., Белоносов К.Ю. Исследование проблем внедрения беспилотных автомобилей в экономическую среду [Электронный ресурс] // Вестник Московского государственного областного университета. Серия: Экономика. №1, 2018. С. 23-32  
<https://cyberleninka.ru/article/v/issledovanie-problem-vnedreniya-bespilotnyh-avtomobiley-v-ekonomicheskuyu-sredu>
  10. Криволапова О. Ю., Емельянцева О. В. Разработка алгоритма внедрения беспилотных автомобилей на предприятии [Электронный ресурс] // Молодой исследователь Дона, №5(14), 2018. – С. 61-66  
<https://cyberleninka.ru/article/v/razrabotka-algoritma-vnedreniya-bespilotnyh-avtomobiley-na-predpriyatii>

11. Berenghem, C., Schladover, S., Coelingh, E., 2012. Overview of platooning systems. In Proceedings of the 19th ITS World Congress, Oct 22-26, Vienna, Austria (2012) [https://www.researchgate.net/publication/256670304\\_Overview\\_of\\_platooning\\_systems](https://www.researchgate.net/publication/256670304_Overview_of_platooning_systems)
12. Bhoopalam, A.K., Agatz, N., Zuidwijk, R., 2018. Planning of truck platoons: A literature review and directions for future research. *Transportation Research Part B: Methodological* 107, 212–228 <https://www.semanticscholar.org/paper/Planning-of-Truck-Platoons-%3A-a-Literature-Review-Bhoopalam-Agatz/27fad0dbc88a1d4706c07d57f7a93c3c349a869d>
13. Christian Jakob. *Platooning And Smart Farming Will Be The Future Of Construction and Agriculture Vehicles* (13.10.2016) <https://blog.ebv.com/platooning-smart-farming-future-construction-agriculture/> - 10.04.2019
14. X. Zhang, M. Geimer, L. Grandl, and B. Kammerbauer, “Method for an electronic controlled platooning system of agricultural vehicles,” in *IEEE International Conference on Vehicular Electronics and Safety (ICVES 2009)*, Pune: IEEE, Nov. 2009, pp. 156–161 - [https://www.researchgate.net/publication/224108957\\_Method\\_for\\_an\\_electronic\\_controlled\\_platooning\\_system\\_of\\_agricultural\\_vehicles](https://www.researchgate.net/publication/224108957_Method_for_an_electronic_controlled_platooning_system_of_agricultural_vehicles) - 10.04.2019
15. Караванное движение - <http://rly.su/ru/content/караванное-движение> - 11.04.2019
16. *Platooning in the logistics industry: world’s first practical use* (26.06.2018) <https://www.internationales-verkehrswesen.de/platooning-in-the-logistics/> - 11.04.2019
17. *What is Truck Platooning?* - [www.eutruckplatooning.com/about/default.aspx](http://www.eutruckplatooning.com/about/default.aspx) - 11.04.2019
18. *What is truck platooning?* - [https://www.acea.be/uploads/publications/Platooning\\_roadmap.pdf](https://www.acea.be/uploads/publications/Platooning_roadmap.pdf) - 11.04.2019
19. Carl Bergenhem, Erik Hedin, Daniel Skarin. *Vehicle-to-Vehicle Communication for a Platooning System*// *Procedia - Social and Behavioral Sciences* Volume 48, 2012, Pages 1222-1233 - [https://www.researchgate.net/publication/236023402\\_Vehicle-to-Vehicle\\_Communication\\_for\\_a\\_Platooning\\_System](https://www.researchgate.net/publication/236023402_Vehicle-to-Vehicle_Communication_for_a_Platooning_System)
20. Florian Klingler, Johannes Blobel, Falko Dressler. *Agriculture meets IEEE 802.11p: A Feasibility Study*. *ISWCS 2018: 1-6* - [www.ccs-labs.org/bib/klingler2018agriculture/klingler2018agriculture.pdf](http://www.ccs-labs.org/bib/klingler2018agriculture/klingler2018agriculture.pdf)
21. *Project - Platooning system for tractors* <https://www.researchgate.net/project/Platooning-system-for-tractors> - 11.04.2019
22. *What is Smart Farming?* <https://www.smart-akis.com/index.php/network/what-is-smart-farming/> - 11.04.2019



## **Анотація**

### **СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ СИСТЕМ КАРАВАННОГО РУХУ (PLATOONING SYSTEMS) В АГРАРНОМУ СЕКТОРІ**

Горяїнов О.М.

*В роботі розглянуті питання використання караванного руху в аграрному секторі. Представлений аналіз інформаційних джерел про сучасний розвиток даної технології. Основний акцент дослідниками робиться на автономність транспортних засобів при розгляді караванного руху. Караваний рух тісно пов'язаний з технологією vehicle-to-vehicle (V2V). В аграрному секторі питання караванного руху тісно пов'язані з концепцією Smart Farming. Подальший розвиток караванного руху слід розглядати саме з цією концепцією. В роботі розглянуті визначення терміна «караваний рух». Запропоновано класифікацію видів караванного руху для агросектору. Виділена особливість проведення навантажувальних робіт в сільському господарстві - значний обсяг робіт з навантаження здійснюється в русі.*

## **Abstract**

### **THE STATE AND PROSPECTS OF USING THE PLATOONING SYSTEMS IN THE AGRICULTURAL SECTOR**

Goryayinov O.M.

*The paper deals with the use of the platooning in the agricultural sector. The analysis of information sources about the modern development of this technology is presented. The main focus of researchers is on the autonomy of vehicles when considering the platooning. The platooning is closely related to vehicle-to-vehicle technology (V2V). In the agricultural sector, issues of the caravan movement are closely related to the concept of Smart Farming. Further development of the platooning should be considered with this concept. The paper discusses the definition of the term "platooning". A classification of types of platooning for the agricultural sector is proposed. The feature of loading works in agriculture is highlighted - a significant amount of loading work is carried out in move.*

## ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАКТОРІВ ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ

**Артёмов М.П., д.т.н., проф., Подригало М.А., д.т.н., проф.,  
Макаренко М.Г., доц.**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

*Обґрунтовується використання інтелектуальних автоматизованих систем управління тракторами. Наведені теоретичні основи інтелектуальних автоматизованих систем управління стосовно складних мобільних машин.*

**Вступ.** Нове покоління систем керування системами та агрегатами тракторів та в цілому машинно-тракторних агрегатів (МТА) забезпечують інтелектуальні системи (ІС). Такі системи здатні синтезувати мету, приймати оптимальне рішення, забезпечувати дію для досягнення поставленої мети, прогнозувати значення параметрів результату дії і зіставляти їх з реальними, утворюючи зворотний зв'язок, коректувати мету або логіку управління.

При цьому доцільність їх використання визначається здатністю реалізовувати розподілені схеми виконання обчислень, що дозволяє розширити простір пошуку без значного збільшення складності необхідних обчислень; можливістю опису процесів управління засобами «простої» логіки; можливістю неаналітичного представлення нелінійних об'єктів управління і опису процесів, що характеризуються неоднозначністю і великою кількістю особливих ситуацій; здатністю здійснювати швидкий пошук в просторі вирішень погано формалізованих завдань.

**Аналіз основних публікацій, досліджень.** Під інтелектуальними системами [1] розуміють будь-які біологічні, штучні або формальні системи, що проявляють здібність до цілеспрямованого керування заданими процесами. Останнє включає властивості обміну даними, накопичення інформації, ухвалення рішень, навчання, адаптації до змінних умов. Інтелектуальне трактування знань - сукупність відомостей про деяку наочну область, що включають факти про об'єкти даної наочної області, властивості цих об'єктів і стосунках, що зв'язують їх, описи процесів, що протікають в даній наочній області, а також інформацію про способи вирішення типових завдань.

У багатьох роботах розглядається інтелектуальна інформаційна система [2] заснована на концепції використання бази інформації для генерації варіантів вирішення прикладних завдань різних класів залежно від конкретних інформаційних потреб користувачів. Основною метою побудови таких систем є виявлення, дослідження і застосування інформації, отриманої від висококваліфікованих експертів для вирішення складних завдань, що виникають на практиці.

У прикладній теорії інтелектуальних систем [3] система управління розглядається тільки в тісній взаємодії з зовнішніми факторами, а інтелектуальна система інтерпретується як сукупність активних суб'єктів і об'єктів (суб'єктів), що протистоять ним, що породжується або ситуаційною можливістю активного існування системи, або її цільовим завданням деяких системних або позасистемних факторів, причому всі елементи будь-якої природи, що складають інтелектуальну систему, знаходяться під впливом загального для них зовнішнього впливу.

У роботі И.М. Макарова, В.М. Лохина, С.В. Манько, М.П. [4] вказано, що ІС включають елементи штучного інтелекту, що дозволяють формувати параметри і накопичувати інформацію, планувати поведінку та ухвалювати рішення в невизначених умовах, розпізнавати образи і формувати модель навколишнього середовища. Введення елементів інтелекту в системи автоматичного управління (САУ) істотно розширює їх функціональні можливості в порівнянні з адаптивними САУ. В результаті інтелектуалізації САУ знаходять здатність вирішувати деякі види інтелектуальних завдань, які зазвичай покладалися на людину. Тому ІС все ширше використовуються в тих випадках, коли обставини не виправдовують безпосередню участь людини-оператора в процесі управління або коли необхідно зменшити напруженість праці оператора при роботі об'єкту управління в штатних режимах.

**Мета і постановка завдання.** Одним із актуальних завдань землеробства в сучасних умовах є підвищення ефективності використання техніки в новітніх технологіях, підвищення паливної економічності за рахунок розробки і реалізації науково-технічної методології підвищення енергетичної ефективності МТА, сумісного функціонування основних елементів енергозасобів та агрегованих машин, оптимізації їх сумісного управління. Досягнення поставленої мети забезпечується на основі використання комплексу взаємозв'язаних наукових і практичних завдань по запровадженню інтелектуальними систем управління.

**Вирішення задачі.** Необхідність в інтелектуалізації САУ зазвичай виникає в тих випадках, коли об'єкти управління складні (наприклад, об'єкти з нелінійною динамікою, що функціонують в умовах невизначеності), а їх опис і взаємодія з середовищем погано піддається структуризації і формалізації. Неповнота опису виявляється як в апріорній невизначеності моделі об'єкту і середовища, так і в невизначеності і різноманітності цілей управління. Часто опис поведінки таких об'єктів носить розмитий характер і містить інформацію якісного характеру. Вирішення завдань управління в подібних умовах неможливе без залучення методів штучного інтелекту, тобто без інтелектуалізації САУ.

Таким чином, інтелектуалізація САУ трактора та МТА зводиться до уявлення і обробки інформації про середовище, об'єкт і систему управління з використанням необхідних засобів навчання і адаптації. Ця інформація та засоби дозволяють уточнювати модель об'єкту управління і навколишнього середовища і додають САУ принципово нові властивості, аналогічні інтелектуальним

здібностям людини-оператора. Характерними рисами ІС є їх здібності до навчання і самонавчання за допомогою формування знань, до синтезу і ідентифікації моделей поведінки, до розпізнавання і аналізу ситуацій, самоорганізації і адаптації по відношенню до різного роду чинникам. Ці здібності дозволяють компенсувати різні чинники внутрішньої і зовнішньої невизначеності, що виникають в процесі експлуатації САУ, і завдяки цьому поліпшити або оптимізувати якість управління.

Таким чином інформація про невідомі характеристики об'єкту управління і навколишнього середовища формуються в процесі навчання і адаптації, а отримана при цьому інформація використовується в процесі автоматичного ухвалення рішень по управлінню. Слід відмітити, що процеси навчання і адаптації можуть відбуватися або у відриві від процесу управління, або безпосередньо в процесі автоматичного управління в реальному режимі часу.

Розглянемо особливості функціональної структури типових представників класу інтелектуальних систем управління, інтерпретуючи їх стосовно технологічних об'єктів управління (агрегатів трактора, машин чи комплексам машин).

Систему управління слід вважати за інтелектуальну, якщо в ній реалізовані наступні три базові функції:

- збирання та обробка інформації: ІС має бути здатна накопичувати знання про внутрішні та зовнішні фактори, класифікувати і оцінювати їх з точки зору прагматики і несуперечності, ініціювати процеси отримання нової інформації, співвідносити її з інформацією, що зберігаються в базі даних;

функція обробки інформації: ІС має бути здатна формувати нові знання за допомогою логічного виводу та механізмів виявлення закономірностей в накопиченій інформації та отримувати узагальнені висновки на основі закладених алгоритмів та логічно планувати свою діяльність;

функція спілкування: ІС має бути здатна спілкуватися з оператором на мові, близькій до природної мови, і отримувати дані та інформацію через канали, аналогічні тим, які використовує людина при сприйнятті навколишнього світу (перш за все, зоровий і звуковий).

Особливість ІС управління трактором (рис. 1) чи МТА пов'язана з підключенням механізмів зберігання і обробки знань для реалізації можливостей по виконанню необхідних функцій в невизначених умовах при випадковому характері зовнішніх збурень. До збурень подібного роду може відноситися непередбачена зміна цілей, експлуатаційних характеристик системи і об'єкту управління, параметрів зовнішнього середовища. Крім того, склад системи при необхідності доповнюється засобами самонавчання, що забезпечують узагальнення накопичуваного досвіду, і на цій основі - поповнення інформації. Об'єкт управління в загальному випадку може мати достатньо складну конструкцію, що включає в свій склад ряд функціонально-підлеглих підсистем, як, наприклад, керування двигуном, трансмісією, гідроначіпною системою та ін.

ІС слід розглядати як об'єднану інформаційним процесом сукупність технічних засобів і програмного забезпечення, що працює у взаємозв'язку з

оператором або автономно, здатна на основі відомостей і знань за наявності мотивації синтезувати мету, виробляти рішення про дію і знаходити раціональні способи досягнення мети.

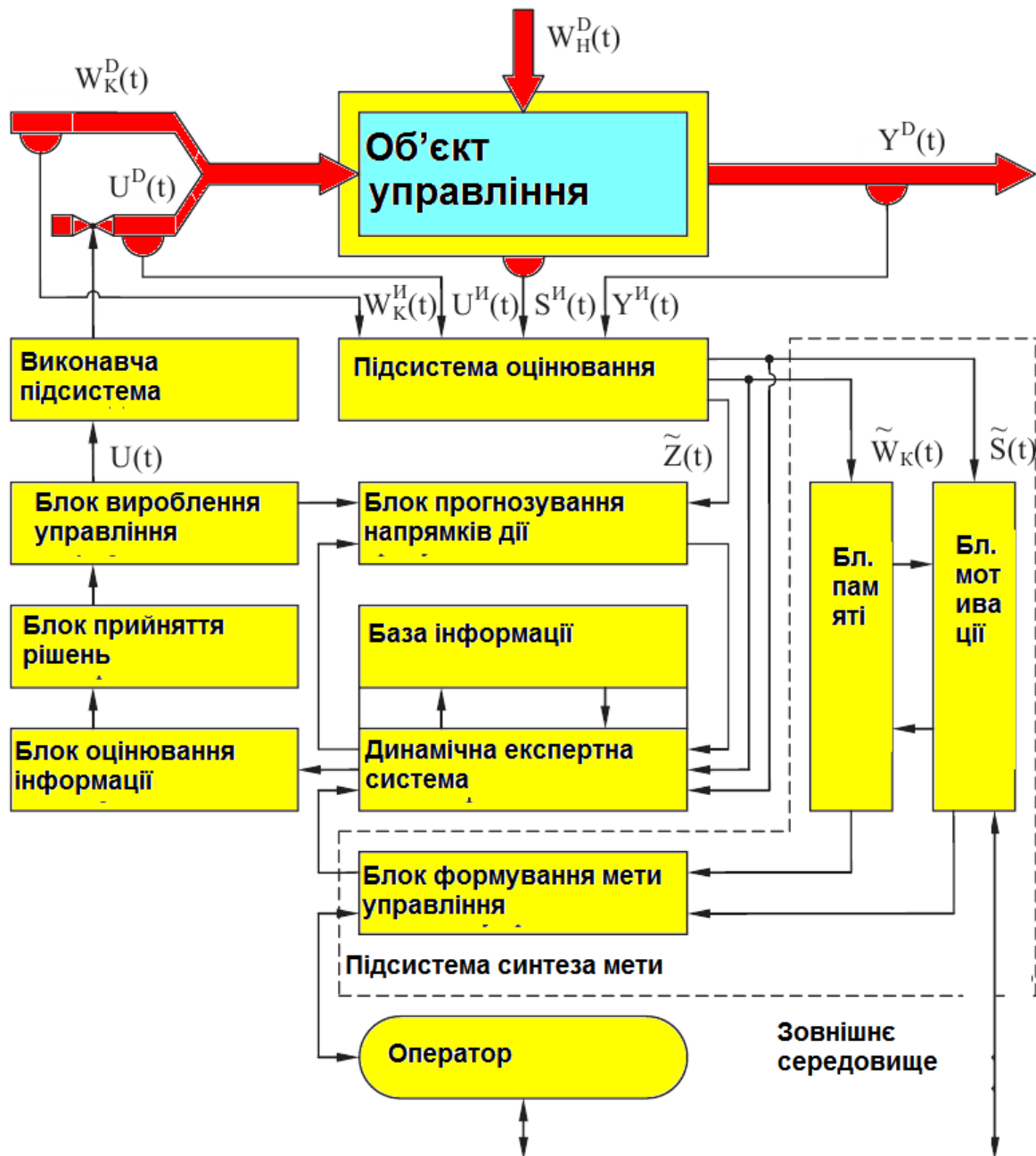


Рис. 1 – Загальна структура інтелектуальної системи управління трактором

У системі, представлений на рис. 1, на підставі відомостей про навколишнє середовище і власний стан системи, за наявності пам'яті і мотивації синтезується мета, яка разом з іншими даними сприймається динамічною експертною системою. Остання з використанням бази знань проводить експертну оцінку, на підставі якої ухвалюється рішення про дію і прогнозуються результати цієї дії.

Відповідно до ухваленого рішення виробляється управління, тобто вибирається той або інший варіант управління, який реалізується за допомогою різних виконавчих пристроїв і впливає безпосередньо на об'єкт управління. Результати цієї дії порівнюються з прогнозованими. При невідповідності результатів на базі нової експертної оцінки ухвалюється рішення, виробляється і реалізується коректування управління, що знімає цю невідповідність. При відповідності результатів ухвалюється попереднє управління. Якщо відповідність недосяжна, то уточнюється мета. Ієрархія їх підпорядкування обумовлює декомпозицію початкових цілей і завдань управління на рекурсивну послідовність вкладених складових. Зрештою таке розділення припускає багаторівневу організацію системи управління, що володіє розвиненими інтелектуальними можливостями по аналізу і розпізнаванню обстановки, формуванню стратегії доцільної поведінки, плануванню послідовності дій, а також синтезу виконавчих законів, що задовольняють заданим показникам якості. При цьому структура системи інтелектуального управління складним динамічним об'єктом, як то трактор з його взаємопов'язаними системами, повинна відповідати ієрархічному принципу побудови і включати стратегічний, тактичний, оперативний (регулюючий) і приводний рівні, а також комплекс необхідних інформаційно-вимірювальних блоків.

**Висновки.** Проблема інтелектуалізації управління тактичного рівня стосовно технологічних об'єктів управління, насамперед, стосується пошуку шляхів вирішення одного з ключових завдань, пов'язаної з плануванням роботи технологічного об'єкту, з урахуванням динаміки виконавчих підсистем і поточних змін середовища функціонування. При цьому повинні забезпечуватися не тільки робота динамічного об'єкту відповідно до вимог, що апріорі задаються, але і довільні зміни траєкторій необхідні для досягнення заданої мети. Проблема інтелектуалізації управління регулюючого і старанного рівня пов'язана з необхідністю адаптації управління виконавчими механізмами до змін характеристик навантажень, до варіацій власних параметрів і параметрів середовища функціонування.

Зважаючи на останні досягнення в галузі штучного інтелекту і суміжних наукових напрямів, сферу прикладного застосування методів і технологій обробки знань у вирішенні завдань управління можна і потрібно піддати істотному перегляду. Його основна суть полягає в кардинальній зміні точки зору на роль і місце сучасних інтелектуальних технологій в організації ієрархічного управління складними динамічними об'єктами. Головною відмінністю концепції

ієрархічної побудови систем управління є використання методів і технологій штучного інтелекту як засоби боротьби з невизначеністю зовнішнього середовища. Необхідність інтелектуалізації кожного з рівнів управління обумовлена схильністю виконуваних ними функцій впливу різних чинників невизначеності. Практичне втілення цієї концепції припускає виборче використання тих або інших технологій обробки інформації залежно від специфіки вирішуваних завдань, особливостей керованого об'єкту, його функціонального призначення та умов експлуатації.

### **Список використаних джерел**

1. Люгер Дж.Ф. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем / Дж.Ф. Люгер М.: Издательский дом «Вильямс», 2003. -864 с.
2. Макаров И.М. Концептуальные основы организации интеллектуального управления сложными динамическими объектами / И.М. Макаров // Новые методы управления сложными системами: Сб. науч. тр. -М.: Наука, 2004.-С. 19-31.
3. Кулаков С.М. Интеллектуальные системы управления технологическими объектами: теория и практика: монография / С.М. Кулаков, В.Б. Трофимов. – Новокузнецк: СибГИУ, 2009. – 223 с.
4. Искусственный интеллект и интеллектуальные системы управления / И.М. Макаров, В.М. Лохин, С.В. Манько, М.П. Романов М.: Наука, 2006. -333 с.

### **Аннотация**

#### **СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТРАКТОРОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫХ АВТОМАТИЗИРОВАННЫХ СИСТЕМ УПРАВЛЕНИЯ**

Артемов Н.П., Подрыгало М.А., Макаренко Н.Г.

*Обосновывается использование интеллектуальных автоматизированных систем управления тракторами. Наведены теоретические основы интеллектуальных автоматизированных систем управления относительно сложных мобильных машин.*

### **Abstract**

#### **IMPROVING TRACTORS BY USING IN-TELECOMED AUTOMATED CONTROL SYSTEMS**

N. Artyomov, M. Podrigalo, N. Makarenko

*The use of intelligent automated control systems for tractors is justified. The theoretical foundations of intelligent automated control systems with respect to complex mobile machines have been introduced.*

## ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТВАРИННИЦТВІ

Болтянська Н.І., к.т.н., доц., Болтянський О.В., к.т.н., доц.  
(Таврійський державний агротехнологічний університет)

Для забезпечення раціонального використання наявних ресурсів і впровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій в господарствах галузі молочного тваринництва розроблено організаційно-економічний механізм, що забезпечує створення необхідних умов для їх застосування, визначено напрямки реформування підгалузі молочного скотарства, розроблено узагальнену характеристику підприємств по чинниках потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій та встановлено, що застосування нових технологій на основі відповідного організаційно-економічного забезпечення усіх технологічних процесів припускає отримання певного ефекту, який може бути виражений не лише в підвищенні матеріального стану підприємства, але і в поліпшенні соціальних умов, організації праці, екологічної ситуації. Потенційна можливість застосування нових технологій в господарстві залежить від безлічі чинників: розміру підприємства, прибутковості, спеціалізації, віддаленості від великих міст, періоду функціонування та ін. Наприклад, великі господарства, що входять в різні інтегровані формування, мають позитивний потенціал до застосування ресурсозберігаючих технологій інтенсивного типу, оскільки мають в порівнянні з дрібними підприємствами значний об'єм вільних фінансових ресурсів або їм легше притягнути інвестиції на основі економічно обґрунтованих бізнес-проектів. Забезпечення досягнення певного порогу ефективності і її подальше підвищення за допомогою правильної реалізації організаційно-економічного механізму використання інноваційних технологій в тваринництві вимагає комплексного розвитку системи умов і чинників сільськогосподарського виробництва, які за своєю природою дуже різноманітні і численні, взаємозв'язані і взаємообумовлені, змінюються в часі, впливають на явища і процеси і самі піддаються дії в результаті соціально-економічного розвитку і науково-технічного прогресу. Було визначено умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства, вивчення яких дозволяє правильно оцінити результати роботи, виявити і використовувати резерви зростання, економічного потенціалу підприємства, підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва.

**Основна частина.** Агропромисловий комплекс України переживає кризу, обумовлену загальним соціально-економічним станом країни, зростанням



специфічних галузевих проблем: низька рентабельність виробництва, різке скорочення основних виробничих фондів, фінансові проблеми та ін. Одним з пріоритетних напрямів цільової державної програми з розвитку молочного тваринництва виступає модернізація і технічне переозброєння виробництва, впровадження інтенсивних технологій утримання і доїння корів. Аграрний сектор - один з найбільших споживачів енергії в Україні [1-3].

Для забезпечення раціонального використання наявних ресурсів і впровадження інноваційних ресурсозберігаючих технологій в господарствах галузі молочного тваринництва необхідно розробити організаційно-економічний механізм, що забезпечує створення необхідних умов для їх застосування. У наукових джерелах, присвячених розробці організаційно-економічного механізму, є різні визначення, які зрештою зводяться до головного, - це система стосунків, що виникає в процесі виробничої діяльності і представляє сукупність організаційних і економічних методів, регульованих правовими нормами, забезпечує створення необхідних умов реалізації інноваційних технологій в тваринництві [4,5].

Нині реформування підгалузі молочного скотарства припускає перехід від традиційних способів утримання худоби до сучасних ресурсозберігаючих, в основному безприв'язним способам. Враховуючи відмінності техніко-технологічного рівня підприємств молочного скотарства, застосування інновацій в галузі можна розділити на два типи:

- інтенсивні ресурсозберігаючі технології;
- спрощені ресурсозберігаючі технології.

Перші в основному призначені для підприємств високого рівня і ґрунтуються на безприв'язно-боксовому способі утримання корів із застосуванням високотехнологічного автоматизованого устаткування з програмним управлінням. Тваринницькі споруди для цієї технології будуються або за новим проектом, або на основі реконструкції і модернізації наявних молочних ферм. Другі ж найбільш пристосовані для підприємств середнього рівня і ґрунтуються на безприв'язному утриманні корів із застосуванням середньо - і низько-технологічного устаткування без автоматизації і комп'ютеризації. Як правило, в цьому випадку усі трудомісткі процеси на фермі механізовані. Худоба міститься в модернізованих під цю технологію спорудах.

Потенційна можливість застосування нових технологій в господарстві залежить від безлічі чинників: розміру підприємства, прибутковості, спеціалізації, віддаленості від великих міст, періоду функціонування та ін. Наприклад, великі господарства, що входять в різні інтегровані формування, мають позитивний потенціал до застосування ресурсозберігаючих технологій інтенсивного типу, оскільки мають в порівнянні з дрібними підприємствами значний об'єм вільних фінансових ресурсів або їм легше притягнути інвестиції на основі економічно обґрунтованих бізнес-проектів. Господарства, розташовані поряд з великим містом, мають можливість легко і на вигідних умовах реалізувати свою продукцію за рахунок зниження транспортних витрат і оперативного управління.

Господарства, створені або реорганізовані в сучасних умовах, особливо у рамках реалізації різних державних програм, також мають потенціал до інтенсивного типу ресурсозберігаючих технологій за рахунок фінансового забезпечення і підтримки інноваційних проектів з боку держави [6,7].

В той же час слід зазначити, що невеликі підприємства не прагнуть до реалізації інтенсивних технологій, оскільки можуть мати труднощі із збутом готової продукції, технічним забезпеченням вживаної технології, а також ряд інших проблем. Для них найбільш прийнятним сьогодні являється спрощений тип ресурсозберігаючих технологій. Крім того, господарства, де основна спеціалізація не відноситься до молочного напрямку, або що мають недостатній технічний потенціал цієї галузі, можуть взагалі не приділяти уваги агроіноваціям, а застосовувати традиційний тип прив'язного утримання з доїнням в молокопровід. Висока прибутковість від реалізації продукції інших галузей здебільшого перекриває усі витрати навіть при збитковому молочному скотарстві.

Отже, потенціал і, як наслідок, тенденції до застосування тих або інших інновацій залежать від безлічі взаємопов'язаних між собою чинників і умов. Негативні прояви деяких чинників компенсуються певними позитивними моментами або вимагають застосування організаційно-економічних важелів, що має на увазі побудову механізму ефективного застосування того або іншого типу ресурсозберігаючих технологій на основі чіткого уявлення про можливості конкретного сільськогосподарського підприємства.

Світовий і вітчизняний досвід розвитку молочного скотарства показує, що в основі застосування ресурсозберігаючих технологій лежить науковий і системний підходи, які припускають облік чинників і умов, що впливають на процес виробництва, їх взаємозв'язків. Відмітимо, що разом з усіма інноваційний технологічний процес є найважливішим складовим елементом, навколо якого будуються усі організаційно-економічні взаємини на підприємстві.

Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства приведені на рис. 1-3.

Застосування нових технологій на основі відповідного організаційно-економічного забезпечення усіх технологічних процесів припускає отримання певного ефекту, який може бути виражений не лише в підвищенні матеріального стану підприємства, але і в поліпшенні соціальних умов, організації праці, екологічної ситуації і т. д.

Досягнення певного порогу ефективності і її подальше підвищення за допомогою правильної реалізації організаційно-економічного механізму використання інноваційних технологій в тваринництві - складний, багатогранний процес. Його забезпечення вимагає комплексного розвитку системи умов і чинників сільськогосподарського виробництва, які за своєю природою дуже різноманітні і численні, взаємозв'язані і взаємообумовлені, міняються в часі, впливають на явища і процеси і самі піддаються дії в результаті соціально-економічного розвитку і науково-технічного прогресу.



Рис. 1 – Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства

В залежності від передбачуваних результатів господарської діяльності вони можуть носити як позитивний, так і негативний характер. Їх вивчення дозволяє правильно оцінити результати роботи, виявити і використовувати резерви зростання, економічного потенціалу підприємства, підвищення ефективності сільськогосподарського виробництва. Умови і чинники, що позитивно впливають на результати господарської діяльності, дозволяють повніше виявити резерви збільшення економічного потенціалу, поліпшення його використання, стабільного економічного розвитку. Аналіз чинників, що негативно вплинули, попереджає їх виникнення, сприяє усуненню недоліків в роботі [8,9].



Рис. 2 – Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівнісільськогосподарського підприємства

За характером дії на виробничий процес умови і чинники поділяються на об'єктивні і суб'єктивні. До перших відносяться зміни ринкових цін на сировину, матеріали, паливо, продукцію, тарифів і ставок за послуги і тому подібне. До суб'єктивних можна віднести ефективність використання матеріальних і трудових ресурсів, матеріально-технічної бази, рівень економічної роботи на підприємстві та ін. Крім того, деякі чинники можна розділити на внутрішні,

діючі у рамках структури підприємства, і зовнішні, багато в чому визначувані державною політикою і стратегічними напрямками розвитку країни.



Рис. 3 – Умови застосування сучасних технологій в тваринництві на рівні сільськогосподарського підприємства

Кожна умова може складатися з ряду елементів, які, у свою чергу, можуть виступати як самостійні чинники більшою або меншою мірою дії на результати господарської, інвестиційної і фінансової діяльності. Взаємодія біолого-зоотехнічних, техніко-технологічних, організаційних і економічних, соціально-психологічних умов нами розглядається як неодмінна умова розвитку виробництва.

Сьогодні створюються в рамках різних державних програм розвитку АПК тваринницькі комплекси і ферми, в тому числі і з безприв'язним утриманням, оснащені комп'ютеризованим технологічним обладнанням, що наповнюються тваринами з високим генетичним потенціалом, часто не дають очікуваних результатів. Виникає правомірне питання – чому? Як показує практика, найчастіше відповідь криється у відсутності у широкого кола працівників молочного скотарства твердих знань по організації впровадження сучасних технологій виробництва молока. В результаті складається суб'єктивна думка, що пропоновані варіанти реалізації ресурсозберігаючих технологій не такі вже й ефективні. Однак, при найближчому розгляді, інноваційні способи і методи

утримання худоби не призводять до підвищення продуктивності дійного стада, якщо, наприклад, при годуванні не враховується фізіологічний стан тварин, а якість молока не підвищується, якщо не дотримуються елементарних правил і гігієна доїння; приготування кормів і кормосумішей нічого не дає, якщо не виконується розпорядок дня на комплексі або фермі і т. д. Крім того, слабка організація взаємодії всіх складових технологічного процесу призводить до руйнування ідеї швидкого прориву в підвищенні продуктивності і зростання економічної ефективності [9,10].

Запропонована модель організаційно-економічного механізму застосування ресурсозберігаючих технологій і ефективного його функціонування, що дозволяє виявити і уточнити ряд факторів, що діють в процесі застосування цих технологій (рис. 4).



Рис. 4 – Модель організаційно-економічного механізму застосування ресурсозберігаючих технологій і ефективного його функціонування

Отже, в молочному скотарстві очікуваний позитивний результат можливий тільки при комплексному впровадженні всіх елементів технології, кормовиробництва і годівлі, а також оптимальної організації трудового процесу.

Аналіз передових господарств, що активно впроваджують і використовують сучасні ресурсозберігаючі технології, свідчить про те, що постійний контроль за функціонуванням всіх її елементів дозволяє уникати збоїв у виробництві молока і зниження його якості.

Так, застосування інноваційного обладнання фірми «Lely» для утримання худоби та доїння дає можливість здійснювати індивідуальний контроль за всім поголів'ям, включаючи аналіз і коригування норм годівлі, умов утримання і призводить до зниження захворюваності корів. Поряд з цим раціональна організація процесів заготівлі, зберігання і при-виготовування кормів дозволяє знизити питомі матеріальні витрати на виконання відповідних технологічних процесів, значно зменшити втрати грубих і соковитих кормів при одночасному поліпшенні їх якості.

В кінцевому підсумку застосовувані техніко-технологічні рішення забезпечують зростання продуктивності дійного стада й підвищення сортності молока. Так, впровадження передових технологій дозволяє отримувати і реалізовувати 95% молочної сировини класом «екстра», що відбивається на валовий виручці і ефективності роботи комплексу.

### Список використаних джерел

1. Болтянська Н.І. Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу / Н.І. Болтянська // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2008. – Вип. 36. – С. 3–7.
2. Скляр О.Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник/О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.
3. Болтянська Н.І. Щодо оцінки потенційної можливості застосування ресурсозберігаючих технологій на підприємствах молочного скотарства / Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський // Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип.6. Т.1. – С. 50-55.
4. Болтянская Н.І. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве / Н.І.Болтянська, О.В. Болтянський // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa. – 2016. Vol.18. No13, b.-P.49-54.
5. Скляр О.Г. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник / О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. – 380 с.
6. Болтянська Н.І. Система чинників ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві на підприємстві / Н.І. Болтянська // Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип.6. Т.1. – С. 55-64.
7. Болтянська Н.І. Показники оцінки ефективності застосування ресурсозберігаючих технологій в тваринництві / Н.І. Болтянська // Вісник Сумського НАУ СЕРІЯ «Механізація та автоматизація виробничих процесів». – Суми, 2016. – Вип. 10/3 (31) . – С. 118-121.
8. Болтянская Н.І. Пути развития отрасли свиноводства и повышение

- конкурентоспособности ее продукции / Н.І.Болтянська // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 2012. –Vol.14. No3, b. – P.164-175.
9. Болтянська Н.І. Умови забезпечення ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві / Н.І. Болтянська, О.В. Болтянський // Праці ТДАТУ.- Мелітополь: ТДАТУ, 2016. – Вип. 16. Т.2. – С. 153-159.
10. Karol C. Instalacja zgazowujaca osuszony osad sciekowy. / C. Karol // Motrol: Motoryzacja i Energetyka Rolnictwa, 2011. – Vol. 13, A. – P.80-93.

## **Аннотация**

### **ОБОСНОВАНИЕ МОДЕЛИ ОРГАНИЗАЦИОННО-ЭКОНОМИЧЕСКОГО МЕХАНИЗМА ВНЕДРЕНИЯ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩИХ ТЕХНОЛОГИЙ В ЖИВОТНОВОДСТВЕ**

Болтянская Н.И., Болтянский О.В.

*Для обеспечения рационального использования имеющихся ресурсов и внедрения инновационных ресурсосберегающих технологий в хозяйствах молочного животноводства разработан организационно-экономический механизм, обеспечивающий создание необходимых условий для их применения, определены направления реформирования подотрасли молочного скотоводства, разработана обобщенная характеристика предприятий по факторам потенциальной возможности применения ресурсосберегающих технологий и установлено, что применение новых технологий на основе соответствующего организационно-экономического обеспечения всех технологических процессов предполагает получение определенного эффекта, который может быть выражен не только в повышении материального положения предприятия, но и в улучшении социальных условий, организации труда, экологической ситуации. Потенциальная возможность применения новых технологий в хозяйстве зависит от множества факторов: размера предприятия, прибыльности, специализации, удаленности от крупных городов, периода функционирования и др. Например, крупные хозяйства, входящие в различные интегрированные формирования, имеют положительный потенциал к применению ресурсосберегающих технологий интенсивного типа, поскольку имеют по сравнению с мелкими предприятиями значительный объем свободных финансовых ресурсов или им легче привлечь инвестиции на основе экономически обоснованных бизнес-проектов. Обеспечение достижения определенного порога эффективности и ее дальнейшее повышение с помощью правильной реализации организационно-экономического механизма использования инновационных технологий в животноводстве требует комплексного развития системы условий и факторов сельскохозяйственного производства, которые по своей природе очень разнообразны и многочисленны, взаимосвязаны и взаимообусловлены, меняются во времени влияют на явления и процессы и сами подвергаются воздействию в результате социально-экономического развития и научно-технического прогресса. Были определены условия применения*



*современных технологий в животноводстве на уровне сельскохозяйственного предприятия, изучение которых позволяет правильно оценить результаты работы, выявить и использовать резервы роста, экономического потенциала предприятия, повышение эффективности сельскохозяйственного производства.*

## **Abstract**

### **JUSTIFICATION OF A MODEL OF ORGANIZATIONAL AND ECONOMIC MECHANISM OF IMPLEMENTATION OF RESOURCE-SAVING TECHNOLOGIES IN ANIMAL BREEDING**

N. Boltianska, O. Boltianskiy

*To ensure the rational use of available resources and the introduction of innovative resource-saving technologies in dairy farms, an organizational and economic mechanism has been developed to ensure the creation of the necessary conditions for their use, directions for reforming the dairy cattle breeding sub-sector have been defined, a generalized characteristic of enterprises has been developed, and that the application of new technologies based on E appropriate organizational and economic support of all technological processes involves obtaining a certain effect, which can be expressed not only in improving the financial situation of the company, but also in improving social conditions, work organization, environmental situation. The potential use of new technologies in the economy depends on many factors: the size of the enterprise, profitability, specialization, remoteness from large cities, the period of operation, etc. For example, large enterprises belonging to various integrated formations have a positive potential to use resource-intensive technologies of intensive type, as compared with small enterprises they have a significant amount of free financial resources or it is easier for them to attract investments on the basis of savings Eski-based business projects. Ensuring the achievement of a certain threshold of efficiency and its further improvement through the correct implementation of the organizational and economic mechanism for the use of innovative technologies in animal husbandry requires the complex development of a system of conditions and factors of agricultural production, which by their nature are very diverse and numerous, interconnected and interdependent, change over time phenomena and processes themselves are affected by socio-economic development and scientific and technological progress. The conditions for the application of modern technologies in animal husbandry at the level of an agricultural enterprise were identified, the study of which allows us to correctly evaluate the results of our work, identify and use growth reserves, the economic potential of an enterprise, and increase the efficiency of agricultural production.*

## ОБҐРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ У ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРАХ З КІЛЬЦЕВОЮ МАТРИЦЕЮ

Болтянська Н.І., к.т.н., доц., Комар А.С., технік I категорії  
(Таврійський державний агротехнологічний університет  
імені Дмитра Моторного)

Наразі велике значення набуває вдосконалення широко використовуваних в промисловості складних технологічних процесів, що відповідає критеріям ресурсозбереження та енергоефективності. В агропромисловому комплексі одним з таких процесів є пресове гранулювання в прес-грануляторах екструзійного типу з циліндричними робочими органами. У прес-грануляторах здійснюють переробку агросировини при виробництві гранульованих комбикормів і їх окремих компонентів, при виробництві паливних гранул з відходів агропромислового комплексу, а також з метою отримання гранульованих проміжних продуктів для підвищення ефективності подальшого технологічного процесу. У статті означено доцільні шляхи вдосконалення процесу пресового гранулювання, визначено, що для робочого процесу всіх існуючих і знов проєктованих прес-грануляторів з кільцевою матрицею характерно бічне видавлювання продукту, інтенсивність поперечної течії матеріалу визначається його напруженим станом в клиновидному просторі, а також істотно залежить, як і саме напружений стан, від ряду факторів: структурно-механічних (реологічних) властивостей оброблюваного продукту (границі текучості при стисненні, коефіцієнта контактної тертя), конструктивних параметрів прес-гранулятора. Обґрунтовано напрямок вдосконалення робочого процесу вальцово-матричних прес-грануляторів з кільцевою матрицею шляхом торцевого обмеження клиновидного простору додатковими контактними поверхнями. У прес-грануляторах з торцевим обмеженням клиновидного простору між робочими органами механічна енергія передається пресованому матеріалу через контактні поверхні матриці, пресуючих роликів і обмежувальних кілець. Мірою переданої енергії доцільно вважати напружений стан елементарного обсягу продукту на цих поверхнях, яке є основою для визначення параметрів ефекту, що характеризують процес гранулювання. З урахуванням цього описано напружений стан пресованого матеріалу в клиновидному просторі між робочими органами прес-гранулятора та представлено математичну модель процесу пресового гранулювання рослинної сировини в умовах замкненого клиновидного простору між матрицею і кожним з пресуючих роликів.

**Основна частина.** В умовах модернізації і технологічного оновлення

виробництва велике значення набуває вдосконалення широко використовуваних в промисловості складних технологічних процесів, що відповідає критеріям ресурсозбереження та енергоефективності. В агропромисловому комплексі одним з таких процесів є пресове гранулювання в прес-грануляторах видавлюючого (екструзійного) типу з циліндричними робочими органами. У прес-грануляторах здійснюють переробку агросировини при виробництві гранульованих комбікормів і їх окремих компонентів, при виробництві паливних гранул з відходів АПК (наприклад, з соломи, лушпиння), а також з метою отримання гранульованих проміжних продуктів для підвищення ефективності подальшого технологічного процесу (наприклад, гранулювання макухи на олійно-екстракційних заводах) [1-3].

Прес-гранулятори широко використовуються аграріями як інструмент для підготовки кормів та переробки відходів сільського господарства. Основна сфера застосування – виробництво комбінованих гранульованих кормів. Тварини, птахи і риби добре поїдають гранульовані корми і швидше набирають вагу, ніж при звичайній системі харчування. За рахунок збалансованості раціону кожна гранула містить весь набір поживних речовин, вітамінів і домішок, передбачених і закладених в бункер гранулятора. Точний контроль пропорцій інгредієнтів дозволяє забезпечити максимально збалансований раціон, підвищити ефективність відгодівлі і здешевити споживання комбікормів на одиницю приросту маси. З використанням гранулятора аграрії отримують можливість ефективно використовувати виробничі відходи шляхом їх переробки на пресоване біодобриво та паливні гранули (пелети). Гранулювання тирси, сіна, соломи, лушпиння та інших відходів дозволяє економити на паливі та підвищити рентабельність роботи підприємства в цілому [4-7].

Паливні гранули мають значні переваги порівняно з традиційними видами палива. Так для їх виробництва витрачається близько 3% енергії, при цьому під час виробництва нафти ці енерговитрати становлять близько 10%, а при виробництві електроенергії – 60%, їх теплотворна здатність коливається у межах від 4,5 до 5,0 кВт/кг, що в 1,5 рази більше, ніж у звичайної деревини і вугілля. При спалюванні 2000 кг паливних гранул виділяється стільки ж теплової енергії, як і при спалюванні: 3200 кг деревини, 957 м<sup>3</sup> газу, 1000 л дизельного палива, 1370 л мазуту. Горіння паливних гранул в топці котла відбувається більш ефективно – кількість залишків (золи) не перевищує меж від 0,5 до 1,0% від загального об'єму використаного палива. При спалюванні паливні гранули не впливають негативно на оточуюче середовище [6,8].

Разом з тим пресове гранулювання - це енергоємний процес, і актуальність його вдосконалення досить висока. Одним з доцільних шляхів вдосконалення процесу пресового гранулювання є розробка нових і оптимізація існуючих конструкцій прес-грануляторів.

В Україні і за кордоном найбільш поширені вальцово-матричні прес-гранулятори, що складаються з встановленої на планшайбі активної кільцевої матриці з внутрішньою циліндричною поверхнею, що контактує з пресованим

матеріалом, і розміщених всередині неї пасивних пресуючих роликів (вальців)

Одним з доцільних шляхів вдосконалення процесу пресового гранулювання є розробка нових і оптимізація існуючих конструкцій прес-грануляторів. Однак огляд наукових джерел дає підстави вважати, що за останнє двадцятиріччя конструкції вітчизняних і зарубіжних [8,9] пресуючих механізмів з кільцевої матрицею хоча і досягли більш високого технічного рівня, але по структурним ознаками змінилися незначно.

З аналізу напружено-деформованого стану пресованого матеріалу в незамкненому клиновидному просторі (умовно розділеному на зону відставання, зону видавлювання в філь'єри і зону випередження) між матрицею і кожним з пресуючих роликів витікає, що для робочого процесу всіх існуючих і знов проєктованих прес-грануляторів з кільцевою матрицею характерно бічне видавлювання продукту. Бічне видавлювання - переміщення матеріалу в напрямку торців робочих органів і його видавлювання за межі області контакту - особливо виражено в зоні відставання і менш інтенсивно в зоні видавлювання в філь'єри матриці. Інтенсивність поперечної течії матеріалу визначається його напруженим станом в клиновидному просторі, а також істотно залежить, як і саме напружений стан, від ряду факторів: структурно-механічних (реологічних) властивостей оброблюваного продукту (границі текучості при стисненні, коефіцієнта контактного тертя), конструктивних параметрів прес-гранулятора [10].

В результаті бічного видавлювання матеріалу значно знижується продуктивність прес-гранулятора. Частина матеріалу, що видавлюється за межі робочої області, надходить на повторне стиснення, що збільшує енерговитрати на гранулювання. При вдосконаленні процесу гранулювання у прес-грануляторах з кільцевою матрицею процес бокового видавлювання і пов'язані з ним недоліки досі не враховувалися ні вітчизняними, ні зарубіжними фахівцями.

Процес пресування без бокового видавлювання можливий тільки в умовах, коли контактні поверхні робочих органів прес-гранулятора утворюють замкнений контур поперечного перерізу шару продукту. Це може бути забезпечено шляхом створення додаткових торцевих контактних поверхонь, що дозволяють реалізувати в зонах відставання і видавлювання в філь'єри матриці схему плоского деформованого стану пресованого матеріалу. Важливим завданням дослідження багатопараметричного нелінійного процесу пресового гранулювання в вальцово-матричному прес-грануляторі є його математичний опис. Математична модель процесу пресування повинна відображати енергетичний стан системи «прес-гранулятор - відпрацьований матеріал», який виступає в якості її внутрішньої характеристики.

У прес-грануляторах з торцевим обмеженням клиновидного простору між робочими органами механічна енергія передається пресованому матеріалу через контактні поверхні матриці, пресуючих роликів і обмежувальних кілець. Мірою переданої енергії доцільно вважати напружений стан елементарного обсягу продукту на цих поверхнях, яке є основою для визначення параметрів ефекту, що характеризують процес гранулювання. Таким чином, необхідно описати

напружений стан пресованого матеріалу в клиновидному просторі між робочими органами прес-гранулятора.

Пресований матеріал в клиновидному просторі будемо вважати суцільним ізотропним середовищем, що володіє властивостями пружного тіла. Можливість поширення даної моделі пресованого матеріалу на процес гранулювання рослинної сировини і переваги її застосування обґрунтовані різними авторами [11]. При цьому, розглядаючи пластичну деформацію продукту, можна виходити як з теорії малих пружно деформацій (деформаційної теорії пластичності), так і з теорії пластичної течії.

$$\frac{d \ln \rho(\vec{x}, t)}{dt} + \operatorname{div} \vec{v} = 0 \quad (1)$$

де:  $\rho(\vec{x}, t)$  – щільність продукту в деякій точці клиновидного простору, заданої радіусом-вектором  $\vec{x}$  (напружений стан в даній точці відомо), кг/м<sup>3</sup>;  $t$  – час, с;  $\vec{v}$  – поле швидкостей руху частинок пресованого матеріалу.

Пластичне деформування матеріалів, що ущільнюються завжди супроводжується об'ємною деформацією зі зміною або без зміни геометричної форми [11]. Початок зони відставання характеризується найбільш інтенсивним ущільненням продукту і переважно структурною деформацією. Однак тут контактні напруги, що виникають на поверхні шару матеріалу, що контактує з робочими органами пресуючого механізму ще не роблять помітного впливу на продуктивність преса, потужність сил корисного опору і інші параметри ефекту. При дослідженні напруженого стану пресованого матеріалу основний інтерес представляє активна, з точки зору впливу контактних напружень на параметри ефекту, частина зони відставання. У цій області клиновидного простору матеріал все більше проявляє пружно-пластичні властивості (цьому сприяє і попередня волого-теплова обробка сировини) і його щільність вже досить висока. Подальше зростання щільності частково компенсується збільшенням витрат в зону видавлювання в філь'єри матриці, де значення щільності стабілізується і його можна вважати постійним і рівним щільності гранул в філь'єрах. У зоні випередження ущільнення відсутнє.

Уже при відносній щільності порядку 0,8 і порівняно невеликих значеннях середнього тиску (що справедливо для процесу пресового гранулювання) поведінка матеріалу, що ущільнюється мало відрізняється від поведінки нестискуваних тіл, що припускає використання методів теорії пластичності нестискуваних тіл [11].

Ґрунтуючись на вищесказаному, для опису напруженого стану пресованого матеріалу приймемо допущення:

$$\rho(\vec{x}, t) = \rho = const \quad (2)$$

де:  $\rho$  – середня щільність пресованого матеріалу в активній частині клиновидного простору, кг/м<sup>3</sup>.

В такому випадку буде справедливо умова сталості елементарного обсягу пластично деформованого матеріалу. З урахуванням (2) повна похідна  $d \ln \rho / dt$ . Тензор градієнта швидкості обертається в нуль, і рівняння нерозривності (1) запишеться наступним чином:

$$\operatorname{div} \vec{v} = 0 \quad (3)$$

На елементарний об'єм  $dV$  пресованого матеріалу, що переміщається в клиновидному просторі з полем швидкостей  $\vec{v}$ , діє зовнішня масова сила  $\rho \vec{F} dV$ , де  $\vec{F}$  – вектор одиничної масової сили. На кожен елемент  $dS$  поверхні, що обмежує довільний об'єм продукту  $V$ , м<sup>3</sup>, діє зовнішня по відношенню до цього обсягу сила  $\bar{\sigma} \vec{n} dS$ , де  $\bar{\sigma}$  – вектор поверхневих напружень на площі  $dS$  з зовнішньої нормаллю  $\vec{n}$ . Тоді рівняння зміни кількості руху матеріалу в клиновидному просторі прес-гранулятора матиме вигляд:

$$\frac{d}{dt} \iiint_V \rho \vec{v} dV = \iint_S \bar{\sigma} \vec{n} + \iiint_V \rho \vec{F} dV \quad (4)$$

З огляду на те, що  $\frac{d}{dt} \iiint_V \rho \vec{v} dV = \iiint_V \rho \frac{d\vec{v}}{dt} dV$  і  $\iint_S \bar{\sigma} \vec{n} dS = \iiint_V \operatorname{div} T_\sigma dV$ , з рівняння (4) отримуємо в загальному вигляді диференціальне рівняння руху продукту в клиновидному просторі:

$$\rho \frac{d\vec{v}}{dt} = \operatorname{div} T_\sigma + \rho \vec{F} \quad (5)$$

де:  $T_\sigma$  – тензор напружень в пресованому матеріалі (складений для схеми плоского деформованого стану).

У прес-грануляторі інерційним членом  $\rho \frac{d\vec{v}}{dt}$ , а також масовою силою, що представляє собою величину третього порядку малості, можна знехтувати в порівнянні з компонентами тензора напружень в оброблюваному матеріалі. Таким чином, рівняння (5) перетворюється в рівняння рівноваги:

$$\operatorname{div} T_\sigma = 0 \quad (6)$$

що описує параметри напруженого стану в пресованому матеріалі в усіх точках замкнутого клиновидного простору.

При сталому робочому процесі прес-гранулятора в зонах відставання і випередження шар матеріалу, що контактує з продуктом, запресованим в філь'єри матриці та утримується нерівностями пресуючих роликів. Тому, відповідно до закону мінімальної витрати енергії, витрати енергії на внутрішні зрушення в пресованому матеріалі на контактній поверхні менше, ніж на зовнішнє ковзання. Дотичні напруження  $\tau_M$  і  $\tau_P$  будуть відповідати межі текучості при зсуві  $\tau_S$ , Па, пресованого матеріалу. Більшого значення дотичні напруження досягти не можуть, так як в протилежному випадку почнеться заїдання і руйнування контактної поверхні. Дотичне напруження на шорсткуватих контактних поверхнях обмежувальних кілець  $\tau_{ring}$  також приймемо рівним величині  $\tau_S$ , що відповідає найбільш математично строгому вирішенню завдання і дозволить здійснювати розрахунок прес-гранулятора по максимально можливих значеннях нормальних напружень оскільки:

$$\tau_M = \tau_P = \tau_{ring} = f\tau_S$$

де фактор тертя  $f$  дорівнює одиниці, то для плоского деформованого стану циліндрична умова пластичності, яка є точною при  $\tau \rightarrow \tau_S$ , запишеться в обраній системі координат наступним чином:

$$\sigma_\varphi - \sigma_r = 0 \quad (7)$$

Отримуємо диференціальне рівняння:

$$d\sigma_\varphi + \operatorname{sgn}\tau \cdot \left[ k_b \left( 1 + \frac{2\Delta}{b} \right) \left( \frac{r_M}{r_M - h} \right) + (\operatorname{tg}^2\gamma + 1) + \frac{2k_{ring}}{b(r_M - h)} \left( r_M h_{butt} - \frac{1}{2} h_{butt}^2 \right) \right] \frac{f\tau_S dh}{h \operatorname{tg}\gamma} = 0 \quad (8)$$

де:  $\operatorname{sgn}\tau = 1$  – для зони відставання;  $\operatorname{sgn}\tau = 0$  – в нейтральному перетині зони видавлювання в філь'єри (де дотичні тангенціальні напруження дорівнюють нулю);  $\operatorname{sgn}\tau = -1$  – для зони випередження.

Ранніми дослідниками [10,11] встановлено, що межа плинності при зсуві  $\tau_S$  при гранулювання рослинного матеріалу являє собою функцію від напруги всебічного стиснення (гідростатичного напруження)  $\sigma_C$ , Па:

$$\tau_S = \frac{\sigma_{S0}}{\sqrt{3}} \exp \beta \sigma_S \quad (9)$$

де:  $\sigma_{S0}$  – межа плинності стиснення продукту при атмосферному тиску, Па;  
 $\beta$  – коефіцієнт всебічного тиску, Па<sup>-1</sup>.

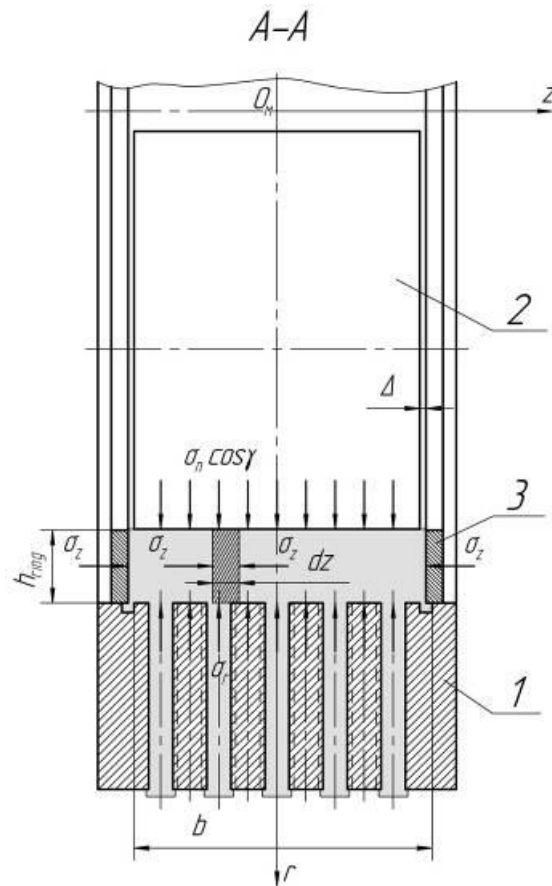
Параметри  $\sigma_{S0}$  і  $\beta$  залежать від складу продукту, температури, вологості і визначаються експериментально.

В умовах плоского деформованого стану, що забезпечується обмежувальними кільцями, переміщення  $w$ , м, продукту уздовж осі  $O_MZ$  дорівнюють нулю. У замкненому клиновидному просторі відбувається стиснення поперечної деформації елементів, кожен з яких відповідно до рис. 2 може бути виділений в шарі пресованого матеріалу двома перетинами, перпендикулярними осі  $O_MZ$  і знаходяться одна від одної на відстані  $dz$ . У кожному з цих перетинів внаслідок сорому переміщень  $w$  виникають нормальні осьові напруження  $\sigma_z$ , Па. Виходячи з рівнянь зв'язку напружень і пластичних деформацій при відносній осьовій деформації  $\varepsilon_z = \frac{\partial w}{\partial z} = 0$ , напруження  $\sigma_z$  визначимо за формулою:

$$\sigma_z = \frac{\sigma_\varphi + \sigma_r}{2} \quad (10)$$

Напряга  $\sigma_z$  обумовлює силу, діючу на пресований матеріал з боку контактних поверхонь обмежувальних кілець і врівноважує бічні переміщення мас.





1 – кільцева матриця; 2 - що пресує ролик; 3 - обмежувальне кільце

Рис. 2 – Поперечний переріз шару пресованого матеріалу в замкнутому клиновидному просторі прес-гранулятора ( $k_{ring} = 1, k_b = 1$ )

З виразів (7) і (10) маємо:

$$\sigma_z = \sigma_\varphi = \sigma_r = \sigma_c \quad (11)$$

Таким чином, можна вважати, що пресування продукту при торцевому обмеженні клиновидного простору і виконанні умови (7) аналогічно випадку, коли на девіатор напружень накладено кульовий тензор у вигляді всебічного рівномірного стиснення, що збільшує пластичність пресованого матеріалу.

### Список використаних джерел

1. Болтянська Н.І. Сучасний стан машинно-тракторного парку підприємств агропромислового комплексу / Н.І. Болтянська // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. – Мелітополь, 2008. – Вип. 36. – С. 3–7.
2. Болтянская Н.І. Анализ основных направлений ресурсосбережения в животноводстве / Н.І.Болтянська, О.В. Болтянский // Motrol: Motoryzacja

- i Energetyka Rolnictwa, 2016. – Vol.18. №13, b.-P.49-54.
3. Болтянська Н.І. Зниження енергоємності виробництва продукції тваринництва за рахунок скорочення енергії на кормоприготування / Н.І. Болтянська // Інженерія природокористування, 2018. – №1(9). – С. 57-61.
  4. Скляр О.Г. Основи проектування тваринницьких підприємств: підручник / О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. – К.: Видавничий дім «Кондор», 2018. – 380 с.
  5. Болтянська Н.І. Система чинників ефективного застосування ресурсозберігаючих технологій в молочному скотарстві на підприємстві / Н.І. Болтянська // Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ, 2016.— Вип.6. Т.1. – С. 55-64.
  6. Boltyanska N. Ways to Improve Structures Gear Pelleting Presses / N. Boltyanska // ТЕКА. An International Quarterly Journal on Motorization, Vehicle Operation, Energy Efficiency and Mechanical Engineering. Lublin-Rzeszow, 2018. – Vol. 18. No 2. – P. 23-29
  7. Скляр О. Г. Механізація технологічних процесів у тваринництві: навч. посібник / О.Г. Скляр, Н.І. Болтянська. – Мелітополь: Колор Принт, 2012. – 720 с.
  8. Комар А.С. Аналіз конструкцій пресів для приготування кормових гранул та паливних брикетів / Н.І. Болтянська, А.С. Комар // Науковий вісник ТДАТУ. Мелітополь: ТДАТУ, 2018.— Вип.8. Т.2. – С. 44-56.
  9. Болтянська Н.І. Аналіз конструкцій шестеренних пресів-грануляторів / Н.І. Болтянська // Науковий вісник ТДАТУ.— Мелітополь: ТДАТУ, 2018. – Вип.8. Т.2. – С. 29-43
  10. Друянов, Б.А. Прикладная теория пластичности пористых тел / Б.А. Друянов. – М.: Машиностроение, 1989. – 168 с.
  11. Унксов, Е. П. Инженерная теория пластичности: методы расчета усилий деформирования / Е. П. Унксов. – М.: Машгиз, 1959. – 328 с.

## **Аннотация**

### **ОБОСНОВАНИЕ ПУТЕЙ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ ПРОЦЕССА ГРАНУЛИРОВАНИЯ В ПРЕСС-ГРАНУЛЯТОРАХ С КОЛЬЦЕВОЙ МАТРИЦЕЙ**

Болтянская Н.И., Комар А.С.

*Сегодня большое значение приобретает совершенствование широко используемых в промышленности сложных технологических процессов, соответствующих критериям ресурсосбережения и энергоэффективности. В агропромышленном комплексе одним из таких процессов является прессовое гранулирование в пресс-грануляторах экструзионного типа с цилиндрическими*

рабочими органами. В пресс-грануляторах осуществляют переработку агросырья при производстве гранулированных комбикормов и их отдельных компонентов, при производстве топливных гранул из отходов агропромышленного комплекса с целью получения гранулированных промежуточных продуктов для повышения эффективности дальнейшего технологического процесса. В статье отмечены целесообразные пути совершенствования процесса прессового гранулирования, определено, что для рабочего процесса всех существующих и вновь проектируемых пресс-грануляторов с кольцевой матрицей характерно боковое выдавливание продукта, интенсивность поперечного течения материала определяется его напряженным состоянием в клиновидном пространстве, а также существенно зависит, как и напряженное состояние, от ряда факторов: структурно-механических (реологических) свойств обрабатываемого продукта (предела текучести при сжатии, коэффициента контактного трения), конструктивных параметров пресс-гранулятора. Обоснованно направление совершенствования рабочего процесса вальцово-матричных пресс-грануляторов с кольцевой матрицей путем торцевого ограничения клиновидного пространства дополнительными контактными поверхностями. В пресс-грануляторах с торцевым ограничением клиновидного пространства между рабочими органами механическая энергия передается прессованному материалу через контактные поверхности матрицы прессующих роликов и ограничительных колец. По мере передаваемой энергии целесообразно учитывать напряженное состояние элементарного объема продукта на этих поверхностях, которое является основой для определения параметров эффекта, характеризующие процесс гранулирования. С учетом этого описано напряженное состояние прессованного материала в клиновидном пространстве между рабочими органами пресс-гранулятора и представлена математическая модель процесса прессового гранулирования растительного сырья в условиях замкнутого клиновидного пространства между матрицей и каждым из прессующих роликов.

## Abstract

### JUSTIFICATION OF THE WAYS TO IMPROVE THE PROCESS GRANULATION IN PRESS GRANULATORS WITH RING MATRIX

N. Boltianska, A. Komar

*Today, it is of great importance to improve the widely used in industry complex technological processes that meet the criteria for resource saving and energy efficiency. In the agro-industrial complex, one of such processes is press granulation in extrusion type pellet mills with cylindrical working bodies. In the press-granulators, agro-raw materials are processed in the production of granulated animal feed and their individual components, in the production of fuel pellets from the waste of the agro-industrial complex in order to obtain granulated intermediate products to increase the efficiency of further technological process. The article noted the expedient ways to improve the process of pressing granulation, it was determined that the working process of all existing and newly designed press granulators with an annular matrix is characterized by lateral extrusion of the product, the intensity of the cross-flow of the material is determined by its stress state in the wedge-shaped space, and also significantly depends on how and stress state, from a number of factors: structural and mechanical (rheological) properties of the processed product (yield strength and compression, contact friction coefficient), design parameters of the press granulator. The direction of improving the workflow of the roller-matrix press granulators with a ring matrix has been substantiated by limiting the wedge-shaped space to additional contact surfaces. In the press-granulators with the end restriction of the wedge-shaped space between the working bodies, the mechanical energy is transferred to the extruded material through the contact surfaces of the matrix of the pressing rollers and restrictive rings. As energy is transmitted, it is advisable to take into account the stress state of the elementary volume of the product on these surfaces, which is the basis for determining the effect parameters characterizing the granulation process. With this in mind, the stress state of the pressed material in the wedge-shaped space between the working bodies of the pelleting press is described and a mathematical model of the process of pressing granulation of plant materials in the closed wedge-shaped space between the die and each of the pressing rollers is presented.*

## ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОСТІ РОБОТИ ОБПРИСКУВАЧА

Гусаренко М.П., к.т.н., доцент

(Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва)

*Обприскувачі першими входять на поле та працюють до самої осені. У системі застосування хімічних засобів захисту рослин вирішальне значення має не лише кількість робочого розчину, а й перш за все якість внесення, екологічність і економічність, ефективність самого процесу застосування пестицидів. Якість внесення робочої рідини визначається нормою витрати препарату, розміром краплин та густиною покриття ними оброблюваної поверхні й залежить не тільки від подібного функціонування робочого обладнання обприскувача правильного налагоджування цих машин та експлуатації.*

*Головна причина поганого внесення засобів захисту рослин - людський фактор. Особливо при роботі старими неавтоматизованими обприскувачами.*

*Для того щоб обприскувач якісно виконував обприскування потрібно:*

*ураховувати погодні умови, слідкувати за швидкісним режимом руху обприскувального агрегату, на штангу обприскувача потрібно ставити розпилювачі однакового типу та кольору, вибирати оптимальну висоту розташування штанги на поверхню поля або рослин, обов'язково промивати технологічну систему обприскувача після закінченої зміни, згідно інструкції ставити обприскувач на зберігання (консервацію), не слід ігнорувати безпеку роботи механізатора на агрегатах по захисту рослин .*

*Перераховані фактори допоможуть правильно налаштувати обприскувач для якісного внесення пестицидів при виконанні технологічного процесу.*

**Постановка проблеми.** Обприскування використовується у багатьох технологіях вирощування сільськогосподарських культур, це захист від шкідників та хвороб, підживлення та боротьба з бур'янами. Обприскувачі першими входять на поле та працюють до самої осені. У системі застосування хімічних засобів захисту рослин вирішальне значення має не лише кількість робочого розчину, а й перш за все якість внесення, екологічність і економічність, ефективність самого процесу застосування пестицидів. Якість внесення робочої рідини визначається нормою витрати препарату, розміром краплин та густиною покриття ними оброблюваної поверхні й залежить не тільки від подібного функціонування робочого обладнання обприскувача правильного налагоджування цих машин та експлуатації.

За останні роки підхід до внесення засобів захисту рослин на полі

кардинально не змінився. Головним інструментом залишаються причіпні, невеличкі навесні та самохідні обприскувачі.

Сама операція внесення засобів захисту рослин нескладна. Це обробка рослин або ґрунту робочим розчином пестицидів. Проте неякісне внесення приводить до зниження врожайності, росту собівартості та загибелі посівів. Головна причина поганого внесення засобів захисту рослин - людський фактор. Особливо при роботі старими неавтоматизованими обприскувачами.

**Мета роботи.** Визначити фактори, які спрямовані на підвищення якості обприскування, зменшення витрат пестицидів, підвищення швидкості обробки поля.

**Виклад основного матеріалу.** Для того щоб обприскувач якісно виконував обприскування потрібно:

- урахувати погодні умови, оптимальні умови для ефективного внесення робочих розчинів, фахівці вважають: температуру + 25 °С, вологість 60-80 %, та швидкість вітру до 5 м/с. Якщо температура буде вищою від 25 °С, а вологість нижчою ніж 40% розчин випаровується, не досягатиме рослини і навпаки, а вологість вищою та обприскування стане не ефективним через зниження концентрацію розчину. Як що більше ніж 5 м/с розпилюваний препарат буде знесений та не буде попадати на рослини. тому обприскування потрібно виконувати коли стихає вітер і спадає спека. З 9-11 ранку та з 19-21 годин та вночі, якщо немає сильної роси. Для роботи вночі цього потрібно використовувати навігацію та освітлення штанги.

Внесення засобів захисту рослин у нічний час має переваги: нижче температура повітря та низька вітряність. У результаті зменшується рівень випаровування засобів захисту рослин та знесення вітром робочого розчину. Для роботи обприскувача вночі необхідно використовувати систему автопілотування та обладнати штангу обприскувача Led-діодами. Підсвітка дозволяє механізатору візуально контролювати роботу розпилювачів обприскувача. Кожен факел розпилювання підсвічує синім або білим світлом, це дозволяє легко помітити, коли одна чи декілька форсунок утворюють нерівномірний факел або взагалі не працюватимуть.

- слідкувати за швидкісним режимом руху обприскувального агрегату в обприскувачах з простими механічними регулюванням робочого тиску зі зміною швидкості змінюватиметься норма внесення робочого розчину на одиницю площі. При зниженні швидкості норма витрати на гектар буде зростати, при прискоренні (знижуватися) зменшуватися. Отже механізатору необхідно строго дотримуватися постійної швидкості руху при роботі. Норма внесення за допомогою встановлення електронного управління автоматичних регуляторів тиску, які дають змогу підтримувати постійну норму витрати робочої рідини не залежно від швидкості.

- на штангу обприскувача потрібно ставити розпилювачі однакового типу та кольору. Зручно використовувати корпус з трьома або чотирма розпилювачами це дає можливість швидкої заміни забитого розпилювача або

зношеного та міняти розпилювач при зміні норми витрати при переході на інші види пестицида та різні с.-г. культури. При роботі обприскувача розпилювачі зношуються, вони мають певний ресурс роботи. При збільшенні отвору краплина стає більшою, змінюється кут розпилу, зменшується якість обробки. Особливо це відноситься до щільних розпилювачів їх потрібно змінювати на нові перед початком роботи кожного сезону, або після кожної тисячі гектар. Візуально побачити зношені розпилювачі важко, наскільки збільшився отвір розпилювача можна визначити за допомогою мірного стакана. Заміряти скільки виливається рідина за 60 с. при тиску 3 атм та порівняти отримані данні з табличними, якщо дані відрізняються більш чим на 10 %, розпилювач потрібно міняти. В господарствах мало уділяють цьому увагу. Більшість обприскувачів комплектуються щільними плоскофакельними розпилювачами. Але для більш ефективного обробки пестицидами, зменшення зносу крапель потрібно використовувати інжекторні розпилювачі де змішування робочого розчину та повітря відбувається в самому розпилювачі, завдяки краплі стають більше і менше зноситься вітром, крім того у кожній розпилювача є діапазон робочого тиску, в якому вона показує свою оптимальну продуктивність при певній швидкості руху машин. Перевищення рекомендованого діапазона приведе до дрібнодисперсного туману та зносу і випаровування пестициду. При зменшенні тиску збільшується розмір краплин в факелі розпилу, що приводить до забруднення навколишнього середовища. Таким чином потрібно виконувати обприскування в середніх значеннях діапазону тиску.

- треба становити оптимальну висоту розташування штанги на поверхнею поля або рослин. Висота положення штанги впливає на рівномірність розподілу робочої рідини, відхилення положення штанги від заданої 10 см. веде підвищення нерівномірності обробки на 30 % і в 2 рази збільшується втрати препарату за рахунок знесення вітром, щоб штангу не кидало і зберігалось задане положення механізатору необхідно вибирати оптимальну швидкість режиму руху агрегату.

- для правильної заправки обприскувача робочою рідиною потрібно спочатку: залити 1/3 води в бак, потім додати препарат, інакше велика концентрація препарату в робочому розчині приводить до пошкодження культурних рослин, після проходження перших 50 метрів залишається чорне поле.

- промивати технологічну систему обприскувача потрібно після закінченої зміни. При зміні пестициду рекомендується проводити трикратну промивку основного баку та фільтрів. Особливо потрібно слідкувати за фільтрами основного баку при заправці водовозами. При заправці без фільтрів можуть потрапляти сторонні предмети (каміння, пакети, тощо), що неминуче приведе до поломки всієї системи. Обов'язково потрібно мити обприскувач і ззовні особливо штангу та основний бак знизу.

- як правило в господарствах неправильно ставлять обприскувач на зберігання (консервацію). Забувають зливати воду з системи, заливати антифріз у насос, залишають електронні пристрій на морозі. В результаті системи

обприскувача виходять з ладу.

- сьогодні у сільськогосподарській галузі існує дефіцит кваліфікованих механізаторів і не кожен погоджується працювати на обприскувачах. На сучасних тракторах зараз з'явилися вугільні фільтри для створення чистого і безпечного повітря в кабіні. На сучасних обприскувачах існує можливість дистанційно заправляти робочий розчин і виконувати промивання систем обприскувача, що зводить контакти людини з агресивним середовищем до мінімуму. Проте безпека оператора все ще залишається болючим питанням часто можна побачити, як оператор голими руками обслуговує обприскувач. Не можна працювати без спецодягу. Багато зроблено, як у плані вдосконалення систем безпеки обприскувача так, і в розробці поколінь менш токсичних засобів захисту рослин. Безпеку роботи механізатора на агрегатах по захисту рослин не слід ігнорувати.

**Висновок.** Перераховані фактори допоможуть правильно налаштувати обприскувач для якісного внесення пестицидів при виконанні технологічного процесу.

### Список використаних джерел

1. Сушко І. Пестициди повинні використовуватись ефективно / І. Сушко, М. Дідух // АПК науково – технічний журнал. – 2000 - №9. – С. 11-12.
2. Шпаар Д. Все силы на защиту зерновых / Д. Шпаар , Д.Дитер // Зерно – Всеукраинский журнал современного агропромышленника. – 2012 - № 7. – С. 100-102.
3. Роберт Гриссо. Правильное внесение пестицидов / Р. Гриссо // Зерно. – 2013 (15). – С. 80-82.
4. Теория и практика опрыскивания // Компания Лехлер. – Метциген, Германия. – 2012.

### Аннотация

#### ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ И ЭКОЛОГИЧНОСТИ РАБОТЫ ОПРЫСКИВАТЕЛЕЙ

Гусаренко Н.П.

*Опрыскиватели первыми входят в поле и работают до самой осени. В системе применения химических средств защиты растений решающее значение имеет не только количество рабочего раствора, но и прежде всего качество внесения, экологичность и экономичность, эффективность самого процесса применения пестицидов. Качество внесения рабочей жидкости определяется нормой расхода препарата, размером капель и плотности покрытия ими обрабатываемой поверхности и зависит не только от подобного функционирования рабочего оборудования опрыскивателя правильного налаживания этих машин и эксплуатации.*



*Главная причина плохого внесения средств защиты растений - человеческий фактор. Особенно при работе старыми неавтоматизированными опрыскивателями.*

*Для того чтобы опрыскиватель качественно выполнял опрыскивание нужно: учитывать погодные условия, следить за скоростным режимом движения опрыскивательного агрегата, на штангу опрыскивателя нужно ставить распылители одинакового типа и цвета, выбирать оптимальную высоту расположения штанги на поверхности поля или растений, обязательно промывать технологическую систему опрыскивателя после законченного изменения, согласно инструкции ставить опрыскиватель на хранения (консервации), не следует игнорировать безопасность работы механизатора на агрегатах по защите растений.*

*Перечисленные факторы помогут правильно настроить опрыскиватель для качественного внесения пестицидов при выполнении технологического процесса.*

## **Abstract**

### **IMPROVING THE EFFICIENCY AND ENVIRONMENTAL OPERATION OF SPRAYERS**

N.P. Gusarenko

*Sprayers are the first to enter the field and work until the fall. In the system of application of chemical plant protection products, not only the quantity of the working solution is crucial, but above all the quality of application, environmental friendliness and cost effectiveness, the effectiveness of the pesticides application process itself. The quality of application of the working fluid is determined by the rate of consumption of the drug, the size of the droplets and the density of the coating they cover the treated surface and depends not only on the similar functioning of the working equipment of the sprayer to properly establish these machines and operation.*

*The main reason for the poor introduction of plant protection products is the human factor. Especially when working with old manual sprayers.*

*In order for the sprayer to perform quality spraying, you need take into account weather conditions, follow the speed of the sprayer, move sprayers of the same type and color to the sprayer boom, select the optimum height of the boom on the field or plants, clean the sprayer technological system after the completed change, follow the instructions for storing the sprayer ( conservation), one should not ignore the safety of the work of the operator on the plant protection units.*

*These factors will help to properly configure the sprayer for high-quality application of pesticides when performing the process.*

## ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ AGXTEND ВІД CASE ІН

Антощенко Р.В., д.т.н., доц., Антощенко В.М., к.т.н., проф.,  
Кісь В.М., к.т.н., доц., Галич І.В., ст. викл.

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

*В роботі наведено аналіз інноваційних технологій AGXTEND від Case ІН. Розглянуті іноваційні технології доповнюють існуючу пропозицію компанії із продуктів точного землеробства. Розглянуто п'ять продуктів AGXTEND, які готові до запуску у виробництво, включають датчик біомаси, технологію картування ґрунтів, систему електричного контролю бур'янів, моніторинг зібраного врожаю в ближньому ІЧ спектрі та інтелектуальні сенсори погодних умов в полі.*

**Постановка проблеми.** Невід'ємною складовою розвитку і підвищення ефективності аграрного сектора є технічний прогрес, обумовлений досягненнями науки. Впровадження інноваційних технологій підсилює ефективний розвиток сільського господарства і підвищує конкурентоспроможність продукції. У цих умовах все більшої актуальності набувають питання практичних напрямків підвищення продуктивності землеробства за рахунок використання інноваційних технологій.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Першочергову увагу слід приділяти підвищенню продуктивності землеробства, тому що земля є основним фактором виробництва в сільському господарстві. Підвищити продуктивність землеробства можна лише при використанні інноваційних технологій, підкріплених притоками інвестиційних коштів в аграрний сектор півострова [1]. Інновації та інвестиції є двома сторонами однієї медалі. Одне без іншого не призведе до створення додаткової споживчої цінності. Спочатку з'являється ідея, задум, а потім фінансові вкладення, необхідні для досягнення спільної мети. У цьому розумінні, інновації - це повернення вкладених в науку грошей.

Взагалі, інноваційний розвиток сільського господарства означає якісне перетворення всієї галузі в цілому, яке досягається за рахунок зростання продуктивних сил, використання більш досконалих технологій виробництва і переробки сільськогосподарської продукції, поліпшених сортів сільськогосподарських культур і порід тварин, нових видів сільгосптехніки, сучасних інформаційних технологій, оновлених методів сільськогосподарського виробництва та інших нововведень [2].

Ефективні методи експлуатації та створення енергоефективних агрегатів наведено у роботі [3].

**Метою статті** є проведення аналізу заходів створених CASE ІН для

забезпечення інноваційного сільськогосподарського виробництва.

**Основна частина.** Інноваційні технології AGXTEND від Case IH доповнюють існуючу пропозицію компанії із продуктів точного землеробства (Advanced Farming Systems, AFS) / Глибокий галузевий аналіз підтверджує лідируюче положення даних рішень на ринку / П'ять продуктів AGXTEND, які готові до запуску у виробництво, включають датчик біомаси, технологію картування ґрунтів, систему електричного контролю бур'янів, моніторинг зібраного врожаю в ближньому ІЧ спектрі та інтелектуальні сенсори погодних умов в полі.

Лінійка технологій точного землеробства AGXTEND від Case IH надає користувачам доступ до нових ексклюзивних рішень, які підвищують продуктивність та ефективність роботи, гарантуючи реальні переваги впродовж всього року.

Запуск AGXTEND, що доповнює існуючу низку продуктів Case IH з технологій точного землеробства (AFS), значно розширить пропозицію компанії в даному сегменті і зрештою забезпечить охоплення повного комплексу рішень з точного землеробства та пов'язаних з ними сервісів.

«Започаткування AGXTEND підкреслює наше прагнення спростити для наших клієнтів впровадження та плідне використання передових інноваційних технологій», – каже Максим Рокабой, менеджер з маркетингу продукції компанії Case IH в секторі рішень з точного землеробства компанії Case IH в регіоні ЕМЕА. «Ми здійснили інтенсивний галузевий аналіз, аби переконатися, що дана лінійка продуктів включає найкращі рішення, які на сьогодні можна знайти на ринку. Ми в Case IH віддаємо всі сили, аби забезпечити якнайшвидшу розробку даної лінійки продуктів та послуг».

На початковому етапі впровадження Case IH пропонує п'ять продуктів AGXTEND, які покривають низку технологій. Серед них наступні:

– Пакет датчиків біомаси, який аналізує поточний стан рослин та відповідним чином підлаштовує обсяг внесення добрив.

– Системи відслідковування стану ґрунту в реальному часі, які автоматично регулюють параметри робочої глибини навісного обладнання задля забезпечення найкращих результатів обробки ґрунту.

– Високоточні системи вимірювання та контролю в ближньому інфрачервоному (NIR) діапазоні надають дані про рослинну культуру в реальному часі, аби забезпечити підбір максимально ефективних налаштувань техніки.

– Усунення бур'янів без використання хімікатів – електрогербіцидна технологія.

– Серія погодних сенсорів реального часу, які допомагають прийняти важливі рішення при виконанні сільськогосподарських робіт.

**CropXplorer.** Система CropXplorer, що встановлюється на передній навісці трактора, використовує два високоточних оптичних сенсори, які вимірюють обсяг біомаси культури. Зібрані ними дані згодом обробляються за

допомогою алгоритмів, які розраховують поточну потребу рослин в азотних добривах, а потім система автоматично вносить зміни до налаштувань обприскувача, аби він точно вносив необхідну кількість добрив. CropXplorer також включає режим «Карта + Накладення», що дозволяє використовувати карти потенційної врожайності в поєднанні з поточними даними, які датчик вимірює на ходу (рис. 1).



Рис. 1 - Система CropXplorer

Попри втілені в системі CropXplorer передові технології вона є простою у встановленні та використанні. Її можна змонтувати на стандартній передній триточковій зчіпці або передній баластній рамі, при цьому не потрібно здійснювати жодних калібрувань. Управління здійснюється за допомогою виділеного терміналу, який є сумісним з розкидувачами добрив, оснащеними ISOBUS, а також з більшістю розкидувачів без ISOBUS, які здатні працювати з регульованими нормами внесення добрив.

**SoilXplorer.** Сенсор SoilXplorer або картограф складається з безконтактного сенсора ґрунту, який використовує електромагнітні хвилі для вимірювання електрокондуктивності ґрунту на чотирьох різних глибинах – 0-25 см, 15-60 см, 55-95 см, 85-115 см. Даний блок можна встановити на передню навіску трактора. Він має дві основних функції. Його можна задіювати для картування полів, для запису даних про неоднорідність ґрунту, а також для складання карт типів ґрунту і карт відносного вмісту вологи. Крім того, він надає дані про наявність та глибину ущільнених ділянок, тому за допомогою

відповідного сумісного обладнання можна здійснювати культивуацію з постійним регулюванням глибини обробки. Робота на максимальній глибині тільки там, де це потрібно, дозволяє заощадити паливо та знизити зношування металу, що зрештою призводить до значного скорочення витрат (рис. 2).



Рис. 2 - Сенсор SoilXplorer

**NIRXact.** Сенсор культури/рідких добрив NIRXact можна встановлювати на комбайни та прес-підбирачі. Дана система використовує технологію сканування в ближньому інфрачервоному діапазоні (NIR) для точного вимірювання врожайності, вологи та складових компонентів збираної культури, включаючи КДВ (кислотно-детергентне волокно), НДВ (нейтрально-детергентне волокно), крохмаль, золу та сирий жир. Це забезпечує низку переваг, зокрема, це дасть підрядникам можливість продавати свої послуги на основі кількості зібраних тонн врожаю, а фермери зможуть підвищити продажну вартість зібраного зерна або скоригувати харчування молочної та м'ясної худоби. Сенсор NIRXact, встановлюваний на баку рідких добрив, дозволяє відслідковувати кількість азотних добрив, внесених на певних ділянках поля, і коригувати цю кількість, змінюючи норми внесення рідких добрив відповідно до поточного вмісту. Це дає змогу більш точно та раціонально використати рідкі добрива, захистити навколишнє середовище та знизити транспортні витрати на перевезення рідких добрив.

**Xpower,** унікальна система боротьби з бур'янами за допомогою електроструму, здобула для Case IH бронзову медаль за інновації – Innovation Awards – на виставці SIMA 2019. Ця екологічна технологія замінює хімікати

електричним струмом для знищення бур'янів та підсушування врожаю перед збиранням. Висока ефективність даної системи дозволяє повністю знищити шкідливі рослини до самого коріння. Вона працює за допомогою безпосереднього контакту, а ефект її використання видимий вже за декілька годин. Для задіяння даної технології доступні штанги з робочою шириною від 1,2 до 3 м (рис. 3).



Рис. 3 - Система боротьби з бур'янами Xpower

**FarmXtend.** Додаток FarmXtend – це розумний додаток для відслідковування погодних умов, який працює з комплексом встановлених у полі датчиків. Він дозволяє фермерам в будь-який момент дізнатися погодні умови в полі і дає їм змогу прийняти зважені та проінформовані рішення щодо проведення таких операцій, як обприскування.

Погодні датчики підтримують зв'язок з метеорологічною станцією WeatherXact, яка вимірює температуру та вологість на висоті 1,0 м над землею та на рівні рослин, а також з детектором дощу RainXact і пристроєм SoilXact, який реєструє вологість та температуру ґрунту на різних глибинах.

Додаток FarmXtend відрізняється від інших систем використанням потужних алгоритмів, що визначають небезпеку захворювання рослин на основі даних про температуру та вологість (додаток працює з великою кількістю сільськогосподарських культур), – і відповідно розрахувати оптимальні періоди обприскування.

**Висновки.** Інноваційні технології AGXTEND від Case IH доповнюють існуючу пропозицію компанії із продуктів точного землеробства (Advanced

Farming Systems, AFS). Глибокий галузевий аналіз підтверджує лідируюче положення даних рішень на ринку. Case IH пропонує п'ять продуктів AGXTEND, які готові до запуску у виробництво, що включають датчик біомаси, технологію картування ґрунтів, систему електричного контролю бур'янів, моніторинг зібраного врожаю в ближньому ІЧ спектрі та інтелектуальні сенсори погодних умов в полі.

### Список використаних джерел

1. Абдураимова Э. Д. Инновационные технологии в земледелии Крыма / Абдураимова Э. Д. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 1(3). – С. 15-21.
2. Есполов Т. И., Тиреуов К. М., Керимова У. К. Внедрение инновационных технологий в сельское хозяйство – основа модернизации экономики / Абдураимова Э. Д. // Праці Таврійського державного агротехнологічного університету: наукове фахове видання. – Мелітополь: ТДАТУ, 2013. – Вип. 1(2). – С. 163-174.
3. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія / Р. В. Антощенко. – Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017. – 244 с.

### Аннотация

#### ИННОВАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ AGXTEND ОТ CASE IH

Антощенко Р.В., Антощенко В.М., Кись В.Н., Галич И.В.

*В работе приведен анализ инновационных технологий AGXTEND от Case IH. Рассмотрены инновационные технологии дополняют существующее предложение компании из продуктов точного земледелия. Рассмотрены пять продуктов AGXTEND, которые готовы к запуску в производство, включают датчик биомассы, технологию картирования почв, систему электрического контроля сорняков, мониторинг собранного урожая в ближнем ИК диапазоне и интеллектуальные сенсоры погодных условий в поле.*

### Abstract

#### AGXTEND INNOVATIVE TECHNOLOGIES FROM CASE IH

R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkov, V. Kis, I. Galich

*An analysis of AGXTEND Innovation Technologies from Case IH is presented in this work. The considered innovative technologies complement the company's existing offer of precision farming products. The five AGXTEND products that are ready to be put into production are considered, include biomass sensor, soil mapping technology, weed control system, crop monitoring in the near-infrared range, and intelligent weather sensors in the field.*

## РОЗУМНА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА

**Антощенко Р.В., д.т.н., доц., Антощенко В.М., к.т.н., проф.,  
Фабричнікова І.А., к.т.н., доц.**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

*В роботі наведено обґрунтування та аналіз заходів, що утворюють розумну сільськогосподарську техніку. Оснащення сільськогосподарської техніки інтелектуальними системами фактично призвело до створення її нового типу – інтелектуальної, або розумної техніки. Інтелектуальні системи дозволяють дистанційно контролювати географічне положення машин, відстежувати експлуатаційні параметри, режими їх роботи, стан оброблюваної середовища, синхронізувати роботу комплексів машин, управляти якістю виконання ними технологічних операцій.*

**Постановка проблеми.** Одним з головних напрямків науково-технічного прогресу у виробничій сфері є розвиток розумних (інтелектуальних) технологій. У них в ролі технологічних засобів виступають розумні (інтелектуальні) системи, характерна риса яких полягає в здатності контрольованим чином реагувати на вплив зовнішніх і внутрішніх факторів, налаштовуючи певним чином свої параметри залежно від особливостей прояву цих впливів. Завдяки інтелектуалізації виробництва забезпечується підвищення продуктивності праці при одночасному підвищенні якості та зниженні собівартості продукції, що випускається.

Розумні технології набувають все більшого поширення в агропромисловому комплексі (АПК). Ефективність і умови їх застосування в значній мірі визначаються специфікою виробничих процесів в різних галузях АПК. При цьому найбільша увага приділяється розвитку розумної сільськогосподарської техніки, для успішного застосування якої необхідно забезпечити підготовку відповідних фахівців.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Розробка і виробництво сільськогосподарської техніки здійснюються з урахуванням постійно зростаючих вимог до розвитку сільськогосподарського виробництва, спрямованого на підвищення продуктивності, гнучкості та безпеки при одночасному забезпеченні оптимального управління виробництвом, поліпшення якості та зниженні собівартості продукції, що випускається. Ці вимоги можуть бути успішно виконані при реалізації форм розвитку сільськогосподарського виробництва, пов'язаних з все більш повною заміною праці людини працею машин [1].

Традиційно основними формами такого розвитку сільськогосподарського



виробництва є його механізація, автоматизація та комп'ютеризація. В останні 10-15 років, поряд з ними, все більшого поширення набуває ще одна форма – інтелектуалізація виробництва, яка сьогодні стає стратегічним напрямком науково-технічного прогресу в сільському господарстві.

Автоматизацію виробництва прийнято розглядати як вищу стадію його механізації, а комп'ютеризацію – як вищу стадію його автоматизації. Відповідно, інтелектуалізацію виробництва слід розглядати як вищу стадію його комп'ютеризації.

Всі ці форми розвитку сільськогосподарського виробництва перебувають в тісному взаємозв'язку, доповнюючи один одного. В свою чергу, всі вони самі знаходяться в стані постійного розвитку, оновлення, вдосконалення. При цьому розвиток механізації виробництва створює передумови для розвитку його автоматизації, розвиток механізації і автоматизації виробництва створює передумови для розвитку його комп'ютеризації та, нарешті, розвиток механізації, автоматизації та комп'ютеризації виробництва створює передумови для розвитку його інтелектуалізації [2].

Ефективні методи експлуатації та створення енергоефективних агрегатів наведено у роботі [3].

**Метою статті** є обґрунтування та аналіз заходів, що утворюють розумну сільськогосподарську техніку.

**Основна частина.** Механізація виробництва – це модернізація виробництва шляхом заміни ручних засобів праці (інструментів) машинами, що забезпечують виконання технологічних операцій.

Розрізняють часткову і комплексну механізацію виробництва. При частковій механізації механізуються окремі технологічні операції або види робіт, як правило, найбільш трудомісткі, при збереженні значної частки ручної праці, особливо на вантажно-розвантажувальних роботах. Більш високим ступенем є комплексна механізація, при якій ручна праця замінюється машинною зазвичай на всіх основних технологічних операціях.

Комплексна механізація здійснюється на основі раціонального вибору машин, працюючих у взаємно узгоджених режимах, пов'язаних з продуктивності і забезпечують найкраще виконання заданих технологічних операцій. Ручна праця при комплексній механізації може зберігатися на окремих не трудомістких операціях, механізація яких не має істотного значення для полегшення праці або економічно недоцільна. За людиною залишаються функції контролю і управління виробничим процесом.

Автоматизація виробництва – це його модернізація, при якій виконання технологічних операцій забезпечується за допомогою засобів автоматики без безпосередньої участі людини; при цьому управління машинами, їх регулювання і налагодження здійснюється автоматично (рис. 1).

Часткова автоматизація – це автоматизоване виконання окремих технологічних операцій, а комплексна – автоматизоване виконання всіх основних технологічних операцій, що в підсумку призводить до створення

автоматизованих технологічних ліній, виробничих цехів і підприємств.

Найбільш прогресивні напрямки автоматизації виробництва пов'язані із застосуванням технологічного обладнання з програмним управлінням, роботизованих технологічних комплексів і гнучких виробничих систем (гнучких автоматизованих виробництв).

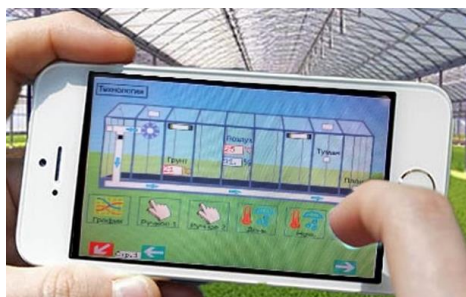


Рис. 1 - Приклад системи автоматизації сільськогосподарського виробництва

Технологічне обладнання з програмним управлінням представляє собою автомат (напіваавтомат), рухливі органи якого виконують робочі і допоміжні рухи автоматично за заздалегідь встановленою комп'ютерною керуючою програмою.

Роботизований технологічний комплекс (РТК) являє собою сукупність автоматично діючих технологічних машин, в тому числі таких, що реалізують всю технологію виробництва за винятком функцій управління і контролю, що здійснюються людиною.

Робот – це автоматичний програмно-керований маніпулятор, який виконує технологічні операції зі складними просторовими переміщеннями (рис. 2).



Рис. 2 - Безпілотний трактор Case IH Magnum ACV

З розвитком програмно-керованого технологічного обладнання і РТК з'явилися нові організаційно-технічні форми використання автоматизованого обладнання – гнучкі виробничі системи (ГВС), в яких на основі відповідних технічних засобів і організаційних рішень забезпечується можливість оперативного перенастроювання на випуск нової продукції в досить широких межах її номенклатури і характеристик [4].

Головною складовою ГПС є високопродуктивне технологічне обладнання з програмним управлінням, здатне працювати в автоматичному режимі без участі людини протягом тривалого часу.

Основним технологічним обладнанням для ГПС є гнучкий виробничий модуль, який являє собою одиницю технологічного обладнання для виробництва продукції довільної номенклатури, в установлених межах її характеристик, з програмним керуванням, що автономно функціонує, автоматично здійснює всі функції, пов'язані з їх виготовленням, має можливість вбудовування в ГПС.

Комп'ютеризація виробництва – це модернізація виробництва, заснована на широкому застосуванні комп'ютерної техніки, за допомогою якої забезпечується виконання технологічних процесів, а також організаційно-економічне управління виробництвом.

З комп'ютеризацією виробництва тісно пов'язана його інформатизація – процес активного формування та широкомасштабного використання інформаційних ресурсів у виробничій сфері на основі широкого поширення інформаційних технологій. Ці технології представляють собою сукупність методів збору, зберігання, обробки і передачі інформації за допомогою комп'ютерних і телекомунікаційних засобів.

Інформатизація технологічних процесів здійснюється за наступними напрямками:

- 1) інформатизація контролю і управління окремими технологічними операціями шляхом оснащення обладнання комплексом приладів і датчиків;
- 2) створення пакетів прикладних програм для фахівців для вирішення окремих технологічних завдань;
- 3) розробка комп'ютерних технологій управління всім технологічним (виробничим) процесом.

Інтелектуалізація виробництва – це модернізація виробництва, при якій виконання технологічних процесів і організаційно-економічне управління виробництвом ґрунтуються на широкому застосуванні інтелектуальних систем – інакше їх називають розумними системами (smart systems).

Зазначені форми розвитку сільськогосподарського виробництва знаходять своє відображення в конструктивних і функціональних особливостях створюваної сільськогосподарської техніки.

Аналіз тенденцій розвитку сільськогосподарської техніки показує, що до недавнього часу підвищення її ефективності забезпечувалось, як правило, за рахунок поліпшення її типових робочих характеристик.

Так, розвиток тракторів здійснювався в основному шляхом збільшення потужності двигунів. Спочатку трактори використовувалися головним чином як тягачі, тобто призначалися для здійснення тягових функцій. Тому у тракторів потужність двигуна розраховувалася, виходячи із забезпечення необхідної сили тяги на гаку при допустимому буксуванні ведучих коліс і швидкості руху на нижчій основній передачі без резерву для відбору потужності через механізми приводу активних робочих органів сільськогосподарських машин, що

агрегатуються з тракторами. Подальше вдосконалення тракторів призвело до розширення їх функцій і пред'явлених до них експлуатаційних вимог, зокрема, до широкого агрегування з сільськогосподарськими машинами, що мають активні робочі органи, привід яких здійснюється від механізмів відбору потужності. У зв'язку з цим функції тракторів значно розширилися, а вимоги до їх експлуатаційних властивостей, особливо технологічного характеру, підвищилися. Поряд з реалізацією необхідної сили тяги на гаку потрібно мати ефективну потужність двигуна з запасом на забезпечення технологічного процесу машинно-тракторного агрегату (МТА), що включає до свого складу не одну, а кілька робочих машин, а також на поліпшення ергономічних властивостей МТА (наприклад, умов праці оператора і ін.).

Основними частинами конструкції трактора, які піддавалися вдосконаленню, були двигуни, паливна апаратура, системи фільтрації і впуску повітря, гідро обладнання. Значна увага приділялася підвищенню ефективності гальм, зокрема, використання дискових гальм з охолодженням в маслі; впровадженню безступеневих трансмісій; розширення застосування нових конструкційних матеріалів, в тому числі пластмас.

Характерний приклад вдосконалення конструкції трактора – застосування гумо-армованих гусениць. Традиційно розрізняють два типи рушіїв: колісний тип і гусеничний. Колісний хід є набагато більш поширеним. Він забезпечує необхідну тягу, дозволяє працювати на великій робочій та транспортній швидкості, не пошкоджує дорожнє покриття, простий в експлуатації, надійний в роботі. Однак у нього є два суттєвих недоліки: важко забезпечити оптимальну площу контакту колеса з поверхнею ґрунту, що призводить до підвищеного на неї впливу, і наявність буксування коліс з негативними екологічними наслідками. Звичайний (металевий) гусеничний хід не має цих недоліків. Крім того, тиск на ґрунт у нього в 2-3 рази менше, ніж у колісного ходу. Але разом з тим він досить метало ємкий, робочі швидкості обмежені до 6-8 км/год, менш надійний в експлуатації, пошкоджує дорожнє покриття, при поворотах та розворотах згрібає верхній шар ґрунту, неефективний на транспортних роботах. Гумоармовані гусениці увібрали все краще, що є у колісного ходу й звичайного гусеничного. У агрегатів на гумо-армованому гусеничному ході швидкість доходить до 60 км/годину, гарантується мінімальний тиск на ґрунт, гусениці не ушкоджують дороги, безшумні в роботі. У поєднанні з незалежним реверсивним електро- або гідро- приводом лівої і правої гусениці досягається великий ефект по мобільності агрегату, маневреності, скорочення ширини поворотних смуг, зменшення часу на транспортні переїзди.

Розвиток сільськогосподарських машин, також як і тракторів, здійснювалося в основному шляхом збільшення потужності двигунів, а також

збільшення ширини захоплення або ємності бункерів. При вдосконаленні зернозбиральних комбайнів підвищену увагу приділяли скороченню до мінімуму втрат і пошкоджень зерна; зниження негативного впливу на ґрунт шляхом зменшення питомого тиску коліс машин на ґрунт, впровадженню приводу на всі колеса, застосування гусениць. Удосконалення машин для виробництва кормів прямувало на підвищення їх продуктивності за рахунок збільшення енергонасиченості, на створення спеціалізованих машинних комплексів з оптимальними узгодженими між собою параметрами, що охоплюють весь технологічний ланцюжок від скошування рослинної маси до роздачі корму тваринам.

Однак всі заходи такого роду щодо підвищення ефективності сільгосптехніки виявилися практично вичерпаними. В останні роки при створенні сільськогосподарської техніки простежується стійка тенденція все більш широкого застосування електронних пристроїв контролю і управління, автоматизованих, комп'ютеризованих та, в кінцевому рахунку, інтелектуальних систем, що забезпечують реалізацію технологій точного сільського господарства на основі широкого використання інформаційних технологій, засобів телекомунікації, супутникової навігації і ін.

Оснащення сільськогосподарської техніки інтелектуальними системами фактично призвело до створення її нового типу – інтелектуальної, або розумної техніки. Інтелектуальні системи дозволяють дистанційно контролювати географічне положення машин, відстежувати експлуатаційні параметри, режими їх роботи, стан оброблюваної середовища, синхронізувати роботу комплексів машин, управляти якістю виконання ними технологічних операцій. Поряд із застосуванням інтелектуальних систем, при створенні нової сільськогосподарської техніки постійно вдосконалюються кінематичні, пневматичні і гідравлічні системи машин, комбінації робочих органів, використовуються нові конструктивні рішення. При цьому завдяки інтелектуалізації сільськогосподарської техніки стає можливим не тільки суттєво підвищити ефективність її роботи за рахунок організації оптимального контролю і управління, але також забезпечити створення комфортних і безпечних умов праці, вирішення завдань з охорони навколишнього середовища.

### **Висновки.**

1. Оснащення сільськогосподарської техніки інтелектуальними системами фактично призвело до створення її нового типу – інтелектуальної, або розумної техніки. Інтелектуальні системи дозволяють дистанційно контролювати географічне положення машин, відстежувати експлуатаційні параметри, режими їх роботи, стан оброблюваної середовища, синхронізувати роботу комплексів машин, управляти якістю виконання ними технологічних операцій.

2. Завдяки інтелектуалізації сільськогосподарської техніки стає можливим

не тільки суттєво підвищити ефективність її роботи за рахунок організації оптимального контролю і управління, але також забезпечити створення комфортних і безпечних умов праці, вирішення завдань з охорони навколишнього середовища.

### Список використаних джерел

1. Шило И. Н. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе / И. Н. Шило, Н. К. Толочко, Н. Н. Романюк, С. О. Нукешев. – Минск: БГАТУ, 2016. – 336 с.
2. Черноиванов В. И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства: науч. изд. / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 284 с.
3. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія / Р. В. Антощенко. – Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017. – 244 с.
4. Шило И. Н., Толочко Н. К., Нукешев С. О., Романюк Н. Н., Есхожин К. Д. Умная сельскохозяйственная техника: учебное пособие, – Астана, Издательство КазАТУ им. С. Сейфуллина, 2018. – 174 с.

### Аннотация

#### ИНТЕЛЕКТУАЛЬНАЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННАЯ ТЕХНИКА

Антощенко Р.В., Антощенко В.М., Фабричникова И.А.

*В работе приведены обоснование и анализ мероприятий, образующие разумную сельскохозяйственную технику. Оснащение сельскохозяйственной техники интеллектуальными системами фактически привело к созданию ее нового типа - интеллектуальной, или разумной техники. Интеллектуальные системы позволяют дистанционно контролировать географическое положение машин, отслеживать эксплуатационные параметры, режимы их работы, состояние обрабатываемой среды, синхронизировать работу комплексов машин, управлять качеством выполнения ими технологических операций.*

### Abstract

#### INTELLECTUAL AGRICULTURAL MACHINERY

R. Antoshchenkov, V. Antoshchenkov, I. Fabrichnikova

*The paper presents the rationale and analysis of measures that form a reasonable agricultural equipment. Equipping agricultural machinery with intellectual systems actually led to the creation of a new type of it — intellectual, or intelligent technology. Intelligent systems allow you to remotely control the geographic location of machines, track operating parameters, their modes of operation, the state of the processed environment, synchronize the operation of machine complexes, and control the quality of their technological operations.*

## ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

Антощенко Р.В., д.т.н., доц., Галич І.В., ст. викл.,  
Мікла І.А., студ., Козлов О.С., студ., Сизько А.А., студ.

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)*

*В роботі наведено аналіз інтелектуальних інформаційних систем, що використовуються у сільському господарстві. Встановлено, що управління виробництвом на основі застосування самоналагоджувальних систем дозволяє оптимізувати режими функціонування керованих об'єктів, полегшує завдання уніфікації систем управління, скорочує час на випробування і наладку, знижує технологічні вимоги на виготовлення пристроїв управління, звільняє обслуговуючий персонал від трудомістких операцій налаштування.*

**Постановка проблеми.** Інформатика як наукова дисципліна вивчає структуру і загальні властивості інформації, а також закономірності її створення, перетворення, передачі і використання в різних сферах людської діяльності.

Основні функції інформаційних систем: сприйняття інформаційних запитів, що вводяться користувачем, та необхідних вихідних даних, обробка інформації, що введена і зберігається в системі відповідно відомим алгоритмом і формування необхідної вихідної інформації.

Для інтелектуальних інформаційних систем, орієнтованих на генерацію алгоритмів розв'язання задач, властиві розвинені комунікативні здатності, тобто можливості взаємодії (*інтерфейс*) користувача з системою, а також вміння вирішувати складні погано сформульовані завдання, тобто такі завдання, які вимагають побудови оригінального алгоритму рішення в залежності від конкретної ситуації, яка характеризується невизначеністю і динамічністю результативних даних і знань.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** До інтелектуальних інформаційних системам, які мають широке застосування, відносяться експертні системи, призначення яких полягає у вирішенні складних для експертів завдань на основі накопиченої бази знань, що відбиває досвід роботи експертів в досліджуваній проблемній галузі [1]. Експертні системи забезпечують можливість прийняття рішень в ситуаціях, коли алгоритм заздалегідь не відомий і формується за вихідними даними у вигляді ланцюжка міркувань (правил прийняття рішень) з бази знань, причому рішення задач передбачається здійснювати в умовах неповноти, недостовірності, багатозначності вихідної інформації і якісних оцінок процесів [2]. Ефективні методи та засоби визначення показників функціонування сільськогосподарських машин та агрегатів

наведено у роботі [3].

**Метою статті** є аналіз інтелектуальних інформаційних систем, що використовуються у сільському господарстві.

**Основна частина.** В останні роки все більш широке використання знаходять Інтелектуальні географічні інформаційні системи (*геоінформаційні системи*, ГІС). У загальному випадку ГІС – це система збору, зберігання, аналізу та графічної візуалізації просторових (географічних) даних і пов'язаної з ними інформації про необхідні об'єкти. У технічному відношенні ГІС являє собою набір комп'ютерного обладнання, географічних даних і програмного забезпечення для збору, обробки, зберігання, моделювання, аналізу і відображення всіх видів просторово прив'язаної інформації. Поява ГІС відносять до початку 1960-х років, коли виникли передмови для інформатизації та комп'ютеризації сфер діяльності, пов'язаних з моделюванням географічного простору і рішенням просторових завдань.

Інтелектуальні ГІС найчастіше будуються на основі експертних систем. Вони дозволяють розпізнавати складні просторово співвіднесені ситуації, прогнозувати окремі події, оцінювати їх небезпеку чи інші властиві їм ознаки і видавати відповідні рекомендації користувачам. Існують також інтелектуальні ГІС, які містять в своєму складі штучні нейронні мережі. Такі ГІС використовуються для асоціативного запам'ятовування інформації, нелінійного прогнозування і моделювання, обробки інформації про об'єкти і процеси.

**Інтелектуальні адаптивні системи.** За допомогою адаптивних (що самі пристосовуються) систем можна істотно змінювати характер управління автоматизованим виробництвом, робити його автономним в найвищому ступені і адаптованим на відміну від традиційного управління за допомогою комп'ютерного комплексу, який оброблює інформацію по заздалегідь відомим законам і алгоритмам. Адаптивні системи здатні зберігати працездатність в умовах непередбаченої зміни властивостей керованого об'єкта, мети управління або умов зовнішнього середовища за допомогою зміни алгоритмів свого функціонування або пошуку оптимальних станів. За способам адаптації вони поділяються на самоналагоджувальні, самонавчальні та самоорганізовувальні системи.

В самоналагоджувальних системах пристосування до випадково змінних умов забезпечується автоматичним пошуком оптимальної настройки або автоматичною зміною параметрів настройки (в результаті контрольований показник якості управління підтримується в заданих межах) (рис. 1).

В будь-якій іншій автоматичній системі управління, що не є самоналагоджувальною, є параметри, які впливають на стійкість і якість процесів управління і можуть бути змінені під час налаштування системи. Якщо ж ці параметри залишаються незмінними, а умови функціонування (характеристики керованого об'єкта, збуджувальні впливи) істотно змінюються, то процес управління може погіршитися, стати нестійким. Ручна настройка системи не завжди зручна і, більш того, не завжди можлива. Виконання в таких



випадках самоналагоджувальних систем є як технічно, так і економічно доцільним і, крім того, може виявитись єдиним способом забезпечення надійного управління.



Рис. 1 - Сільськогосподарський робот з самоналагоджувальним алгоритмом роботи

Управління виробництвом на основі застосування самоналагоджувальних систем дозволяє оптимізувати режими функціонування керованих об'єктів, полегшує завдання уніфікації систем управління, скорочує час на випробування і наладку, знижує технологічні вимоги на виготовлення пристроїв управління, звільняє обслуговуючий персонал від трудомістких операцій налаштування.

В самонавчальних системах алгоритм функціонування виробляє і вдосконалюється в процесі самонавчання, який зводиться до «проб» і «помилки». При цьому система виконує пробні зміни алгоритму і одночасно контролює результати цих змін. Якщо результати виявляються сприятливими з точки зору цілей управління, то зміни тривають в тому ж напрямку до досягнення найкращих результатів або ж до початку погіршення процесу управління [4].

В самоорганізованих системах пристосування до умов, що змінюються або оптимізація процесів управління досягається зміною структури системи управління, зокрема, включенням або винятком окремих підсистем, якісною зміною алгоритмів управління, зв'язків між підсистемами і схеми їх підпорядкування, тощо.

**Інтелектуальні роботизовані системи.** В останні роки інтелектуальні системи активно впроваджуються в робототехніку. У зв'язку з цим прийнято розрізняти три етапи в розвитку роботів:

- 1) створення програмних роботів (працюють за жорстко заданою програмою дій);
- 2) створення адаптивних роботів (мають можливість автоматично перепрограмуватися (адаптуватися) в залежності від обставин; спочатку задаються лише основи програми дій);
- 3) створення інтелектуальних роботів (завдання вводиться в загальній

формі, а сам робот приймає рішення або планує свої дії в розпізнаваній ним невизначеній або складній обстановці).

Інтелектуальний робот – це робот, оснащений інтелектуально функціональною системою управління. Він володіє так званою моделлю зовнішнього світу, що дозволяє йому діяти в умовах невизначеності інформації. Якщо ця модель реалізована у вигляді бази знань, то доцільно, щоб база знань була динамічною. При цьому корекція правил виведення в умовах мінливого зовнішнього середовища реалізує механізми самонавчання та адаптації (рис. 2).



Рис. 2 - Інтелектуальний робот

В склад інтелектуального робота входять наступні основні частини:

- виконавчі органи – маніпулятори, ходова частина, тощо, пристрої, за допомогою яких робот може впливати на оточуючі його предмети (за аналогією з живими організмами це «руки» та «Ноги» робота); всі вони представляють собою досить складні технічні пристрої, що включають сервоприводи, мехатронні частини, датчики, системи управління;
- сенсори – системи технічного зору, слуху, дотику, датчики відстаней, локатори та ін. Пристрої, які дозволяють отримати інформацію з навколишнього світу;
- система управління – це «мозок» робота, який приймає інформацію від сенсорів і управляє виконавчими органами; ця частина робота реалізується за допомогою програмних засобів.

До складу системи управління інтелектуального робота входять наступні

#### КОМПОНЕНТИ:

- модель світу – відображає стан навколишнього робота світу в термінах, зручних для зберігання і обробки; вона виконує функцію запам'ятовування стану об'єктів в світі і їх властивостей;
- система розпізнавання – сюди входять системи розпізнавання зображень, розпізнавання мови, тощо; завданням цієї системи є ідентифікація, тобто «Впізнавання» предметів, що оточують робота, їх розташування в просторі, в результаті чого будується модель світу;
- система планування дій – здійснює «віртуальне» перетворення моделі світу з метою отримання якоїсь дії; в результаті чого здійснюється побудова планів, тобто послідовність елементарних дій;
- система виконання дій – намагається виконати заплановані дії, подаючи команди на виконавчі пристрої і контролюючи при цьому процес виконання; якщо виконання елементів дії виявляється неможливим, то весь процес призупиняється і виконується нове (або частково нове) планування;
- система управління цілями – визначає ієрархію, тобто значимість і порядок досягнення поставлених цілей.

Важливою властивістю системи управління є здатність до навчання та адаптації, тобто здатність генерувати послідовність дій для поставленої мети, а також підлаштовувати свою поведінку під мінливі умови навколишнього середовища для досягнення поставлених цілей.

Робота інтелектуального робота ґрунтується на використанні систем штучного інтелекту, методів нечіткої логіки, штучних нейронних мереж.

Штучний інтелект – це властивість інтелектуальної системи виконувати творчі функції, які традиційно вважаються прерогативою людини. При цьому під інтелектуальною системою приймаються технічна або програмна система, здатна вирішувати задачі, що традиційно вважаються творчими, що належать до конкретної предметної області, знання про яку зберігаються в пам'яті такої системи. Структура інтелектуальної системи включає три основних блоки: базу знань, вирішувач і інтелектуальний інтерфейс, що дозволяє вести спілкування з комп'ютером без спеціальних програм для введення даних.

Штучні нейронні мережі – це математичні моделі, а також їх програмне або апаратне втілення, побудовані за принципом організації та функціонування біологічних нейронних мереж – мереж нервових клітин живого організму. Нейронна мережа представляє собою систему з'єднаних і взаємодіючих між собою простих процесорів (штучних нейронів). Такі процесори зазвичай досить прості (у порівнянні з процесорами, що використовують в звичайних персональних комп'ютерах). Кожен процесор нейронної мережі має справу тільки з сигналами, які він періодично отримує, і сигналами, які він періодично посиляє іншим процесорам. І, тим не менше, будучи з'єднаними в більшу мережу з керованою взаємодією, такі локально прості процесори разом здатні виконувати досить складні завдання.

Бездротові сенсорні мережі. Бездротова сенсорна мережа (wireless sensor

network, WSN) – це розподілена, самоорганізована мережа безлічі сенсорів і виконавчих пристроїв, об'єднаних між собою за допомогою радіозв'язку. Зона покриття такої мережі може становити від декількох метрів до декількох кілометрів за рахунок здатності ретранслювати повідомлення від одного елемента мережі до іншого.

Використання порівняно недорогих бездротових сенсорних пристроїв відкриває широкі можливості для застосування систем телеметрії та контролю. Сенсорні мережі використовуються для бездротового збору даних, моніторингу та обслуговування машин, контролю навколишнього середовища, управління безпекою та в багатьох інших областях.

Бездротові сенсорні мережі складаються з мініатюрних обчислювальних пристроїв, забезпечених сенсорами температури, тиску, освітленості, рівня вібрації, розташування, тощо і трансиверами (пристроями для передачі і прийому сигналів), які працюють в заданому радіодіапазоні. Гнучка архітектура, низькі витрати при монтажі виділяють бездротові сенсорні мережі серед інших бездротових і дротових інтерфейсів передачі даних, особливо коли мова йде про велику кількість з'єднаних між собою пристроїв.

Системи радіочастотної ідентифікації. Радіочастотна ідентифікація (radio frequency identification, RFID) – це спосіб автоматичної ідентифікації об'єктів, в якому дистанційно за допомогою радіосигналів зчитуються або записуються дані, що зберігаються в так званих транспондерах (приймально-передавальних пристроях), або RFID-мітках. Більшість RFID-міток складається з двох частин: інтегральної схеми (для зберігання і обробки інформації, модулювання або де модулювання радіочастотного сигналу і деяких інших функцій) і антени (для прийому і передачі сигналу).

Супутникові навігаційні системи. Супутникова система навігації являє собою комплексну електронно-технічну систему, яка складається із сукупності наземного і космічного устаткування і призначена для визначення місця розташування (географічних координат і висоти) і точного часу, а також параметрів руху (швидкості і напрямку руху, тощо) для наземних, водних і повітряних об'єктів. Вона розроблялася і впроваджувалася як система подвійного призначення, в першу чергу, для забезпечення національної безпеки, а також для вирішення цивільних наукових і виробничих завдань.

Основний принцип роботи супутникових систем навігації заснований на визначенні місця розташування шляхом вимірювання відстані від антени GPS-приймача на об'єкті (координати якого потрібно визначити) до супутників, положення яких відомо з великою точністю (рис. 3).

В свою чергу, вимір відстані від супутника до антени приймача засновано на визначенні швидкості поширення радіохвиль. Для здійснення можливості вимірювання часу поширення радіосигналу кожен супутник навігаційної системи випромінює сигнали точного часу, використовуючи точно синхронізований з системним часом атомний годинник. При роботі супутникового приймача його годинник синхронізується з системним часом, і при подальшому прийомі сигналів

обчислюється затримка між часом випромінювання, що містяться в самому сигналі, і часом прийому сигналу. Маючи в своєму розпорядженні цю інформацію, навігаційний приймач обчислює координати антени. Всі інші параметри руху (швидкість, курс, пройдена відстань) обчислюються на основі вимірювання часу, котрий об'єкт витратив на переміщення між двома або більше точками з певними координатами.

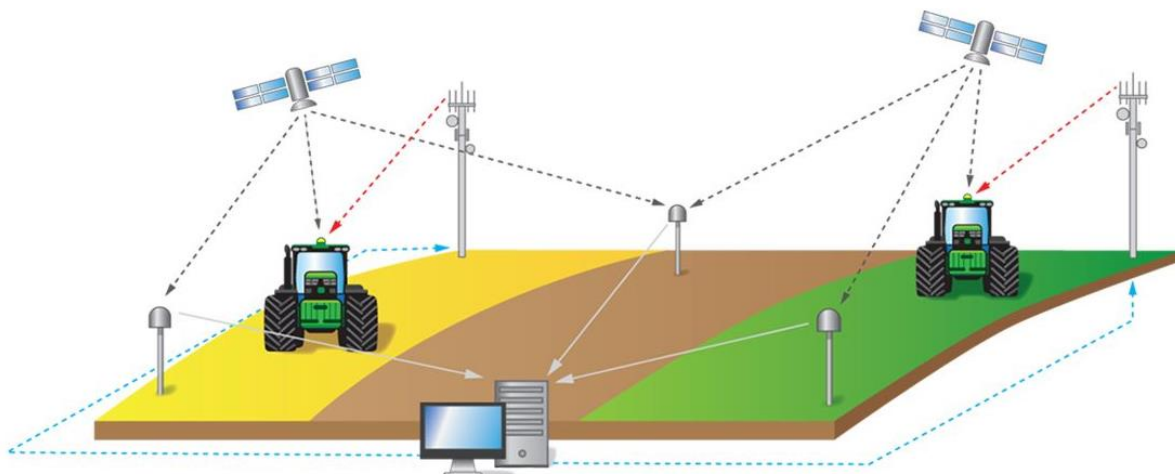


Рис. 3 – Супутникова навігаційна система для сільського господарства

Основні елементи супутникової системи навігації:

- орбітальне угруповання супутників, випромінюючих спеціальні радіосигнали;
- наземна система контролю і управління, що включає пристрій вимірювання поточного положення супутників і передачі на них отриманої інформації для коригування даних про орбіти;
- апаратура споживача супутникових навігаційних систем.

Типова точність сучасних GPS приймачів в горизонтальній площині становить приблизно 1-2 метра при хорошій видимості супутників. Для порівняння, точність GLONASS становить  $\pm 10$  метрів. При використанні систем диференційних поправок або WAAS, із застосуванням особливих алгоритмів, а так само з розвитком нанотехнологій точність GPS може бути істотно збільшена.

Для підвищення ефективності супутникової навігації служить система RTK (Real Time Kinematic, – кінематика реального часу) сукупність прийомів і методів отримання координат і висот точок місцевості сантиметрової точності за допомогою супутникової системи навігації внаслідок отримання поправок з базової станції, отриманою апаратурою користувача під час зйомки.

#### **Висновки.**

1. Управління виробництвом на основі застосування самоналагоджувальних систем дозволяє оптимізувати режими функціонування керованих об'єктів, полегшує завдання уніфікації систем управління, скорочує час на випробування і наладку, знижує технологічні вимоги на виготовлення пристроїв управління, звільняє обслуговуючий персонал від трудомістких

операцій налаштування..

2. Використання порівняно недорогих бездротових сенсорних пристроїв відкриває широкі можливості для застосування систем телеметрії та контролю. Сенсорні мережі використовуються для бездротового збору даних, моніторингу та обслуговування машин, контролю навколишнього середовища, управління безпекою та в багатьох інших областях.

### **Список використаних джерел**

1. Шило И. Н. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе / И. Н. Шило, Н. К. Толочко, Н. Н. Романюк, С. О. Нукешев. – Минск: БГАТУ, 2016. – 336 с.
2. Черноиванов В. И. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника / В. И. Черноиванов, А. А. Ежеский, В. Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 124 с.
3. Антощенко Р. В. Динаміка та енергетика руху багатоеlementних машинно-тракторних агрегатів: монографія / Р. В. Антощенко. – Х.: ХНТУСГ, «Міськдрук», 2017. – 244 с.
4. Шило И. Н., Толочко Н. К., Нукешев С. О., Романюк Н. Н., Есхожин К. Д. Умная сельскохозяйственная техника: учебное пособие, – Астана, Издательство КазАТУ им. С. Сейфуллина, 2018. – 174 с.

### **Аннотация**

#### **ИНТЕЛЛЕКТУАЛЬНЫЕ ИНФОРМАЦИОННЫЕ СИСТЕМЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ**

Антощенко Р.В., Галич И.В., Микла И.А., Козлов О.С., Сизько А.А.

*В работе приведен анализ интеллектуальных информационных систем, используемых в сельском хозяйстве. Установлено, что управление производством на основе применения самонастраивающихся систем позволяет оптимизировать режимы функционирования управляемых объектов, облегчает задачу унификации систем управления, сокращает время на испытания и наладку, снижает технологические требования на изготовление устройств управления, освобождает обслуживающий персонал от трудоемких операций настройки.*

### **Abstract**

#### **INTELLIGENT INFORMATION SYSTEMS IN AGRICULTURE**

R. Antoshchenkov, I. Galich, I. Mikla, O. Kozlov, A. Syzko

*The paper presents an analysis of intelligent information systems used in agriculture. It has been established that production management based on the use of self-adjusting systems allows optimizing the operating modes of the controlled objects, simplifies the task of unifying control systems, reduces the time for testing and adjustment, reduces the technological requirements for the manufacture of control devices, relieves service personnel from time-consuming tuning operations.*

## АНАЛІЗ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ БДЖОЛИНОЇ СІМ'Ї

**Антощенко Р.В., д.т.н., доц., Кісь В.М., к.т.н., доц., Галич І.В., ст. викл., Никифоров А.О., ст. викл., Мікла І.А., студ.**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)*

*В роботі наведено аналіз найбільш розповсюджених мехатронних систем віддаленого контролю бджолої сім'ї. Приведено основні переваги та недоліки кожного апаратно-програмного комплексу для моніторингу за станом вулика. Визначено основні вимоги та виділено завдання до проектної автоматизованої системи.*

**Постановка проблеми.** Автоматизація та застосування інформаційних технологій в традиційних галузях людської діяльності є тенденцією науково-технічного розвитку на протязі останніх десятиліть. Однією з великих сфер діяльності, де автоматизація та інформатизація дає великий економічний вигоду, є сільське господарство

Бджільництво належить до найдавніших занять українців. Про поширеність його свідчать збережені донині давні топоніми та гідроніми: Мединичі, Мединівка, Бортне, Бортники, Уборть тощо. Мед та віск завжди широко використовувалися як продукти харчування, а також служили оброком при зборі данини, були важливим предметом експорту до Західної Європи [1].

Для контролю за пасікою на медозборі в сезон установлюють на вагах бджолину родину (рис. 1). Більше підходять для цього малогабаритні десяткові ваги. Щоб контрольний вулик не намокав від дощу й виконував своє призначення, його обладнають навісом, під яким можна зручно підходити до вулику під час роботи й робити зважування, не турбуючи бджіл.



Рис. 1 – Зважування бджолої родини

Бджолина родина, установлена на вагах, повинна бути середньої сили, благополучна по інфекційних захворюваннях, а також перебувати в однакових умовах змісту й відходу з іншими родами. Зважування контрольного вулика роблять один раз у добу ввечері після припинення літа бджіл. По різниці у вазі судять про величину хабар (сильний - 4 кг і більше, середній - 2-3 кг, слабкий до 1 кг) і про появу або припинення в природі нових джерел медозбору.

Бджоляру, особливо початківцеві, корисно мати контрольний вулик і під час зимівлі бджіл. У першу половину зимового спокою до появи розплоду в гніздах (листопад-січень) контрольний вулик зважують один раз у два тижні або декаду. У другу половину зимівлі (лютий-квітень), що характеризується активністю бджолиних родин у зв'язку з появою в гніздах розплоду, зважують частіше: спочатку один раз у тиждень, потім два- три рази й переходять на щоденне зважування. Одночасно прослуховують зимуючих бджіл за допомогою трубочки або апископа на звук, стежать за температурою й вологістю повітря при зимівлі бджіл у приміщенні. Все це дає можливість простежити, як проходить зимівля бджолиних родин, яке кількість корму з'їдають вони за певний проміжок часу, щоб вчасно вжити заходів по усуненню виявлених недоліків і уникнути їх у наступну зимівлю.

**Метою** є проведення аналізу апаратно-програмних комплексів для моніторингу стану бджолиного вулика.

**Основна частина.** Для контролю, оцінки на пасіці стану, динаміки розвитку бджолосімей, ходу медозбору необхідні вагові пристрої. Ваги для вуликів дуже прості в застосуванні. Їх досить встановити на пасіці. З їх допомогою вимірювання виконується з точністю, яка доходить до 50 г. На подібні ваги для пасіки встановлюють контрольний вулик. Вага цього вулика фіксується щодня бджолярем. Він вносить в свій пасічний журнал всі отримані дані:

- поведінку бджіл;
- період цвітіння найважливіших медоносів;
- особливості погоди;
- індивідуальний характер сезону;
- стан маток.

Завдяки всім вищевказаним даними бджоляр отримує щодня детальну інформацію про стан родини, вагу корму (принесеного бджолами, з'їденого ними), ступінь впливу на бджіл всіляких факторів.

В наш час розробляється велика кількість різноманітних систем моніторингу для різних областей, в тому числі і для бджільництва. Однак вони не поширені і знаходяться на стадії проектування повноцінної системи. Серед найбільш успішних розроблених проектів можна виділити наступні:

"Умный Улей Эко" це сучасний електронний пристрій, призначений для вимірювання параметрів життя і розвитку бджолиної сім'ї, віддаленого оповіщення бджоляра про ці параметри а також для охорони [2]. Параметрами можуть бути вага і приріст ваги вулика, температура, вологість, звукова картина в вулику, цілісність конструкції вулика. Це дозволяє краще розуміти процеси і ефективно планувати



роботи на пасіці (наприклад своєчасність поїздки на пасіку) що дає суттєву економію і окупність близько 2-х років. "Умный Улей Эко" виглядає як платформні ваги і складається з платформи і контролера (рис. 2).



Рис. 2 – Система автоматизації "Умный Улей Эко"

Система моніторингу віддаленого вулика Arnia Hive Scale [3] дозволяє відстежувати стан колоній бджолиного меду з будь-якого пристрою з підтримкою Інтернету, такого як смартфон, планшет, ПК або комп'ютер Mac. Зовнішній вигляд системи моніторингу Arnia зображений на рис. 3.



Рис. 3 – Система віддаленого контролю бджолиної сім'ї "Arnia Hive Scale"

Електронний прилад «Помощник пчеловода» [4] призначений для дослідження і передбачення поведінки медоносних бджіл методом акустичної діагностики всередині вулика. Акустичний метод дозволяє контролювати поведінку бджіл, не порушуючи природний хід біологічних процесів, що протікає в вулику. Серед відомих методів контролю за змінами фізіологічного стану бджолиної сім'ї акустичний відрізняється найбільшою точністю і надійністю. Команда розробників Open Source Beehives [5] розробила систему датчиків, яка призначена не тільки для того, щоб інформувати бджолярів про здоров'я їх вуликів, але також надавати відкриті дані дослідникам, що працюють над занепадом популяцій медоносних бджіл. BuzzBox – це працюючий на сонячній батареї датчик для вуликів, який дозволяє користувачам контролювати життя бджіл в колоніях, слухаючи і аналізуючи звуки в вуликах. Разом з відстеженням внутрішніх і зовнішніх температур вуликів, а також вологості і барометричного тиску, мікрофон контролює звуки вулика і передає ці «звукові сигнали бджіл» в систему аналізу аудіо в реальному часі, яка відправляється на

смартфон користувача через додаток. Зовнішній вигляд системи зображений на рис. 4. Порівнювальна характеристика розглянутих аналогів систем віддаленого контролю приведена в табл. 1.



Рис. 4 – Система моніторингу стану вулика "BuzzBox"

Таблиця 1 – Порівняльна характеристика аналогів

Назва аналога	Умный Улей ЭКО"	Arnia Hive Scale	Помощник пчеловода	BuzzBox
Робота в режимі ваг	+	+	-	-
Максимальна межа шкали вимірювання маси, гр.	100	50	-	-
Вимірювання температури і вологості зовні вулика	-	-	-	+
Вимірювання температури усередині вулика	+	+	+	+
Датчик опалів	-	-	-	-
Визначення місцезнаходження	-	+	-	+
Датчик розриву	+	+	-	-
Акустична картина	-	+	+	+
Передача на сервер	+	+	-	+
Відправлення SMS	+	+	+	+
Тривожний дзвінок	-	-	+	-
Наявність термінального ПЗ для ПК	+	+	-	-
Наявність термінального ПЗ для мобільного пристрою	+	+	-	+
Віддалене налаштування параметрів	-	+	+	+
Налаштування параметрів на місці	+	-	-	-
Контроль заряду АКБ	+	+	-	+
Ціна, \$	300	380	200	250

Кращою системою з представлених аналогів можна вважати систему віддаленого моніторингу вулика "Arnia Hive Scale". Дана система проводить вимір найбільшої кількості параметрів вулика, що дозволяє скласти цілісну картину поведінки бджіл і контролювати ефективність роботи пасіки. "Arnia Hive Scale" підтримує наступні функції: можливість вимірювати вагу і приріст ваги вулика, вимірює температуру всередині вулика, повідомляє про порушення цілісності вулика і дозволяє спостерігати за акустичною картиною вулика.

Система віддаленого контролю "Bee Smart" є практично повним аналогом

системи "Arnia Hive Scale". Єдиною відмінністю є неможливість контролювати цілісність вулика. Це істотний недолік, який не дозволяє гарантувати безпеку вулика і збереження продуктів бджільництва, що містяться в ньому. Однак ця система має вартість 290\$, що менше ніж у "Arnia Hive Scale".

Важливим є фактор високої вартості представлених систем віддаленого контролю. Вартість цих систем складає від 200\$ до 380\$ за комплект, що є дуже високою ціною для бджоляра в Україні. Крім того, всі системи виробляються і продаються за кордоном, тому необхідно також враховувати додаткові витрати з доставки пристрою.

#### **Висновки.**

Основним завданням автоматизованої системи є дистанційний контроль процесів життєдіяльності бджолиних сімей: їх льотної активності, кількості меду, а також кліматичних та природних впливів на бджолині сім'ї. Також, система моніторингу повинна забезпечувати безпеку вулика шляхом контролю його цілісності. Можна виділити наступні основні завдання проектування системи автоматизованого збору даних: визначення основних вимірюваних сигналів і виконуваних функцій; підбір вимірювальних пристроїв для збору необхідних сигналів; створення програмного забезпечення системи; об'єднання і тестування системи.

#### **Список використаних джерел**

1. Українські традиції. Бджільництво. Режим доступу: <http://traditions.in.ua>.
2. Умный Улей ЭКО. Режим доступу: <http://www.smartbhive.com>.
3. Better Knowledge for Bee Health. Режим доступу: <https://www.arnia.co.uk>.
4. Пчеловодство, экология, здоровье. Режим доступу: <http://uley.com.ru>
5. BuzzBox Mini. Режим доступу: <https://www.osbeehives.com>

#### **Аннотация**

### **АНАЛИЗ МЕХАТРОННЫХ СИСТЕМ УДАЛЕННОГО КОНТРОЛЯ ПЧЕЛИНОЙ СЕМЬИ**

Антощенко Р.В., Кись В.Н., Галич И.В., Никифоров А.А., Микла И.А.

*В работе приведен анализ наиболее распространенных мехатронных систем удаленного контроля пчелиной семьи. Приведены основные преимущества и недостатки каждого аппаратно-программного комплекса для мониторинга за состоянием улья. Определены основные требования и выделены задачи проектной автоматизированной системы.*

#### **Abstract**

### **ANALYSIS OF MECHATRONIC REMOTE CONTROL SYSTEMS FOR A BEE FAMILY**

R. Antoshchenkov, V. Kis, I. Galich, A. Nikiforov, I. Mikla

*The paper presents an analysis of the most widely distributed mechatronic systems of remote control of the bee family. The main advantages and disadvantages of each hardware and software complex for monitoring the condition of the hive are given. The basic requirements are defined and tasks are assigned to the project automated system.*

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АКТИВНОГО ДИСКОВОГО ДОЗАТОРА СИПУЧИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРИВ

Мельник В.І., проф., д.т.н., Калюжний О.Д., доц., к.т.н.,  
Рідний Р.В., доц., к.т.н., Колодяжний І.О., студ.

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

*Робота відноситься до новацій в області сільськогосподарського машинобудування та присвячена розробці засобів внесення сипких мінеральних добрив. Наведені результати експериментального лабораторного дослідження роботоздатності пристрою з активним примусовим порційним дозуванням сипких мінеральних добрив при їх поверхневому внесенні дисковими розкидачами. Вивчався вплив кінематичних та геометричних параметрів дозатора на його продуктивність та надійність роботи. Результати досліджень показали його належну надійність та задовільну роботоздатність.*

**Ключові слова:** мінеральні добрива, відцентрове розкидання, дозування, надійність, рівномірність розсіву

**Постановка задачі.** Гарантованим технологічним прийомом, який забезпечує підвищення врожайності сільськогосподарських культур, являється внесення мінеральних добрив. Разом з тим отримати суттєвий позитивний результат при цьому можна тільки при вмілому виконанні цього прийому. Необхідність раціонального використання мінеральних добрив існувало завжди. В теперішній же час ця задача загострилася через суттєве підвищення вартості мінеральних добрив та зменшення обсягів продукування органічних добрив.

Раціональне використання мінеральних добрив потребує вирішення завдань як агрономічного так і технічного характеру. Технічні завдання, які передбачають забезпечення виконання агротехнічних вимог що до заданої норми внесення і забезпечення необхідної рівномірності розподілу по поверхні ґрунту, до теперішнього часу повною мірою не вирішені. Залишається гострою проблема забезпечення необхідної рівномірності розподілу добрив. Стосується це передусім поверхневого суцільного внесення сипких мінеральних добрив розкидним способом, доля якого складає до 70% від усіх внесень добрив. Таким чином розробка надійних технічних засобів внесення мінеральних добрив, які забезпечують максимальний економічний ефект, залишається **актуальним завданням**.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Агротехнічними умовами допустима нерівномірність розподілення добрив повинна складати не більш 15%. Існуючі засоби внесення забезпечують нерівномірність до 25% [1], але на практиці вона може доходити до 40...65%. Така висока нерівномірність замість позитивного

призводить до негативного ефекту [2], який виражається пониженням врожайності та якості продукції, а також значним підвищенням її собівартості.

Важливою умовою покращення рівномірності розподілення добрив дисковими розкидачами є підвищення надійності їх дозування. Одним із напрямків забезпечення більш високої точності і надійності дозування сипучих мінеральних добрив є використання не пасивного, самопливного дозування через отвори певного розміру, а активного, примусово-порційного дозування рухомими комірками.

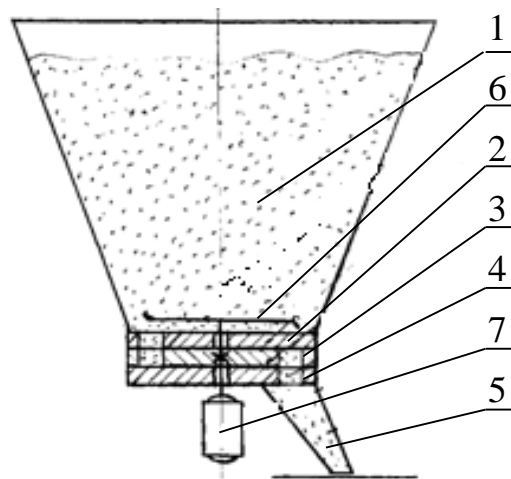
**Метою роботи** було експериментальне дослідження роботоздатності активного дискового дозатора сипучих мінеральних добрив з примусовим порційним їх дозуванням.

**Результати досліджень.** Протягом робіт по вдосконаленню засобів поверхневого внесення сипких мінеральних добрив дисковими розкидачами [3] в ХНТУСГ ім. Петра Василенка виконана розробка макету дозуюче-розкидаючого пристрою з дисковим дозатором. Будова та схема дозуючої частини пристрою представлена на рис. 1. Вона включає бункер 1 для добрив з отвором в днищі 2, рухомий дозуючий диск 3 з комірками, та нерухомий диск 4 до отвору якого приєднано подавальний лоток 5. Дозуючий диск 3 разом з ворушилкою 6 жорстко закріплені на подовженому валу тихохідного електродвигуна 7.

Верхній рухомий дозуючий диск 3 своїми комірками, які утворені наскрізними отворами в диску 3, знизу підпертими суцільною торцевою поверхнею нерухомого диску 4, при обертанні захоплює сипучі добрива із бункера 1 і підносить до отвору нерухомого диску 4 який розміщено над подавальним лотком 5, який подає добрива на розкидаючу тарілку.



а)



б)

а) – загальний вид лабораторного пристрою; б) – схема будови

Рис. 1. Активний дозатор сипучих мінеральних добрив

Запропонований пристрій виконує активну, примусово-порційну дозовану подачу комірками диска 3, який обертається з невеликою коловою швидкістю. При проходженні над отвором днища бункера 1 комірки наповнюються сипучими мінеральними добривами. Обертаючись диск 3 комірками переносить їх в комірки до отвору нижнього нерухомого диску 4. Цей отвір розміщено над подавальним лотком 5, через який добрива попадають на тарілку, яка їх розкидає.

Задачею лабораторних експериментальних досліджень було визначення роботи здатності та наліїності запропонованої моделі дозатора. При цьому вивчався вплив режимів роботи та геометричних параметрів дозатора на величину продуктивності. Число отворів дозуючого диску змінювалося від 2 до 8. При діаметрі отворів диска 12,6 мм та їх глибині, яка визначалася товщиною дозуючого диску в 8 мм – об'єм однієї комірки складав 1000 мм<sup>3</sup>. Невелика частота обертань диску забезпечувалася двигуном постійного струму та змінювалася реостатом в межах від 38 до 110 об/хв.

В пошукових дослідях, з використанням диску з 8 отворами, досліджувалися розміри завантажувального (на днищі бункера) та розвантажувального (на нерухомому нижньому диску) отворів. Кращі результати отримані при збільшених розмірах обох отворів (17×60 мм). При цьому значне підвищення продуктивності отримане у випадку використання завантажувального вікна з вертикальним бортиком висотою 10 мм.

Очевидно, що збільшення колової швидкості  $n$  та числа отворів – комірок  $N$  дозуючого диску приведуть до зростання подачі дозатором (рис. 2).

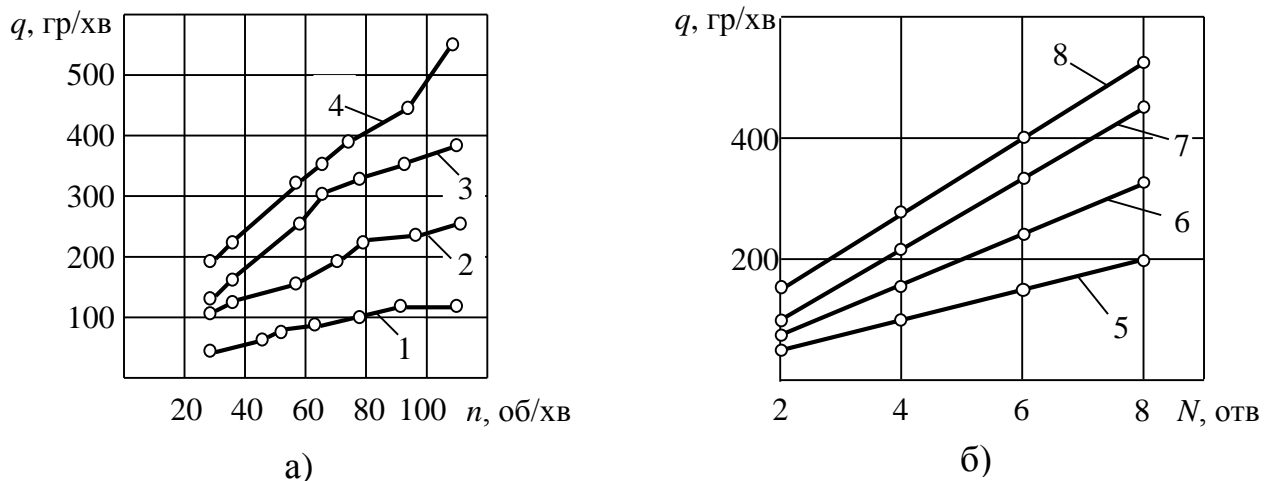


Рис. 2. Вплив частоти обертань  $n$  (а) та кількості отворів дозуючого диску  $N$  (б) на продуктивність дозатора: 1, 2, 3, 4 – відповідно 2, 4, 6, 8 отворів; 5, 6, 7, 8 – відповідно 30, 60, 90, 110 об/хв.

При підвищенні числа обертів в 3,6 ... 3,7 рази всі дозуючі диски збільшили подачу в 2,4...2,9 рази. (табл. 1). Непропорційне зростання подачі пояснюється ускладнюванням наповнення комірок зі зростанням колової швидкості диску. Так в діапазоні частот обертання, які досліджувалися, наповнення комірок,

незалежно від їх кількості на дозуючому диску, зменшилося майже на четверть (на 23%) (табл. 1).

Характер залежності подачі дозатора від числа комірок практично лінійний (рис. 2, б). Це свідчить про доцільність виконання дозуючого диску з максимальною кількістю отворів.

Таблиця 1 – Залежність подачі добрив  $q$ , від числа отворів  $N$  та частоти обертання  $n$  дозуючого диску

№	Число отворів $N$ , шт.	Частота обертання дозуючого диску, $n$ , об/хв	Подача добрив дозатором, $q$ , гр/хв	Подача добрив однією коміркою за один оберт, $q$ , гр/1 ком.	$q$ , гр/1 ком. min $q$ , гр/1 ком. max
1	2	32	50	0,78	0,77
2		45	69	0,76	
3		50	74	0,74	
4		64	93	0,72	
5		86	110	0,63	
6		96	120	0,62	
7		112	134	0,60	
1	4	34	108	0,79	0,77
2		40	122	0,76	
3		56	163	0,72	
4		72	205	0,71	
5		78	240	0,76	
6		96	240	0,62	
7		110	270	0,61	
1	6	29	128	0,73	0,77
2		42	187	0,74	
3		57	247	0,72	
4		66	300	0,75	
5		78	330	0,70	
6		90	350	0,64	
7		110	371	0,56	
1	8	30	180,3	0,75	0,77
2		40,3	236,6	0,73	
3		57,6	331,6	0,72	
4		68,3	380	0,69	
5		88	470	0,66	
6		108	510	0,59	
7		114	529	0,58	

**Висновки.** В результаті досліджень макетного зразка дозатора з активним примусово-порційним дозуванням сипких мінеральних добрив отримана його задовільна роботоздатність. При діаметрі дозуючого диску 135 мм та частоті обертання від 30 до 110 об/хв. отримана продуктивність дозатора від 10 до 31,2 кг/год. При шести, виконаних модульно, розкидаючих пристроях продуктивність агрегату з такими дозуючими дисками складе 60...190 кг/год.

У виробничих зразках дозуюче-розкидаючих пристроїв необхідна норма

висіву добрив буде формуватися вибором діаметру дозуючого диску, частотою його обертань, та кількістю і розмірами отворів – комірок.

### Список використаних джерел:

1. Бакум М.В. Сільськогосподарські машини: навч. посіб. / М.В. Бакум, І.С. Бобрусь, А.Д. Михайлов, М.Г. Доценко, О.С. Вотченко. – Харків: ХНТУСГ. – 2008. – Ч. 2. – 288 с.
2. Назаров С.А. Равномерное распределение туковых смесей / С.А. Назаров, И.В. Румянцев, А.А. Докучаев, И.В. Довгоший // Техника в сельском хозяйстве. – М.: Колос, – 1977. – №2 – С. 27-30.
3. Мельник В.І. Багатодисковий розкидач мінеральних добрив з дозуюче-розкидаючими модулями / В.І. Мельник, О.Д. Калюжний, Р.В. Рідний, О.А. Романащенко // Науковий журнал «Інженерія природокористування» – 2018. – №1(9) – С. 96 - 99.

### Аннотация

#### ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ АКТИВНОГО ДИСКОВОГО ДОЗАТОРА СЫПУЧИХ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ

В.И. Мельник, А.Д. Калюжний, Р.В. Ридный, И.А. Колодяжный

*Работа относится к новациям в области сельскохозяйственного машиностроения и посвящена разработке средств внесения сыпучих минеральных удобрений. Приведены результаты экспериментального лабораторного исследования работоспособности устройства с активным принудительным порционным дозированием сыпучих минеральных удобрений при их поверхностном внесении дисковыми разбрасывателями. Изучалось влияние кинематических и геометрических параметров дозатора на его производительность и надежность работы. Результаты исследований показали его надлежащую надежность и удовлетворительную работоспособность*

**Ключевые слова:** минеральные удобрения, центробежное разбрасывания, дозировка, надежность, равномерность рассева

### Abstract

#### EXPERIMENTAL STUDY OF THE ACTIVE DISK DISPENSER OF BULK MINERAL FERTILIZERS

V. Melnik, A. Kalyzhniy, R. Ridniy, I. Kolodyazhniy

*The work relates to innovations in the field of agricultural engineering and is devoted to the development of means of applying bulk mineral fertilizers. The results of an experimental laboratory study of the operability of the device with active forced batch dosing of bulk mineral fertilizers with their surface application disc spreaders are given. The influence of the kinematic and geometrical parameters of the dispenser on its performance and reliability was studied. Research results have shown its proper reliability and satisfactory performance*

**Keywords:** mineral fertilizers, centrifugal spreading, dosage, reliability, sieving uniformity.



## ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ХОНІНГУВАННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ АЛМАЗНИМИ БРУСКАМИ

Лапенко Г.О., к.т.н., доцент, Лапенко Т.Г., к.т.н., доцент,  
Кузьменко О.І., магістрант  
(Полтавська державна аграрна академія)

*В статті розглянуті питання оптимізації технологічного процесу хонінгування блоків циліндрів двигунів внутрішнього згорання з метою отримання модифікованої поверхні з регулярним мікрорельєфом на гільзі циліндра. В процесі дослідження були розглянуті різні види хонінгувальних брусків виробництва Полтавського алмазного заводу, які відрізнялися зернистістю, концентрацією алмазів та типом зв'язки. При цьому, завдяки оптимально підбраному співвідношенню зерен алмазів та їх концентрації, а також зв'язуючого матеріалу брусків та оптимізації режиму хонінгування (колова та лінійна швидкість головки) вдалося отримати високу точність та шорсткість і забезпечити належний мікрорельєф поверхні. Такий мікрорельєф необхідний для утримання на поверхні гільз циліндра шару масла і зменшення зношування в процесі роботи. Було досліджено вплив осьової та колової швидкостей на якість (шорсткість  $R_a$ ) оброблювальної поверхні для різних матеріалів.*

*Плосковершинне хонінгування досягається в дві операції за рахунок вибору характеристик брусків і режимів обробки. На першій операції, яка виконується великозернистими алмазними брусками 250/200 мкм на металевій зв'язці, знімають основний припуск, забезпечують точність розмірів і форм отворів. Операція, яка виконується алмазними брусками зернистістю 40/20 мкм на еластичній органічній зв'язці забезпечує зрізання вершин мікронерівностей, які залишилися після попередньої обробки, створюють при цьому майданчики з шорсткістю поверхні  $R_a 0,16$ - $R_a 0,14$  мкм, зберігаючи впадини для розміщення і зберігання масла при роботі двигуна.*

*Плосковершинне алмазне хонінгування в порівнянні з звичайним дозволяє підвищити продуктивність обробки в 1,5-2 рази, завдяки скороченню кількості операцій хонінгування, знижує витрату алмазів в 2-2,5 рази, збільшує строк служби робочих пар на 10-20%.*

*На основі представленого аналізу умов хонінгування та типів зв'язки, зернистості і концентрації алмазів дані рекомендації по вибору галузей використання хонінгувальних брусків.*

**Постановка проблеми.** Точність форми і якість обробленої поверхні деталей машин визначають їх надійність і довговічність, тому підвищенні

вимоги в цьому напрямленні характерно для всіх галузей машинобудування. Значний вплив на підвищення точності і покращення якості обробки надає матеріал інструмента.

Існують абразивні матеріали, такі як електрокорунд, карбід кремнія і карбід бора в ряді випадків не забезпечує високої продуктивності і якісних показників обробки. Цим пояснюється підвищений інтерес до використання в якості ріжучого зерна нових абразивних матеріалів, таких як штучний алмаз.

Перевага алмаза, як абразивного матеріалу, обумовлена його високою твердістю, теплопровідністю і теплоємністю, високим модулем пружності, зносостійкістю, він перевищує по цим показникам всі відомі абразивні матеріали.

Одною з галузей, де широко використовується алмазний інструмент, являється хонінгування деталей ДВЗ, компресорів, насосів, гідро- та паливної апаратури.

**Аналіз останніх досліджень.** Питання зменшення зносу поверхонь тертя є актуальним при розгляді термінів служби та надійності енергетичних засобів в агропромисловому виробництві. Одним із параметрів зниження сили тертя в контакті деталей, наприклад, поршень – циліндр, є створення на одній із поверхонь маслоємного рельєфу. Дослідження Ю.Г. Шнейдера, А.Е. Проволоцкого [1], та інших показали, що поверхні, які володіють однаковою іррегулярною шорсткістю по параметру  $R_a$ , та мають велику маслоємність за рахунок формування на ній регулярного або частково регулярного мікрорельєфу, збільшують зносостійкість в 3...6 разів, період прироблення зменшується в 1,5...3 разів.

Одним із способів створення маслоємного мікрорельєфу є плосковершинне хонінгування, яке здійснюється при невеликих швидкостях обертання і зворотньо-поступального руху інструмента, які суміщенні, дякуючи чому створюється характерна сітка отримана як наслідок руху ріжучого зерна по гвинтової лінії зміщення руху дозволяє ефективно виправляти відхилення від правильної геометричної форми отворів (конусність, корсетність, бочкоподібність). При хонінгуванні інструмент і деталь самовстановлюється, що забезпечує високу точність оброблювальних отворів [2].

Дослідження проведені Мажейка О. Й., Маркович С. І [3], І. Х. Чеповецьким [5] показали що завдяки оптимально підібраному співвідношенню зерен алмазів для хонінгувальних брусків та зв'язуючого матеріалу вдалося отримати високу точність отвору та забезпечити належний рельєф поверхні. Було встановлено що кут штрихування  $\alpha$  визначається через співвідношення між лінійною швидкістю переміщення хони та швидкістю обертання шпинделя. Автори відмічають, що мікропрофіль поверхні циліндра після обробітку залежить від характеристик вживаних абразивних брусків і режимів хонінгування, зокрема від частоти обертання хонінгувальної головки, швидкості її вертикального переміщення і тиску брусків на стінки циліндра.

Таким чином, автори розглянули основні залежності матеріалу хонінгувальних брусків та параметрів режиму хонінгування на якість оброблювальної поверхні, мікропрофіль якої оцінювали шорсткістю поверхні  $R_a$ .

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Представляє

інтерес до більш детального розгляду впливу на якість обробленої поверхні основних характеристик хонінгувальних брусків, зокрема, марка та зернистість алмазу, тип зв'язки, концентрація алмазів при різних режимах хонінгування.

**Мета і завдання досліджень.** Авторами даної статті було поставлена задача вивчити залежності основних характеристик хонінгувальних брусків, виробництва Полтавського алмазного заводу, при різних режимах хонінгування сталей та чавунів, на якість оброблювальної поверхні.

Програма досліджень включала розточування блоків циліндрів з подальшим їх хонінгуванням в два етапи чорнове плюс чистове різними хонінгувальними брусками при різних режимах різання.

**Виклад основного матеріалу досліджень.** В ході проведення досліджень гільз двигунів внутрішнього згорання розточували різцями з надтвердого матеріалу гексаніт – Р (композит 10) на основі щільних модифікацій нітриту бору, що забезпечувало високу точність та відсутність конусності оброблювальної поверхні. Припуск на подальше хонінгування залишати в межах 0,03...0,02 мм.

Хонінгування блоків циліндрів проводилося в два етапи. Чорнове хонінгування проводилося алмазними брусками АСМ 250/200 на механічній зв'язці з концентрацією алмазу 100% (табл. 1). Чистове хонінгування виконувалося алмазними еластичними брусками АСМ 40/20 на органічній зв'язці, з концентрацією алмаза 50%.

Таблиця 1 - Характеристика хонінгування брусків для чорнового та чистового хонінгування чавунів та сталей

№ п/п	Вид хонінгування	Матеріал	Марка алмазу та зернистість	Зв'язка	Концентрація
1.	Чорнове	сталь	АСМ 250/200	металічна М1	100%
2.	Чорнове	чавун	АСМ 250/200	металічна М1	100%
3.	Чистове	сталь	АСМ 20/40	органічна	50%
4.	Чистове	чавун	АСМ 20/40	органічна	50%

Як охолоджуючо – змащуюча рідина при чистовому хонінгуванні використовувалась суміш гасу 80% і веретиної оливи 20%.

Аналіз залежності колової та осьової швидкості хонінгувальної головки на якість обробленої поверхні  $R_a$  показує, що із збільшенням колової швидкості (рис 1.1) якість поверхні покращується, як при чорновому так і при чистовому хонінгуванні. Ця закономірність достовірна як при обробітку деталей з чавунів так і для деталей із сталі. З другого боку з аналізу (рис. 1.2) видно, що при збільшенні осьової швидкості хонінгувальної головки якість оброблювальної поверхні по шорсткості погіршується як для сталевих, так і для чавунних деталей. Враховуючи те, що співвідношення колової та осьової швидкості хонінгувальної головки впливає на величину кута пересічення маслоутримуючих рисок.  $V_{кол}/V_{ос} = 2..4$ , а кут пересічення рисок  $\alpha=45^\circ \dots 60^\circ$ , слід

вибирати оптимальні параметри хонінгування, щоб забезпечити необхідну шорсткість поверхні при чистовому хонінгуванні в межах  $0,14 \dots 0,16 \text{ Ra}$ , а також створити належний мікрорельєф поверхні, необхідний для утримання на поверхні гільз циліндра шару масла і зменшення зношування в процесі роботи.

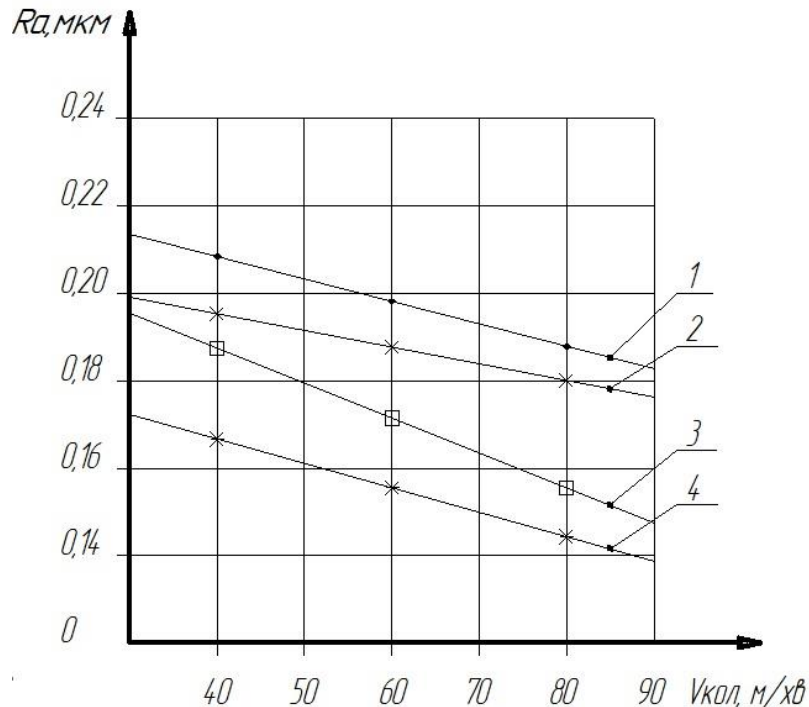


Рис 1.1 – Залежність шорсткості поверхні від колової швидкості хонінгувальної головки

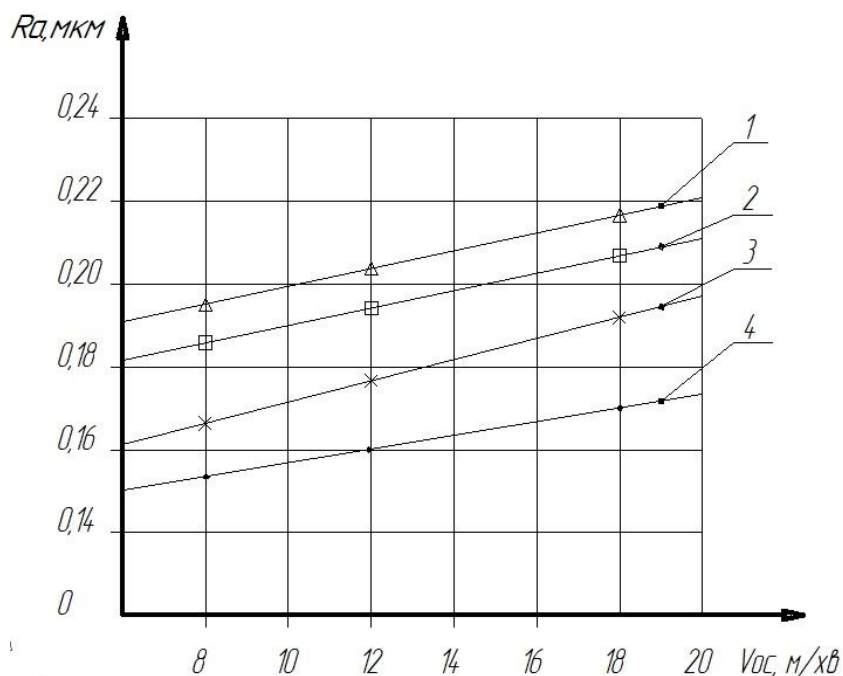


Рис. 1.2 – Залежність шорсткості поверхні від осьової швидкості переміщення хонінгувальної головки

**Висновок.** На підставі проведених досліджень можна зробити наступні висновки:

1. Алмазний інструмент виробництва Полтавського алмазного заводу має зносостійкість в рази більшу ніж абразивний інструмент, процес різання реалізується при незначному тепловідведенню, що забезпечує високу якість поверхневих шарів та точність виготовлення деталей.

2. Обґрунтований вибір характеристики хонінгувальних брусків, методу та режимів різання – вирішальний фактор для досягнення необхідної ефективності процесу хонінгування.

3. Вибір співвідношення колової та осьової швидкості хонінгувальної головки повинен забезпечити мікрорельєф оброблювальної поверхні у вигляді сітки, кут нахилу штрихів якої знаходяться в межах  $60^\circ$ .

4. Доцільно було б в подальших дослідженнях розглянуто не тільки якість поверхні по шорсткості  $R_a$ , а також розглянути шорсткість поверхні між масляними кишнями  $R_z$  (по профілограмам), відносну опорну величину профілю  $t_p$  на різних рівнях і висоту (глибину) масляних кишень, а також середню ширину рисок.

### Список використаних джерел

1. Проволоцкий А.Е., Струйно – абразивная обработка деталей машин. – К. Техника, 1989 – 177 с.
2. С.И. Куликов, Ф.Ф. Ризванов, В.А. Романчук, С.В. Ковалевський. Прогрессивные методы хонингования. Москва, Машиностроение, 1983. 135 с. ил.
3. О.И. Мажейка, С.У. Маркович, О.П. Савченко., Дослідження трибологічних характеристик модифікованих поверхонь з регулярним мікрорельєфом. Коструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2010 вип. 40, част 2. с. 113...115.
4. Ю.С. Сире, И.К. Мазур, А.Я. Шапиро, В.А. Солдатов, Алмазное хонингование стальных гильз. Станки и инструмент, 1992. №3 с.17...19.
5. И. Х. Чеповецкий, В.Л. Стрижаков, А.В. Бараболя. Методические указания по антифрикционному плосковершинному хонингованию гильз цилиндров двигателей внутреннего сгорания. Киев, ИСМ АНУССР, 1986 – 11 с.

### Аннотация

#### **ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ХОНИНГОВАНИЯ БЛОКОВ ЦИЛИНДРОВ ДВИГАТЕЛЕЙ ВНУТРЕННЕГО ЗГОРАНИЯ АЛМАЗНЫМИ БРУСКАМИ**

Лапенко Г.А., Лапенко Т.Г., Кузьменко А.И.

*В статье рассмотрены вопросы оптимизации технологического процесса хонингования блоков цилиндров двигателей внутреннего сгорания с целью получения модифицированной поверхности с регулярным микрорельефом на гильзе цилиндра. В процессе исследования были рассмотрены различные виды хонинговальные бруски производства Полтавского алмазного завода, которые отличались зернистостью, концентрацией алмазов и типом связи. При этом, благодаря оптимально подобранному соотношению зерен алмазов и их концентрации, а также связующего материала брусков и оптимизации режима хонингование (круговая и линейная скорость головки) удалось получить высокую точность и шероховатость и обеспечить надлежащий микрорельеф поверхности. Такой микрорельеф необходим для удержания на поверхности гильз цилиндра слоя масла и уменьшения износа в процессе работы. Было*

исследовано влияние осевой и окружной скоростей на качество (шероховатость Ra) обрабатываемой поверхности для различных материалов.

Плосковершинных хонингование достигается в две операции за счет выбора характеристик брусков и режимов обработки. На первой операции, выполняемой крупнозернистыми алмазными брусками 250/200 мкм на металлической связке, снимают основной припуск, обеспечивают точность размеров и форм отверстий. Операция, которая выполняется алмазными брусками зернистостью 40/20 мкм на эластичной органической связке обеспечивает срезание вершин микронеровностей, которые остались после предварительной обработки, создают при этом площадки с шероховатостью поверхности Ra 0,16-Ra 0,14 мкм, сохраняя впадины для размещения и хранения масла при работе двигателя.

Плосковершинное алмазное хонингование по сравнению с обычным позволяет повысить производительность обработки в 1,5-2 раза, благодаря сокращению количества операций хонингования, снижает расход алмазов в 2-2,5 раза, увеличивает срок службы рабочих пар на 10-20%.

На основе представленного анализа условий хонингование и типов связки, зернистости и концентрации алмазов даны рекомендации по выбору областей применения хонинговальных брусков.

## Abstract

### OPTIMIZATION OF THE TECHNOLOGICAL PROCESS OF HONING BLOCKS OF CYLINDERS OF AUTOTRACTOR ENGINES WITH DIAMOND BARS

G. Lapenko, T. Lapenko, O. Kuzmenko

*The article deals with the optimization of the process honing of the cylinder blocks of internal combustion engines in order to obtain a modified surface on a regular micro cylinder liners. In the course of the study various types of honing bars produced by the Poltava diamond factory were considered, which differed in graininess, diamond concentration and type of bonding. At the same time, thanks to the optimally selected ratio of diamonds and their concentration, as well as the binding material of bars and optimization of the honing regime (wheel and linear head speed), it was possible to obtain high precision and roughness and to provide a proper microrelief of the surface. Such a microrelief is necessary for maintaining the oil layer on the surface of the cylinder liners and reducing wear during operation. The effect of the axial and velocity velocities on the quality (roughness of Ra) of the processing surface for different materials was investigated.*

*Flat-line honing is achieved in two operations by selecting the characteristics of bars and processing modes. At the first operation, which is executed with large-grained diamond bars 250/200 microns on a metal tie, remove the main allowance, provide accuracy of the sizes and forms of holes. The operation is performed with diamond grit bars 40/20 microns in organic elastic bond ensures cutting microscopic peaks that are left after pretreatment, thus creating areas with a surface roughness of Ra 0,16-Ra 0,14 microns, retaining cavity for placement and oil storage while the engine is running.*

*Flat diamond honing compared with conventional treatment can increase productivity by 1.5-2 times by reducing the number of operations honing reduces the consumption of diamonds in 2-2,5 times increases the service life of working couples by 10-20%.*

*Based on an analysis of conditions and types honing ties diamond grit and concentration recommendations on the choice of the use of honing bars.*

## РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ ПСТМ В РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК

Коломиец В.В., д.т.н., Антощенко Р.В., д.т.н., Ридный Р.В., к.т.н.,  
Рыбалко И.Н., к.т.н., Гончаренко А.А., к.т.н.

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко)*

*Приведен способ расчета экономической эффективности от внедрения инструментов из поликристаллических сверхтвердых материалов на основе нитрида бора на ремонтных предприятиях агропромышленного комплекса. Приведены исходные данные и последовательность расчета экономической эффективности от замены операции шлифования наплавленных деталей чистовым точением резцами из ПСТМ на основе нитрида бора типа гексанита-Р. Подробно рассмотрены основные и дополнительные показатели экономической эффективности обработки при применении сверхтвердых инструментальных материалов при восстановлении изношенных деталей.*

*Ключевые слова: экономическая эффективность, наплавленные материалы, резцы, гексанит-Р.*

**Постановка задачи.** Поликристаллические сверхтвердые материалы (ПСТМ) на основе нитрида бора находят все новые области применения, одной из которых является чистовая обработка неоднородных наплавленных материалов высокой твердости. Несмотря на довольно высокие цены на этот материал, он позволяет повысить производительность труда, обеспечить получение требуемого качества обработки при малой ее себестоимости. При внедрении в производство этого инструментального материала необходимо экономически обосновать его преимущество перед применяемым на той или иной операции.

В настоящее время для полного экономического обоснования применения нового инструментального материала недостаточно проведения сравнения только себестоимости обработки до и после внедрения нового процесса обработки. Необходимо учитывать и те статьи затрат, которые позволяют определить эффект от внедрения по народному хозяйству в целом, т. е. с учетом капитальных затрат по вариантам до и после внедрения. Так же необходимо учесть частные показатели экономической эффективности.

**Анализ последних публикаций.** За основу методики расчета экономической эффективности от внедрения операции чистовой обработки наплавленного материала резцами из ПСТМ на основе нитрида бора может быть принята «Методика определения экономической эффективности внедрения синтетических алмазов» [1].

Экономический эффект от внедрения нового вида обработки с помощью резцов на основе нитрида бора, согласно этой «Методики...», определяется по

основным и дополнительным технико-экономическим показателям. К основным показателям относятся: капитальные вложения, необходимые для внедрения нового оборудования и всего процесса; себестоимость восстановления детали; срок окупаемости дополнительных капитальных затрат и коэффициент эффективности; годовой экономический эффект. К дополнительным показателям экономической эффективности относятся: уменьшение трудоемкости восстановления детали; увеличение стойкости инструмента; снижение затрат на оснастку и электроэнергию; организационные и социальные показатели. При этом годовой экономический эффект от внедрения нового процесса обработки рассчитывается на основании приведенных затрат [2]. Элементы режима резания выбираются на основе проведенных испытаний нового инструментального материала непосредственно в производственных условиях данного предприятия при обработке конкретных деталей, для которых проводится экономическое обоснование нового технологического процесса [3, 4].

При внедрении нового инструментального материала из ПСТМ необходимо учитывать, что наряду с повышением производительности труда они приводят к повышению квалификации рабочих и выработке у них бережного отношения к новому, более дорогому, виду инструмента. Опытным путем установлено, что экономическое обоснование применения резцов, например, из гексанита-Р при обработке восстановленных наплавкой деталей машин только тогда является полным, когда учитываются все показатели экономической эффективности, как основные, так и дополнительные.

**Целью** данного способа расчета экономической эффективности привести набор исходных данных и последовательность расчета основных и дополнительных показателей при внедрении чистового точения наплавленных деталей резцами из гексанита-Р.

**Результаты исследований.** Для проведения расчета необходимо на конкретном производстве подготовить все исходные данные для обработки каждой детали в отдельности и, используя эти данные, провести расчет. Ниже приведены исходные данные для расчета экономической эффективности от замены операции шлифования восстановленных деталей обработкой резцами из гексанита-Р в условиях ремонтного предприятия, а затем приведена последовательность расчета показателей экономической эффективности от внедрения нового технологического процесса с использованием резцов из гексанита-Р.

Исходные данные для расчета экономической эффективности.

1. Годовое восстановление деталей  $N_{Г}$ , шт.
2. Норма времени на операцию  $t_{шт}$ , мин.
3. Машинное время на операцию  $t_{м}$ , мин.
4. Балансовая стоимость единицы оборудования  $B_{об}$ , грн.
5. Тарифная ставка рабочего в час  $C$ , грн.
6. Коэффициент, учитывающий отчисления на социальное страхование  $K_{с}$ .
7. Коэффициент, учитывающий переработку норм  $K_{п}$ .
8. Коэффициент, учитывающий доплаты и дополнительную заработную плату  $K_{д}$ .
9. Количество оборудования, занятого на операции  $n$ , шт.
10. Суммарная установленная мощность электродвигателей на станке  $N_{у}$ , кВт.



11. Себестоимость 1 кВтчас энергии  $S_{\text{Э}}$ , коп.
12. Норма годовых амортизационных отчислений  $A, \%$ , (в том числе на восстановление  $A_{\text{В}}, \%$ ).
13. Цена инструмента  $C_{\text{И}}$ , грн.
14. Норма затрат на вспомогательные материалы на один станок в год  $A_{\text{В}}$ , грн.
15. Допускаемое количество переточек резцов из гексанита-Р  $n$ , шт.
16. Количество правок шлифовального круга  $m$ , шт.
17. Период стойкости резцов между переточками  $T_{\text{Р}}$ , мин.
18. Период стойкости кругов между правками  $T_{\text{К}}$ , мин.
19. Количество деталей, обработанных за один период стойкости инструмента  $q_{\text{ДЕТ}}$ , шт.
20. Коэффициент загрузки станка  $\eta$ .

При массовом восстановлении деталей с использованием большого парка однотипных станков дополнительно учитываются:

21. Норма площади на единицу оборудования  $\Pi$ ,  $\text{м}^2$ .
22. Затраты на обслуживание  $1 \text{ м}^2$  производственной площади  $C_{\text{ПЛ}}$ .
23. Затраты на переточку инструмента при массовом восстановлении деталей  $Z_{\text{ПИ}}$ , грн.
24. Затраты на наладку станков  $Z_{\text{Н}}$ , грн.

Расчет годового экономического эффекта от внедрения инструмента из ПСТМ типа гексанит-Р.

1. Основная и дополнительная заработная плата производственного рабочего с учетом отчислений на социальное страхование и переработку норм:

$$Z = C \cdot t_{\text{ум}} \cdot K_{\text{д}} \cdot K_{\text{с}} \cdot K_{\text{н}}, \text{ грн.}$$

2. Затраты на амортизацию оборудования, занятого восстановлением деталей на операции:

$$Z_A = \frac{B_{\text{об}} \cdot \Pi \cdot A\%}{N_{\Gamma} \cdot 100}, \text{ грн}$$

3. Затраты на ремонт оборудования - 33% от п. 2.

4. Затраты на электроэнергию:

$$Z_e = \left( (0,25 N_y)(t_{\text{ум}} + t_M) + 0,7 N_y \cdot t_M \right) \frac{S_e}{100 \cdot 60}, \text{ грн.}$$

5. Затраты на инструмент:

$$Z_u = \frac{(u_u + m \cdot C_n) \cdot t_M}{T \cdot (m-1)}, \text{ грн.}$$

6. Затраты на вспомогательные материалы:

$$Z_{\text{вм}} = \frac{N_e \cdot n}{N_{\Gamma}}, \text{ грн.}$$

7. Капитальные вложения в оборудование:

$$K = B_{\text{об}} \cdot n, \text{ грн.}$$

8. Затраты на обслуживание производственной площади:

$$Z_{\text{пл}} = \Pi \cdot n \cdot C_{\text{пл}}, \text{ грн.}$$

9. Технологическая себестоимость обработки 1000 шт. деталей:

$$C = Z + Z_A + Z_e + Z_u + Z_{\text{вм}} + Z_{\text{пл}}, \text{ грн.}$$

Основные показатели эффективности от внедрения нового

технологического процесса

1. Дополнительные капитальные вложения на инструмент из гексанита-Р:

$$K = \frac{N_{\Gamma} \cdot C_{II}}{1000}, \text{ грн.}$$

2. Экономия от снижения себестоимости восстановления годовой программы деталей:

$$\mathcal{E} = (C_1 - C_2) \cdot N_2, \text{ грн.}$$

3. Срок окупаемости дополнительных капитальных затрат:

$$T = \frac{K_1 - K_2}{C_1 - C_2}, \text{ год.}$$

4. Годовой экономический эффект:

$$\mathcal{E}_{\Gamma} = (C_1 - C_2) \cdot N_{\Gamma} + K \cdot E_{II}, \text{ грн.}$$

5. Экономический эффект на 1 кат израсходованного инструмента из ПСТМ:

$$\mathcal{E}_n = \frac{\mathcal{E}_{\Gamma}}{II_u}, \text{ грн.}$$

Дополнительные показатели эффективности от внедрения инструмента из ПСТМ

1. Уменьшение трудоемкости обработки годовой программы восстановления деталей:

$$Y_{\Gamma} = \frac{N_{\Gamma} \cdot (t_{um1} - t_{um2})}{60}, \text{ час}$$

2. Повышение производительности труда от замены операции шлифования операций точения резцами из ПСТМ:

$$II = \frac{(t_{um1} - t_{um2}) \cdot 100\%}{t_{um2}}, \%$$

3. Снижение затрат на электроэнергию:

$$\Delta Z = Z_{31} - Z_{32}, \text{ грн.}$$

4. Увеличение стойкости инструмента между переточками:

$$\Delta T = T_2 - T_1, \text{ мин.}$$

**Выводы.** 1. Экономическими расчетами обосновывается внедрение инструментов из сверхтвердых материалов на основе нитрида бора на предприятиях АПК при замене операций шлифования на токарные при восстановлении изношенных деталей. 2. В результате такой замены достигается требуемая точность обработки и качество обработанной поверхности при формировании в обработанном поверхностном слое сжимающих остаточных напряжений взамен растягивающих, которые всегда образуются в процессе шлифования.

## Список использованных источников

1. Методические указания по определению экономической эффективности использования сверхтвердых материалов. /Б.И. Гинзбург, М.С. Зисман, Т.В. Триканова. К.: УкрНИИИТИ, 1979. 48 с.
2. Захаренко И.П. Эффективность обработки инструмента сверхтвердыми материалами. – М.: Машиностроение, 1982. 224 с.

3. Физико-математическая теория процессов обработки материалов и технологии машиностроения. /Под общей ред. Ф.В. Новикова и А.В. Якимова. В десяти томах. – Т.3. «Резание материалов лезвийными инструментами». Одесса: ОНПУ. 2003. – 550 с. /Монография. Авторы: Новиков Ф.В., Якимов А.В., Коломиец В.В., Зубарь В.П., Карюк Г.Г., Бочко А.В. и др./.
4. Клименко С.А., Коломиец В.В., Хейфец М.Л., Пилипенко А.М., Мельнийчук Ю.А., Бурькин В.В. Обработка резанием деталей с покрытиями /Монография. Под общей редакцией С.А. Клименко. К.: ИСМ им. В.Н. Бакуля НАН Украины, 2011.–353 с.

## **Анотація**

### **РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ВІД ВПРОВАДЖЕННЯ ІНСТРУМЕНТІВ ІЗ ПНТМ НА РЕМОНТНИХ ПІДПРИЄМСТВАХ АПК**

Коломієць В.В., Антощенко Р.В., Рідний Р.В., Рибалко І.Н., Гончаренко А.А.

*Приведено спосіб розрахунку економічної ефективності від впровадження інструментів із полікристалічного надтвердого матеріалу на основі нітриду бору на ремонтних підприємствах агропромислового комплексу. Приведені вихідні дані і послідовність розрахунку економічної ефективності від заміни операції шліфування наплавлених деталей чистовим точінням різцями із ПНТМ на основі нітриду бору типу гексаніт-Р. Досконально розглянуті основні і додаткові показники економічної ефективності від застосування надтвердих інструментальних матеріалів при відновленні зношених деталей машин.*

**Ключові слова:** економічна ефективність, наплавлені матеріали, різці, гексаніт-Р.

## **Abstract**

### **CALCULATION OF ECONOMIC EFFICIENCY OF INTRODUCTION OF TOOLS FROM PSHM IN REPAIR ENTERPRISES AIC**

Kolomiets V.V., Antoshchenkov R.V., Rydnyy R.V., Rybalko I.M., Goncharenko O.O.

*A method for calculating the economic efficiency of the introduction of tools from polycrystalline superhard materials based on boron nitride at repair enterprises of the agro-industrial complex is given. The initial data and the sequence of calculation of the economic efficiency of the replacement of the grinding operation of the deposited parts by finishing turning with PSHM cutters based on boron nitride of the hexanite-R type are given. Considered in detail the main and additional indicators of economic efficiency of processing when using superhard tool materials for the restoration of worn parts.*

**Key words:** economic efficiency, welded materials, chisels, hexanite-R.

## КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ

**Кісь О.В., студ.**

*(Харківський національний університет радіоелектроніки)*

**Антощенко Р.В., д.т.н., доц.**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

*В роботі наведено аналіз комп'ютерних та інформаційних технологій що набувають широкого застосування у сільськогосподарському виробництві. Наголошено, що в останній час у сільському господарстві поряд з інтенсивним розвитком автоматизації все більшого поширення набуває комп'ютеризація. Комп'ютеризація та інформаційні технології що використовуються у сільськогосподарському виробництві приводять до зниження витрати енергетичних ресурсів, підвищення продуктивності праці та економії часу.*

**Постановка проблеми.** Останніми роками в сільському господарстві поряд з інтенсивним розвитком автоматизації все більшого поширення набуває комп'ютеризація. В економічно передових країнах не тільки великі сільськогосподарські виробники, але і звичайні фермери з успіхом застосовують комп'ютерну техніку як для управління виробничими процесами, так і для ведення бухгалтерії, формування різних баз даних, тощо. Розробкою комп'ютерного програмного забезпечення для сільського господарства в цих країнах займаються десятки компаній. В основному програми використовуються для проведення фінансових операцій, а також для управління виробництвом в ряді сільськогосподарських галузей. Комп'ютеризація сільського господарства дозволяє значно скоротити число працівників і підвищити продуктивність виробництва [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Необхідно зауважити, що в багатьох країнах, що розвиваються існують певні причини, які стримують комп'ютеризацію сільського господарства. Однією з таких причин є відсутність або недостатня кількість спеціалізованих програм, призначених для вирішення завдань планування і управління агропромисловим виробництвом [2]. Частково це обумовлено малим попитом на такі програми в силу того, що сільськогосподарські виробники далеко не завжди мають можливості купувати і використовувати нову комп'ютеризовану техніку через свій поганий фінансовий стан [3]. Крім того, нерідко такі програми мають обмежені функціональні можливості або не відповідають спеціальним запитам користувачів. Також слід враховувати порівняно низький рівень кваліфікації сільськогосподарських працівників [4].

**Метою статті** є аналіз комп'ютерних та інформаційних технологій що набувають широкого застосування у сільськогосподарському виробництві.

**Основна частина.** Розвиток процесу створення комп'ютерних та інтелектуальних систем для сільського господарства вимагає глибокого розуміння основних тенденцій конструювання сільгоспмашин. Слід визнати, що оснащення сільгосптехніки інтелектуальними системами визнається актуальним поки ще не всіма конструкторами-машинобудівниками, що пояснюється недостатньо яким поданням ними важливості проблем інтелектуалізації агропромислового виробництва. Тим часом саме на використанні інтелектуальних комп'ютерних систем побудована сучасна парадигма проектування сільгосптехніки в багатьох економічно розвинених країнах світу. Слід зауважити, що проведена робота по створенню інтелектуальної сільгосптехніки по ряду напрямків знаходиться поки що на початковій стадії. Типовим прикладом сучасного сільськогосподарського машинобудування є проектування і виробництво машино-тракторних агрегатів, які створюються зусиллями не тільки інженерів-механіків, а й інженерів-електронників.

Важливою умовою ефективного інтелектуального управління сільськогосподарськими агрегатами та агропромисловим виробництвом є широке використання бездротових сенсорних систем і систем супутникової навігації (рис. 1).



Рис. 1. Бездротові технології у сільському господарстві

Оснащення бездротовими сенсорними мережами тракторів або комбайнів дозволяє обмінюватися транспортним засобам даними, що необхідні для координації їх роботи.

Бездротовим сенсорним мережам відводиться важливе місце у вирішенні

завдань екологічного моніторингу. Зокрема, вони можуть надавати фермерам пріоритетну інформацію про можливі зміни погоди, наприклад, попереджати про початок заморозків – завдяки тому, що використовуювані в них сенсори здатні фіксувати зміни навколишнього природного середовища. За допомогою бездротових сенсорних мереж, що містять сенсори вологості і температури, можна своєчасно повідомляти фермерам про загрозу зараження картопляних полів фітофторою – грибковою хворобою, розвиток якої залежить від кліматичних умов. Подібним чином, завдяки сенсорному контролю параметрів навколишнього середовища забезпечується регулювання мікроклімату в теплицях.

Бездротові сенсорні мережі застосовуються на тваринницьких фермах з метою забезпечення здоров'я тварин шляхом визначення за допомогою сенсорів параметрів їх стану, наприклад, температури тіла, і передачі вимірних значень за допомогою радіосигналів тваринникам.

Радіочастотна ідентифікація успішно застосовується при догляді за тваринами. Так, за допомогою RFID-міток можна дослідити поведінку корів, відстежувати час їх доїння. Крім того, використовуючи RFID-мітки, можна здійснювати управління потоками товарів.

Бездротові сенсорні мережі в поєднанні з системами супутникової навігації роблять можливим контролювати місце розташування тракторів і сільгоспмашин на полі і тим самим управляти їх рухом і взаємодією, а в разі порушення їх нормальної роботи або виходу з ладу – здійснювати їх дистанційну діагностику і надавати термінову техдопомогу на місці.

В свою чергу, радіочастотна ідентифікація в поєднанні з системою супутникової навігації забезпечує в тваринництві можливість контролю місця розташування тварин в приміщенні ферми або на пасовищі і тим самим управляти їх поведінкою, в логістиці – можливість контролю місця розташування вантажного транспорту при доставці сільгосппродукції і тим самим побудови оптимальних логістичних схем.

**Трактори.** Інтелектуальні системи управління, якими оснащуються трактори, націлені на підвищення економічності, надійності, потужності і продуктивності машини, а також на створення більш комфортних умов для роботи тракториста.

Фірма Claass (Німеччина) реалізувала концепцію інтелектуальної потужності трактора. За допомогою розробленої фірмою системи CPS (Claass Power Systems) забезпечується оптимальне управління параметром роботи двигуна і систем приводу (рис. 2), що дозволяє найбільш повно реалізувати потужність при низькій витраті палива.

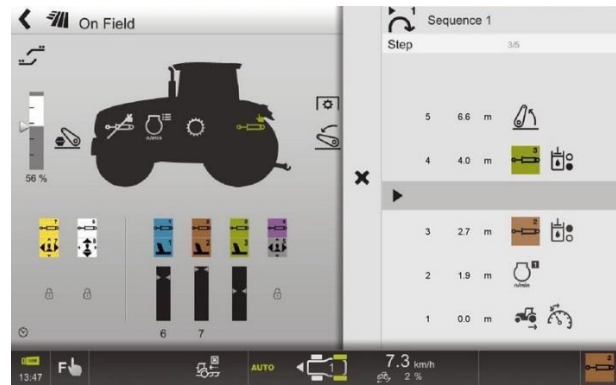


Рис. 2. Трактор Claas ARION 660-510 та комп'ютерна система керування

Аналогічні розробки проводяться фірмою John Deere (США). У тракторі серії John Deere 6920 встановлено двигуни PowerTech Plus з інтелектуальною системою регулювання потужності, що дозволяє підвищити і без того велику потужність та крутний момент, що розвиваються двигуном з системою впорскування палива Common Rail і чотирма клапанами на циліндр. Система підтримує максимальну потужність двигуна при буксируванні важких причепів по полю або дорозі, валкування на крутих ухилах.

В потужних (до 560 к.с.) тракторах серії 9R/RT, вироблених фірмою John Deere, запропоновано здійснювати привід вентилятора системи охолодження клинопасовим варіатором, що автоматично змінює частоту обертання для підтримки необхідної температури двигуна, а також гідросистеми. Нагрітий повітряний потік, що подає вентилятор, відхиляється напрямними отворами в бік від ґрунту і кабіни, виключаючи пошкодження рослин і нагрів скла кабіни. Самопідкачувана паливна система, встановлена в двигун, виключає ручне підкачування і необхідність попереднього заповнення паливом фільтра після його заміни.

Фірмою John Deere розроблена оригінальна система управління мультипаливним двигуном трактора, який можна заправляти будь-яким дизельним паливом, а також сумішами їх різних видів. Більш того, трактор зможе працювати на рослинному мастилі (якщо воно за па-параметра відповідає встановленим нормам). Бак трактора забезпечений датчиками, які вимірюють щільність, в'язкість, температуру палива або суміші, що знаходиться в ньому. Бортовий комп'ютер вибирає настройки, що дозволяють оптимізувати роботу двигуна, а також привести вихлопи у відповідність до вимог Tier IV (система класифікації Tier служить для оцінки надійності центрів обробки даних).

Трактори серії Fastrac-8250 фірми JCB (Австрія) оснащені безступінчастою багаторежимною трансмісією з інтелектуальним управлінням V-TRONIC, що дозволяє працювати в будь-яких умовах з оптимальною швидкістю, забезпечуючи підвищення продуктивності і економію палива. У тракторах даної серії переваги інтелектуальної безступінчастої трансмісії поєднуються з повністю незалежною активною гідравлічною підвіскою, яка забезпечує високий комфорт тракторів Fastrac при роботі і безпеку при русі по дорозі на високій

швидкості. При русі на нерівностях активна система амортизації трактора істотно знижує рівень коливань кузова на відміну від звичайних тракторів, система амортизації яких розрахована виключно на використання пневматичних коліс.

До перспективних розробок в області інтелектуальних систем управління роботою трактора слід віднести електронно-програмний комплекс EASY (Efficient Agriculture Systems – ефективні сільськогосподарські системи) фірми Claas (рис. 3) [3], забезпечувати управління машиною, оптимізацію продуктивності, контроль технічного стану машини (включаючи віддалену діагностику), різні програмні рішення для сільськогосподарських підприємств.



Рис. 3. Електронно-програмний комплекс EASY

**Машинно-тракторні агрегати.** Інтелектуальні системи управління машинно-тракторних агрегатів забезпечують синхронізацію (гармонізацію) роботи трактора і агрегатованої з ним сільськогосподарської машини з метою підвищення ефективності роботи агрегату в цілому (до недавнього часу здійснювалося управління окремими вузлами трактора або сільськогосподарської машини незалежно один від одного).

Останніми роками набули поширення інтелектуальні системи управління машинно-тракторних агрегатів на основі міжнародного стандарту ISO 11783 (ISO-BUS), що служить для встановлення електронної інформаційної зв'язку між тракторами і агрегованими з ними сільськогосподарськими знаряддями [1].

Система ISO-BUS дозволяє стандартизувати комп'ютерну техніку і програмне забезпечення, краще використовувати, комбінувати і координувати роботу машин і знарядь, автоматизувати настройку машин і знарядь на різні операції, здійснювати обмін даними між системами, що знаходяться в польових умовах, і офісними комп'ютерами виробників сільгосппродукції, сервісних служб і виробників техніки. Вона працює на основі шинного зв'язку CAN-шини з використанням різних електронних засобів. CAN-шина забезпечує



підключення будь-яких виконавчих і керуючих пристроїв (всіляких сенсорів, контролерів, тощо), які можуть одночасно приймати і передавати цифрову інформацію (дуплексна система).

Ще одна розробка фірми John Deere – інтелектуальна система Machine Sync. Тракторист, перебуваючи в кабіні трактора, може бачити на моніторі карту з місцезнаходженням на полі інших тракторів, комбайнів, причепів, тощо і приймати рішення, необхідні в даний момент часу. Пристрій Machine Sync повідомляє трактористу трейлера ступінь заповнення бункера, дозволяючи визначити, як скоро знадобиться розвантаження, до якого комбайну підійти в першу чергу, якщо прибирання поля ведеться кількома комбайнами. Комбайнер, в свою чергу, може безпосередньо викликати трейлер і почати розвантаження.

Компанія Krone розробила прес-підбирач-обмотувальник Ultima Non-Stop, який дозволяє здійснювати процес підбору зеленої маси, пресування, обмотки і вивантаження безперервно. Розміщена в машині камера з функцією попереднього пресування і інтелектуальною системою регулювання дозволяє повністю автоматизувати процес.

**Сільськогосподарські машини.** Інтелектуальні системи широко застосовуються для автоматичного управління різними функціями сільськогосподарських машин. В основному ці системи служать для підвищення ефективності виконання машинами польових робіт. Найбільш широке розповсюдження вони отримали в збиральних машинах [3].

Фірма New Holland CNH (Німеччина) створила систему IntelliCruise, яка змінює швидкість руху комбайна відповідно до величини потоку прибирається маси. Система вимірює кількість маси, що поступає на жниварку і подавальний шнек, шляхом зміни натягу приводного ремня, після чого задається певна робоча швидкість руху, відповідна оптимальним можливостям жатки. Якщо зростає потік маси, що прибирається, то швидкість руху знижується, і навпаки, вона може підвищуватися, якщо кількість зернових зменшується. На переїзді або розвороті комбайна натяг приводного ремня автоматично послаблюється. Завдяки точному регулюванню продуктивності запобігається надмірне навантаження на молотарку.

Ефективність роботи комбайна може бути підвищена за допомогою системи Semos Automatic фірми Claas. Комбайни Lexion з даною системою забезпечуються численними сенсорами, які відстежують параметри навколишнього середовища, роботи вузлів. Наприклад, в залежності від ступеня очищення зерна Semos Automatic автоматично встановлює необхідну швидкість вентиляторів.

Інноваційне рішення фірми Claas для зернозбиральних комбайнів – система Grain Quality Camera. Вона встановлена в головці елеватора кольорова фотокамера з високою роздільною здатністю робить знімки зерна, що забирається, в зерновому потоці. Знімки потім аналізуються на наявність незернових домішок і подрібнених зерен, а результати аналізу у вигляді діаграм передаються на термінал комбайна. Комбайнер має можливість відразу ж переглядати фотографії та розрізняти окремі або прилипли домішки. Це створює більш точну основу для оцінки якості зерна та оптимізації настройки жатки і системи очищення на зернозбиральних комбайнах Lexion 760, 770, 780.

Для поліпшення якості зібраного зерна перспективно використовувати систему Moisture Cable фірми Bintec (ОАЕ), яка автоматично регулює потужність сушарки на основі вимірювання таких показників, як температура, вологість

зерна і вологість повітря.

Кормозбиральні комбайни фірми Krone оснащуються системою VariStream, що забезпечує стабільну роботу барабана-подрібнювача і прискорювального барабана. Завдяки цій системі поперечний переріз потоку кормової маси автоматично змінюється відповідно до об'єму маси, що надходить. Система VariStream забезпечує стабільну роботу барабана-подрібнювача і прискорювального барабана, рівномірність потоку комової маси, можливість оптимального завантаження машини. При цьому комбайни працюють більш спокійно навіть при нерівномірній подачі комової маси, в той же час витрата палива і знос техніки знижуються.

Крім того, кормозбиральні комбайни фірми Krone оснащуються системою Auto Scan, оптичний датчик якої визначає колір, та разом з ним і ступінь стиглості кукурудзи (темно-зелений колір означає вологі, а коричневий – сухі рослини). Потім електронно-програмні засоби комбайна обчислюють відповідну оптимальну довжину подрібнення (чим сухіше матеріал, тим менше довжина), і відповідно регулює швидкість гідравлічного приводу підпресовуючих вальців [4].

В кормозбиральних комбайнах проводяться удосконалення в області аналітичної техніки, за допомогою якої до сих пір можна було визначити тільки вміст сухої речовини в прибраній кормовій масі. Удосконалена техніка дозволяє визначати вміст таких речовин, як протеїн, крохмаль і цукор. Так, модернізована система John Deere HarvestLab, крім визначення частки сухої речовини, здатна визначати в кормовій масі вміст сирого білка, цукру, крохмалю, клітковини, а також зольність.

Останніми роками знаходять поширення інтелектуальні системи, що слугують для підвищення надійності роботи сільськогосподарських машин, підтримки нормальних режимів їх функціонування [5].

Для кормозбиральних комбайнів розроблені системи регулювання моторів, що дозволяють пристосовуватися до різних умов збирання, в результаті чого кормозбиральний комбайн постійно працює в оптимальному, з точки зору споживання потужності і продуктивності, діапазоні числа обертів, що одночасно дозволяє знизити витрату палива [6].

Для кращої адаптації косарок до рельєфу при дуже великій ширині захвату і великій масі використовується гідропневматична система зниження навантаження на косарку з комп'ютеризованим автоматичним регулюванням опорного тиску в реальному часі. Зазначена система забезпечує постійне опорний тиск косилочних елементів навіть при дуже хвилястому рельєфі і сильно змінній швидкості руху.

**Висновки.** Комп'ютеризація та інформаційні технології що використовуються у сільськогосподарському виробництві приводять до зниження витрати енергетичних ресурсів, підвищення продуктивності праці та економії часу. Концепція інтелектуальної потужності трактора дозволяє повно реалізувати потужність при низькій витраті палива. Система ISO-BUS дозволяє стандартизувати комп'ютерну техніку і програмне забезпечення, краще використовувати, комбінувати і координувати роботу машин і знарядь. Сільськогосподарські машини з комп'ютеризованим автоматичним регулюванням забезпечує стали показники функціонування машини навіть при дуже хвилястому рельєфі і сильно змінній швидкості руху.

## Список використаних джерел

1. Шило И. Н. Интеллектуальные технологии в агропромышленном комплексе [Текст] / И. Н. Шило, Н. К. Толочко, Н. Н. Романюк, С. О. Нукешев. – Минск: БГАТУ, 2016. – 336 с.
2. Черноиванов В. И. Мировые тенденции машинно-технологического обеспечения интеллектуального сельского хозяйства: науч. изд. [Текст] / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2012. – 284 с.
3. Черноиванов В. И. Интеллектуальная сельскохозяйственная техника [Текст] / В. И. Черноиванов, А. А. Ежевский, В. Ф. Федоренко. – М.: ФГБНУ «Росинформагротех», 2014. – 124 с.
4. Ильинская И. Н. Возможности применения геоинформационных систем в адаптивно-ландшафтных системах земледелия [Текст] / И. Н. Ильинская // Научное обеспечение агропромышленного комплекса на современном этапе: Материалы Международной научно-практической конференции. 2015. – С. 98–103.
5. Осипов В. С. Переход к цифровому сельскому хозяйству: предпосылки, дорожная карта и возможные следствия [Текст] / В. С. Осипов, А. В. Боговиз // Экономика сельского хозяйства России. – 2017. – № 10. – С. 11–15.
6. Валетов В. А. Интеллектуальные технологии производства приборов и систем: учеб. пособие [Текст] / В. А. Валетов, А. А. Орлова, С. Д. Третьяков. – СПб: СПб ГУИТМО, 2008. – 134 с.

## Аннотация

### КОМПЬЮТЕРИЗАЦИЯ И ИНФОРМАЦИОННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

Кись А.В., Антощенко Р.В.

*В работе приведен анализ компьютерных и информационных технологий, которые получают широкое применение в сельскохозяйственном производстве. Отмечено, что в последнее время в сельском хозяйстве наряду с интенсивным развитием автоматизации все большее распространение получает компьютеризация. Компьютеризация и информационные технологии, используемые в сельскохозяйственном производстве, приводят к снижению расхода энергетических ресурсов, повышению производительности труда и экономии времени.*

## Abstract

### COMPUTERIZATION AND INFORMATION TECHNOLOGIES IN AGRICULTURE

O. Kis, R. Antoshchenkov

*The paper presents an analysis of computer and information technologies that are widely used in agricultural production. It was noted that recently in agriculture along with the intensive development of automation, computerization is becoming more and more common. Computerization and information technologies used in agricultural production lead to a reduction in the consumption of energy resources, an increase in labor productivity and a saving of time.*

## ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗРАЗКІВ РОДУ *TRITICUM* L. ДО ОСНОВНИХ ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ У СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ

Чуприна Ю.Ю., асистент

(Харківський національний аграрний університет ім. В.В. Докучаєва)

*Узагальнено результати вивчення 76 зразків пшениці ярої Національного Центру генетичних ресурсів рослин України, Інституту рослинництва імені В.Я. Юр'єва НААН України. по стійкості до збудників септоріозу листя, борошнистої роси, бурої листкової іржі. Встановлено, що різні ознаки стійкості не були близькі один до одного, що свідчить про необхідність направлення селекції на стійкість окремо до кожного із збудників і на цій основі створювати групову стійкість. Встановлено внутрішньовидової і міжвидові генетичну різноманітність пшениці ярої на основі морфологічних ознак.*

*Успішна селекція стійких до хвороб рослин має ґрунтуватися на фундаментальних знаннях щодо генетичної природи стійкості рослини-хазяїна та вірулентності патогенів. Сучасні уявлення про стійкість передбачають існування групи генів стійкості, які є специфічними і діють на першій, детермінантній фазі взаємодії рослини і патогену.*

*Існуючі стратегії селекції на стійкість переважно обмежуються інформацією щодо генів стійкості, які тим чи іншим способом (переважно гібридизацією носіїв – сортів, ліній тощо) залучають до селекційного процесу з метою отримання потомства, стійкого до хвороб, тому важливою є інформацією про генотип зразків, що є джерелами стійкості до хвороб, включаючи характеристику окремих генів.*

*Для вивчення генетичних основ стійкості як горизонтальної, так і вертикальної, останнім часом дедалі популярнішими стають системи молекулярних маркерів генів, що контролюють ознаку. Хоча перелік відомих генів стійкості до хвороб пшениці постійно поповнюється, їх застосування вітчизняними селекціонерами для створення стійких сортів обмежується недостатньою інформацією про наявність таких генів у сортах чи лініях, які використовують у селекційному процесі.*

**Вступ.** Генетичні маркери, які застосовують у селекції та генетичних дослідженнях, мають відповідати таким вимогам:

1. їх прояв має бути незалежним від впливу середовища;
2. вони мають виявляти відмінності між зразками навіть близькоспорідненого походження;
3. забезпечувати стійку відтворюваність.

Маркерні системи на основі ДНК ефективніші за традиційні морфологічні та білкові чи ізоферментні маркери.

Застосування ДНК-маркерів дає змогу вирішити низку завдань:

- 1) створення докладних генетичних і фізичних карт хромосом;
- 2) маркування окремих генів, які контролюють якісні ознаки, та групи генів, що детермінують кількісні ознаки (QTL);
- 3) ідентифікація й оцінювання генофонду різних видів рослин, характеристика генетично модифікованих рослин і гібридних форм, вивчення структури геному, філогенетичний, популяційно-генетичний аналіз та ін.[4;7].

За допомогою ДНК - маркерів можна діагностувати наявність певного гена в геномі задовго до того, як він почне фенотипно виявлятися. Це уможливило їх використання для MAS (marker-assisted selection), добору за маркерними ознаками, що в багатьох випадках прискорює і здешевлює процес створення нових сортів.

**Аналіз останніх публікацій і здобутків.** На сьогоднішній день найбільш широке розповсюдження в зонах вирощування отримали два види пшениці ярої: пшениця м'яка, або звичайна (*Triticum aestivum*) – це найбільш широко розповсюджений вид пшениці, також відомий як хлібна. Як правило, цей вид відрізняється високим вмістом білку та клейковини. Ендосперм зерна твердий або м'який. М'яка пшениця має м'який ендосперм, крохмальні зерна добре кришаться при перемелюванні. Використовується для виготовлення багетів, бісквітів та печива; пшениця тверда (*Triticum durum Desf*), або «макаронна» крупа, відома особливою твердістю зерна, високим рівнем вмісту білку, насиченим жовтим кольором, приємним запахом, а також прекрасними хлібопекарними достоїнствами. Щорічно в світі виробляється від 25 до 30 мільйонів тон пшениці дурум, що складає 4% від загального світового виробництва пшениці. Тверда пшениця відрізняється підвищеним вмістом білку. Добре підходить для отримання хлібних сортів борошна. Крохмальні зерна тверді і не кришаться в процесі помелу.

*Triticum monosocum*. Культурна однозернянка– це пшениця з диплоїдним геномом ( $2n = 14$ ) з Близького Сходу, одомашнена близько 10 000 років тому на південному заході Туреччини в Даг Карадаге. Її значення зменшилося після бронзового віку, коли її замінили високоврожайні голозерні тетраплоїдні і гексаплоїдні пшениці. У наш час інтерес до однозернянки відновився завдяки поживним якостям зерна, низької вимогливості до умов вирощування і високої стійкості до шкідливих організмів, що відкриває перспективи використання для органічного землеробства.

*Triticum dicocum* – тетраплоїдний вид ( $2n=28$ ) генетично близький до твердих пшениць з геномом А и В. Колос щільний, з паралельними остюками, колоски двозерні, зерно видовжене при обмолочуванні залишається в колосках. У минулому *T.dicocum* дуже поширений переважно як яра культура Татари, Чувашії, Мордовії та в Середньому Поволжі. Висівається на досить незначних площах. Колос ламкий, зерно плівчасте, скловидне. Стійка проти ураження іржею.

*Triticum persicum*. До корисних селекційних ознак відносять: стійкість до низьких температур як на початку росту так і при дозріванні, скоростиглість,

стійкість до проростання зерна в колосі і у валках. Характеризується високою стійкістю до борошнистої роси і до різних видів іржі. Вміст у зерні білка сягає до 23 %. До негативних властивостей відносять низьку посухостійкість, дрібнозерність, низькі хлібопекарські якості.

*Triticum turgidum* – багато зразків цього виду мають високу продуктивністю і не дивлячись на високорослість не вилягають. Деякі форми характеризуються скоростиглістю. Вид в цілому імунний до грибкових хвороб і більшості рас бурої і жовтої іржі. До негативних ознак відносять високорослість. У більшості форм висота рослин сягає 2 м. М.І. Вавілов відмічав, що у горах Азербайджану і Дагестану зразки *T. turgidum* – гіганти серед всіх пшениць світу. Вид в цілому високовимогливий до вологи, характеризується порівняно низьким вмістом білку [15;11].

*Triticum spelta* L. В світі йде активний «пошук», відродження, покращення (селекція), й впровадження у виробництво «античних злаків» - забутих зернових. Одним з таких видів є спельта. Спельта - є гексаплоїдним видом пшениці, була розповсюджена у давні часи, згодом зникла з посівів, залишившись лише у невеликих районах. У спельти менша реакція на збідненість ґрунту. В умовах недостачі елементів живлення втрачає менше врожаю при цьому показує високі якісні показники.

*Triticum compactum*. Деякі зразки характеризуються високими хлібопекарськими якостями і мають у зерні до 22 % білка, стійкістю до вилягання, скоростиглістю, і стійкістю до високих температур.

До негативних ознак відносять: низьку продуктивність, схильність до вилягання багатьох форм, вибагливість до тепла, сильна сприятливість до бурої і жовтої іржі та сажки.

**Мета і завдання досліджень.** Метою дослідження є оцінка робочої колекції зразків пшениці ярої різного походження за морфологічними показниками в умовах Східного Лісостепу України.

Для досягнення мети поставлені такі завдання:

охарактеризувати колекційні зразки пшениці ярої за комплексом господарсько цінних ознак;

виявити джерела господарсько цінних ознак пшениці ярої таких як: стійкість до шкідливих організмів, якість, скоростиглість, короткостеблість;

встановити особливості мінливості елементів продуктивності зразків пшениці ярої та виявити взаємозв'язки між ними;

встановити внутрішньовидову та міжвидову генетичну різноманітність пшениці ярої на основі морфологічних ознак;

встановити гени стійкості до шкідливих організмів зразків пшениці ярої.

**Актуальність** – успішна селекція стійких до хвороб рослин має ґрунтуватися на фундаментальних знаннях щодо генетичної природи стійкості рослини-хазяїна та вірулентності патогенів. Сучасні уявлення про стійкість передбачають існування групи генів стійкості, які є специфічними і діють на першій, детермінантній фазі взаємодії рослини і патогену.

**Матеріали і методи дослідження.** Вихідний матеріал був представлений

76 зразками *Triticum aestivum* (10шт), та *Triticum durum* (10 шт.); малопоширеними: (*Monococcum* (8шт.), *boeoticum* (1шт.), *sinskajae* (1шт.), *timopheevii* (1шт.), *militinae* (1шт.), *dicoccum* (9шт.), *ispahanicum* (1шт.), *persicum* (2шт.), *turgidum* (3шт.), *aethiopicum* (1шт.), *spelta* (9шт.), *compactum* (4шт.) та амфідіплоїдні зразки.

Дослідження проводили у 2018 р. на дослідному полі ХНАУ ім. В.В. Докучаєва. Посів проводився у оптимальні для культури строки 1 декада квітня. Колекційні зразки висівалися вручну під маркер, двома рядками довжиною 1 м кожен з міжряддям 0,15 м, з розрахунку 100 зерен на погонний метр. Усі фенологічні спостереження проводили відповідно до методичних вказівок з вивчення колекцій пшениці.

Протягом вегетації вивчали характер мінливості фаз розвитку і кількісних ознак, проводили візуальну оцінку якісних ознак колекційних зразків пшениці. Проаналізовано по 30 рослин кожного зразку.

Спостереження, облік і біометричні вимірювання здійснювали згідно «Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність». Фіксували строк сівби, появу сходів, фази 2-3х листків, кущення, вихід в трубку, флаговий лист, колосіння, цвітіння, молочно-воскова стиглість, дозрівання.

Методика обліку шкідливих організмів. Облік розвитку хвороб здійснювали 4 рази за вегетаційний період, починаючи з фази сходів і до дозрівання врожаю. У період сходів визначали, головним чином, ураженість рослин від ґрунтових патогенів або від інфекції, що передається з зараженими насінням. В період накопичення вегетативної маси враховують прояв всіх хвороб вегетативних надземних органів, а при формуванні врожаю - прояв хвороб репродуктивних органів [8;11].

Основними елементами обліку є такі показники, як поширеність хвороби, інтенсивність ураження, розвиток хвороби.

Обліки рослин для виявлення борошнистої роси проводять у фазу кущіння і навесні за відновлення вегетації до цвітіння включно. При цьому в 10 місцях відбирають по 10 продуктивних стебел.

Для визначення іржастих захворювань обліки проводили у фазу виходу в трубку, колосіння, молочної стиглості, брали 10 проб по 10 продуктивних стебел. Інтенсивність розвитку хвороби визначають по відсотку охоплення площі листка.

Сажкові захворювання обліковують в кінці молочної - на початку воскової стиглості зерна. Летучу сажку визначають з 4 проб рівномірно розміщених по полю, відступивши від кута поля 50 м. Розмір проби визначають візуально - це ділянка розміром 2м x 5м.

#### **Результати дослідження:**

#### ***Результати визначення агроєкосистеми роду *Triticum* за морфологічними ознаками.***

Першими у пшениці були вивчені морфологічні ознаки, до яких відносяться особливості зернівки, кореня, стебла (соломини), листків, колоса. Їх

використовують при описі видів і класифікації в середині виду. Також можливо застосовувати морфологічні ознаки в якості генетичних маркерів при доборах.

В межах кожного зразку ботанічні різновидності розрізняються по: довжині рослини; довжині колосу; остистості; опушенню листя та забарвлення колосу (колоскових лусок); забарвленню колосу, остей і зерна.

У наших дослідженнях зразки: пшениці м'якої – (*Triticum aestivum*): Sunnap, Харківська - 30, Л 501, Сімкодамиронівська, Л 685-12; (*Triticum dicoccum*): різновид var. submajus; *спельта* - *Triticum spelta*: різновид – var. album, var. duhamelianum, що відноситься до безостої різновидності, утворює у верхній частині колосу остевидні відростки, що досягають 2 см довжини.

Опушення колосу (колоскових лусок). Розрізняють колоски опушені і неопушені (голі).

У різновидностей пшениці з опушеним колосом на колоскових лусках і на відкритих частинах зовнішніх квіткових лусок є волоски. До різновидностей з опушеним колосом віднесені зразки пшениці ярої: var. volgense, var. submajus, var. humboldtinflatum. Амфідиплоїдні зразки пшениці: ПАГ – 12, ПАГ – 20, ПАГ – 31, ПАГ-32, *Triticum x timococcum*, ПСАГ, Наунатрикум, АД -8, ПАГ-39, *Triticum x kiharae*, родовид *T. timopheevii* var. *timopheevii*.

Колосся по кольору може бути біле, червоне, чорне і сіро – димчасте з темними плямами.

До білих відносяться такі колоски, які мають відтінки від солом'яно – жовтих до брудно – сірих, а також колоски, які мають на колоскових лусках слабо – оранжеве жилкування. Це зразки пшениці м'якої – (*Triticum aestivum*): Sunnap, Прохоровка, Харківська 30, Л 501, Сымкодамироновська, Фіто 14/08, Фіто 33/08, Л 685-12; пшениці твердої - (*Triticum turgidum*): Золотко, Оренбургська 21, Нурлы, Славута, Букурія, Алтын Шыгыс, Метиска, Новація, Діана, Кустанайская 30; із малопоширених видів пшениці види monococcum, dicoccum, spelta, compactum, turgidum, persicum; із амфідиплоїдів зразки: ПАГ-12, ПАГ-20, ПАГ-31, ПАГ-32, *triticum x timococcum*, ПАГ -7, ПСАГ, Наунатрикум, АД-8, ПАГ-39, *Triticum x kiharae*, *Triticum x sinskouarticum*ю.

До червоних відносяться такі колоски, забарвлення яких варіює від блідо – рожевих до коричнево – червоних відтінків.

Виникають проблеми при визначенні блідо – рожевого колосся, яке важко відрізнити від солом'яно – жовтого (білого).

Чорне колосся може бути від чорних до синювато – чорних відтінків. При наявності на колоссях восково нальоту чорне забарвлення стає сизим. У колекції виявлено зразки з чорним колоссям: пшениця м'яка - (*Triticum aestivum*): SIGM90.250-; із малопоширених видів: UA0300391, UA0300392, UA0300443, UA0300490, IU0700070, UA0300224, UA0300257.

Ості можуть бути білими, червоними і чорними.

Біле забарвлення остей буває в пшениці з білим забарвленням колосу. В такому випадку кажуть, що забарвлення остей однакове із забарвленням колосу, таке забарвлення представлене у зразків пшениці м'якої – (*Triticum aestivum*):



IR 15206S, Фіто 14/08, Фіто 33/08; **зразки пшениці твердої** - (*Triticum turgidum*): Оренбургська 21, Нурл, Букурія, Алтын Шыгыс, Новація, Діана, Кустанайская 30; **із малопоширених видів**: UA0300104, UA0300221, UA0300223, UA0300254, UA0300282, UA0300310, UA0300313, UA0300008, UA0300327, UA0300406, UA0300009, UA0300183, UA0300021, UA0300238, UA0300387, UA0300398, UA0300546, UA0300240, UA0300376, UA0300495, UA0300545; **із амфідиплоїдів**: UA 0500004, UA0500007, UA0500008, UA0500009, UA0500025, UA0500044, UA0500010, UA 0500018, UA 0500022, UA 0500024, UA0500014, UA 0300107, UA0500026.

*Червоне забарвлення остей* спостерігається в пшениці з червоним забарвленням колосу (в наших зразках такого не виявлено).

*Чорне забарвлення остей* може бути у пшениці з білим, червоним і чорним забарвленням колосу. Нами виявлено **зразки пшениці м'якої** – (*Triticum aestivum*): CIGM90.250-; **зразки пшениці твердої ярої** - (*Triticum turgidum*): Славута, Мтиска; **із малопоширених видів** UA0300199, UA0300443, UA0300110, UA0300237, UA0300490, IU0700070, UA0300224, UA0300257.

Біле колосся з чорними остями мають: **зразки пшениці твердої ярої** - (*Triticum turgidum*): Славута, Мтиска; **із малопоширених видів** зразки: UA0300199, UA0300443, UA0300110, UA0300237.

Чорне забарвлення остей деколи проявляється слабо. В цьому випадку необхідно взяти ості за верхні кінці і злегка перекрутити. Тоді забарвлення буде видно чітко. Забарвлення зерна. Розрізняють зерно білого і червоного кольору.

Біле забарвлення може бути від майже білого до світло – жовтого. Це залежить значно від консистенції зерна. Борошністі зерна мають біле і світло – жовте забарвлення, скло видні нагадують по кольору світлий віск, але значно прозоріші від нього. У верхньому шарі насінної оболонки білих зерен відсутній коричневий пігмент.

Червоне забарвлення зерна залежить від наявності у зовнішньому шарі насінної оболонки коричневого пігменту. В залежності від консистенції зерна червоне забарвлення змінюється від рожевого і світло – коричневого до червоно – коричневого. Борошністі зерна мають зерна забарвлені в мутний червоно – коричневий колір [5;7].

З 76 проаналізованих зразків пшениці ярої, які вивчалась більш стійкими до хвороб листя виявилися зразки:

до **борошністої роси** – **зразки пшениці м'якої ярої** – (*Triticum aestivum*): Sunnap, Харківська 30, Л 501, CIGM90.250-, Фіто 14/08, Фіто 33/08, Л 685-12; **зразки пшениці твердої ярої** - (*Triticum turgidum*): Золотко, Оренбургська 21, Нурлы, Славута, Букурія, Алтын Шыгыс, Новація, Діана, Кустанайская 30; **із малопоширених видів пшениці виду monosocum** номер національного каталогу: UA0300104, UA0300221, UA0300223, UA0300254, UA0300313; **виду disocum** номер національного каталогу UA0300407; UA0300183, IU070615; **виду spelta** номер національного каталогу: UA0300387, UA0300391, UA0300398; **виду compactum** номер національного каталогу: UA0300354; **виду turgidum**

номер національного каталогу: UA0300110, UA0300237; виду *persicum* номер національного каталогу: UA0300490, UA0300495.

**із амфідиплоїдів пшениці зразки:** UA 0500004, UA0500007, UA0500008, UA0500009, UA0500025, UA0500043, UA0500010, UA 0500018, UA 0500022, UA 0500024, UA0500014, UA 0300107, UA0500026;

**стійкість до септоріозу:** зразки пшениці м'якої ярої – (*Triticum aestivum*): Л 501; **малопоширені види пшениці** - (*Triticum turgidum*) виду *monosocum* номер національного каталогу: UA0300104, UA0300223, UA0300254; виду *dicosum* номер національного каталогу UA0300183, UA0300238; виду *spelta* номер національного каталогу UA0300387, UA0300388, UA0300391, UA0300392;

**стійкість до бруї листкової іржі:** зразки пшениці м'якої ярої – (*Triticum aestivum*): Прохоровка; малопоширені види пшениці виду *monosocum* номер національного каталогу: UA0300104, UA0300254, UA0300313; виду *dicosum* номер національного каталогу IU070615; виду *turgidum* номер національного каталогу UA0300110, UA0300237, UA0300376

Кращими за груповою стійкістю до хвороб листя серед пшениць ярих виявилися зразки малопоширених видів пшениці виду *monosocum* номер національного каталогу: UA0300104, UA0300221, UA0300223, UA0300254, UA0300282, UA0300313; виду *dicosum* номер національного каталогу UA0300183; виду *turgidum* номер національного каталогу UA0300110 [6;13].

#### **Висновки.**

Пшениця (*Triticum L.*) входить в трійку основних світових зернових культур разом із кукурудзою і рисом. За посівними площами і валовим збором зерна в Україні пшениця – найбільш поширена культура, площі під якою складають 5–7 млн га, а валовий збір зерна коливається від 16 до 20 млн. т.

Існуючі стратегії селекції на стійкість переважно обмежуються інформацією щодо генів стійкості, які тим чи іншим способом (переважно гібридизацією носіїв – сортів, ліній тощо) залучають до селекційного процесу з метою отримання потомства, стійкого до хвороб, тому важливою є інформацією про генотип зразків, що є джерелами стійкості до хвороб, включаючи характеристику окремих генів.

За допомогою ДНК - маркерів можна діагностувати наявність певного гена в геномі задовго до того, як він почне фенотипно виявлятися. Це уможливило їх використання для MAS (marker-assisted selection), добору за маркерними ознаками, що в багатьох випадках прискорює і здешевлює процес створення нових сортів.

Джерела генів стійкості. Хоча перелік відомих генів стійкості до хвороб пшениці постійно поповнюється, їх застосування вітчизняними селекціонерами для створення стійких сортів обмежується недостатньою інформацією про наявність таких генів у сортах чи лініях, які використовують у селекційному процесі.

Полеві досліді проводили на дослідному полі Харківського національного аграрного університету ім. В.В. Докучаєва у 2018р. Дослідне поле розташоване у

межах землекористування навчально-дослідного господарства Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва у північно-східній частині Харківської області.

Дослідне поле знаходиться в зоні помірно-континентального клімату, для якого притаманна контрастність сезонних метеопказників.

Вихідний матеріал був представлений 76 зразками *Triticum aestivum* (10шт), та *Triticum durum* (10 шт.); малопоширеними: (*Monococcum* (8шт.), *boeoticum* (1шт.), *sinskajae* (1шт.), *timopheevii* (1шт.), *militinae* (1шт.), *dicoccum* (9шт.), *ispahanicum* (1шт.), *persicum* (2шт.), *turgidum* (3шт.), *aethiopicum* (1шт.), *spelta* (9шт.), *compactum* (4шт.) та амфідіплоїдні зразки (15шт.).

Колекційні зразки висівалися вручну під маркер, двома рядками довжиною 1 м кожен з міжряддям 0,15 м, з розрахунку 100 зерен на погонний метр. Усі фенологічні спостереження проводили відповідно до методичних вказівок з вивчення колекцій пшениці.

Протягом вегетації вивчали характер мінливості фаз розвитку і кількісних ознак, проводили візуальну оцінку якісних ознак колекційних зразків пшениці. Проаналізовано по 30 рослин кожного зразку.

Спостереження, облік і біометричні вимірювання здійснювали згідно «Методика проведення експертизи сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність». Фіксували строк сівби, появу сходів, фази 2-3х листків, кущення, вихід в трубку, флаговий лист, колосіння, цвітіння, молочно-воскова стиглість, дозрівання.

Під час вегетації пшениці ярої робили фітопатологічні та ентомологічні спостереження. Під час яких були виявлені борошниста роса, септоріз, жук кузька, трипси та попелиці.

Основними елементами обліку були такі показники, як поширеність хвороби, інтенсивність ураження, розвиток хвороби.

## Список використаних джерел

1. Балашова И. А. Маркирование гена *Ppd-D1a* методом ISSR-ПЦР / И. А. Балашова, В. И. Файт, Ю. М. Сиволап // Вісник Одеського національного університету. – 2002. – Т. 7. – вип. 1. – С. 100 – 104.
2. Генетические взаимоотношения между сортами сои, оцененные с использованием ISSR маркеров / [В. И. Глазко, А. В. Дубинин, Р. Н. Календарь и др.] // Цитология и генетика. – 1999. – Т. 33, № 5. – С. 47–52.
3. Календарь Р. Н. Типы молекулярно-генетических маркеров и их применение / Р. Н. Календарь, В. И. Глазко // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – 34, № 4. – С. 279 – 296.
4. Календарь Р. Н. Типы молекулярно-генетических маркеров и их применение / Р. Н. Календарь, В. И. Глазко // Физиология и биохимия культ. растений. – 2002. – 34, № 4. – С. 279 – 296.
5. Кильчевский А. В. Экологическая селекция растений / А. В. Кильчевский, Л. В. Хотылева. – Минск : Технология, 1997. – 372 с.
6. Конарев А. В. Морфогенез и молекулярно-биологический анализ растений / А. В. Конарев. – СПб.: ВИР, 2001. – 417 с.
7. Костенко Н.П. Методика проведения экспертизы сортів рослин групи зернових на відмінність, однорідність і стабільність /Н. П. Костенко, С.М.,

- Н.В. Павлюк, В.В. Баликіна, Л.В. Камінська, М.М. Таганцова, Є. А Шкапенко . 2-ге вид., випр. і доп. – Вінниця: ФОП Корзун Д. Ю., 2016. – 164 с.
8. Сиволап Ю. М. Генетический полиморфизм злаковых растений при помощи ПЦР с произвольными праймерами / Ю. М. Сиволап, Р. Н. Календарь, С. В. Чеботарь // Цитология и генетика. – 1994. – 28. – № 6. – С. 54 – 61.
  9. Сиволап Ю. М. Использование ПЦР-анализа в генетико-селекционных исследованиях (научно-методическое руководство) / Ю. М. Сиволап, Т. Г. Вербицкая, Н. Е. Кожухова. – К.: Аграрна наука. – 1998. – 160 с.
  10. Смиряев А. В. Генетика популяций и количественных признаков / А. В. Смиряев, А. В. Кильчевский. – М. : КолосС, 2007. – 272 с. – (Учебники и учеб. пособия для студентов высш. учеб. заведений).
  11. Созінов О. О. Сучасні технології у вирішенні традиційних питань генетики та селекції / О. О. Созінов, В. И. Глазко // Цитологія та генетика. – 1999. – Т. 33. – № 6. – С. 53 – 76.
  12. Хлесткина Е. К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции / Е. К. Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4/2. – С. 1044 – 1054.
  13. Хлесткина Е. К. Молекулярные маркеры в генетических исследованиях и в селекции / Е. К. Хлесткина // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2013. – Т. 17. – № 4/2. – С. 1044 – 1054.
  14. Чесноков Ю. В. Молекулярные маркеры и управление генетическими ресурсами растений / Ю. В. Чесноков // Идентифицированный генофонд растений и селекция. – С.Пет.: ВИР. – 2005. – С. 240 – 249.
  15. Шевченко А.І. Яра пшениця м'яка і технологія її вирощування у правобережному лісостепу України / А.І. Шевченко, В.І. Дубовий //Київ. :Аграрна наука - 2011.

## Аннотация

### **ЭКОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ОБРАЗЦОВ РОДА TRITICUM L. К ГЛАВНЫМ ВОЗБУДИТЕЛЯМ БОЛЕЗНЕЙ В ВОСТОЧНОМ ЛЕСОСТЕПИ УКРАИНЫ**

Чуприна Ю.Ю.

*Обобщены результаты изучения 76 образцов пшеницы яровой Национального Центра генетических ресурсов растений Украины, Института растениеводства имени В.Я. Юрьева НААН Украины. по устойчивости к возбудителям септориоза листьев, мучнистой росы, бурой листовой ржавчины. Установлено, что различные признаки устойчивости не были близки друг к другу, что свидетельствует о необходимости направления селекции на устойчивость отдельно к каждому из возбудителей и на этой основе создавать групповую устойчивость. Установлено внутривидовые и межвидовые генетические разнообразия пшеницы яровой на основе морфологических признаков.*

*Успешная селекция устойчивых к болезням растений должна основываться на фундаментальных знаниях по генетической природе устойчивости растения-хозяина и вирулентности патогенов. Современные представления об устойчивости предусматривают существования группы*

генов устойчивости, которые являются специфическими и действуют на первой, детерминантной фазе взаимодействия растения и патогена.

Существующие стратегии селекции на устойчивость преимущественно ограничиваются информацией о генах устойчивости, которые тем или иным способом (преимущественно гибридизацией носителей - сортов, линий и т.д.) привлекают к селекционному процессу с целью получения потомства, устойчивого к болезням, поэтому важна информация о генотипе образцов, является источниками устойчивости к болезням, включая характеристику отдельных генов.

Для изучения генетических основ устойчивости как горизонтальной, так и вертикальной, в последнее время все более популярными становятся системы молекулярных маркеров генов, контролирующих признаков. Хотя перечень известных генов устойчивости к болезням пшеницы постоянно пополняется, их применение отечественными селекционерами для создания устойчивых сортов ограничивается недостаточной информацией о наличии таких генов в сортах или линиях, используемых в селекционном процессе.

## **Abstract**

### **ENVIRONMENTAL ECONOMIC RELATIONSHIP TO TRITICUM L. BEFORE THE BASIC ZBUDNIKIV HVOROB AT THE CONSTRUCTION LISTOPE OF UKRAIN**

Y.Y. Chuprina

*The results of the study of 76 spring wheat samples from the National Center for Plant Genetic Resources of Ukraine, the V.Ya. Yuriev NAAS Ukraine. resistance to pathogens of septoria leaf, powdery mildew, leaf rust. It was established that various signs of resistance were not close to each other, which indicates the need to direct the selection for resistance separately to each of the pathogens and on this basis create group resistance. Intraspecific and interspecific genetic diversity of spring wheat was established on the basis of morphological characters.*

*Successful plant disease-resistant breeding should be based on the fundamental knowledge of the genetic nature of the host plant resistance and the pathogen virulence. Modern concepts of sustainability imply the existence of a group of resistance genes that are specific and act on the first, determinant phase of the interaction between the plant and the pathogen.*

*Existing strategies of selection for resistance are mostly limited to information about resistance genes, which in one way or another (mainly hybridization of carriers — varieties, lines, etc.) are involved in the selection process in order to produce offspring resistant to diseases, therefore information on the genotype of are sources of disease resistance, including the characterization of individual genes.*

*To study the genetic basis of resistance, both horizontal and vertical, recently systems of molecular markers of genes that control characters have become increasingly popular. Although the list of known genes for resistance to wheat diseases is constantly updated, their use by domestic breeders to create resistant varieties is limited by insufficient information on the presence of such genes in the varieties or lines used in the selection process.*

УДК: 633.854.78:631.811.98:631.95(477.7)

## РЕГУЛЯТОРИ РОСТУ РОСЛИН ЯК СКЛАДОВА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ НЕДОСТАТНЬОГО ЗВОЛОЖЕННЯ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

Домарацький О.О., канд. с.-г. наук, доцент,  
Ревтьо О.Я., канд. с.-г. наук, доцент

(ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет»)

*Розглянуто результати досліджень, проведених на темно-каштановому ґрунті з вивчення впливу регуляторів росту рослин Біо-гель, Хелафіт комбі та Міфосат на врожайність соняшнику в умовах недостатнього зволоження Південного Степу України. Встановлено, що досліджувані регулятори росту за одноразового їхнього обприскування під час вегетації на всіх етапах органогенезу за рахунок активізації ростових процесів сприяли покращенню росту, розвитку рослин, посиленню адаптивної здатності рослин соняшнику до несприятливих кліматичних умов та формуванню більшої врожайності насіння соняшнику.*

**Постановка проблеми.** Відомо, що інтенсивні технології вирощування базуються на широкому застосуванні мінеральних добрив та пестицидів, однак неконтрольоване їх використання є економічно невиправданим й екологічно небезпечним. Останнім часом особливої актуальності набуває пошук альтернативних засобів впливу на формування господарсько цінної частини урожаю сільськогосподарських культур. На сьогодні перспективним у цьому напрямку є впровадження у виробництво ріст регулюючих речовин, які у низьких дозах здатні підвищувати потенціал біологічної продуктивності рослин у межах норми реакції генотипу, посилювати їх адаптаційну здатність до стресових чинників навколишнього середовища [5]. Тому розвиток та поглиблення досліджень, спрямованих на розробку досконаліших екологічно-безпечних технологій вирощування основних сільськогосподарських культур, є одним з актуальних і перспективних напрямків.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Застосування екологічно безпечних регуляторів росту рослин є одним із способів підвищення врожайності та якості сільськогосподарської продукції у сучасному рослинництві [1-7].

Використання комплексу біостимуляторів у технологічному процесі вирощування основних сільськогосподарських культур у економічно розвинених країнах дозволяє додатково отримувати близько 20-30% продукції землеробства.

Важливим аспектом дії регуляторів росту є підвищення стійкості рослин до несприятливих факторів навколишнього середовища – високих та низьких

температур, нестачі вологи, фітотоксичної дії пестицидів, пошкодження шкідниками та ураження хворобами, що в кінцевому результаті сприяє значному підвищенню врожайності та поліпшенню якості продукції. [3].

Результати досліджень і виробничої перевірки свідчать про те, що застосування регуляторів росту рослин у землеробстві є одним із найбільш доступних і високорентабельних агрозаходів для підвищення продуктивності основних сільськогосподарських культур та покращення їх якості. За ефективністю нові регулятори росту переважають кращі зарубіжні регулятори, в тому числі Агріскон (США), Вуксал (Німеччина), Лактофол (Болгарія), а також препарати іспанської фірми «Інагоросса» та деякі інші.

Дослідження Інституту мікробіології і вірусології НААН України засвідчили, що при сумісному використанні нових регуляторів росту з пестицидами для протруювання насіння їх дози внесення можливо зменшувати на 20-30% без зниження захисного ефекту, що забезпечує значну економію засобів.

За розрахунками, кожна грошова одиниця, витрачена на закупівлю і внесення регуляторів росту при передпосівній обробці насіння, окуповується прибавками урожаю у дослідях наукових установ у 35-40 разів, при обприскуванні посівів - у 20-25 разів [7].

Дослідженнями більш ніж 30-ти науково-дослідних установ виявлено широку позитивну дію регуляторів росту рослин. Доведено, що нові регулятори росту вітчизняного виробництва за своєю ефективністю відповідають кращим світовим препаратам, а за технологічними показниками і рівнем вартості мають значні переваги [5].

У разі використання регуляторів росту необхідно врахувати те, що вони створені для стимулювання росту, розвитку і підвищення продуктивності певних сільськогосподарських культур при відповідних дозах, строках і способах застосування. Порушення цих вимог може призвести до зниження очікуваного ефекту [5].

**Постановка завдання.** Дослідження проводили з метою вивчення впливу різних регуляторів росту рослин (Біо-гель, Хелафіт комбі, Міфосат) на ріст, розвиток і урожайність соняшнику в умовах недостатнього зволоження Південного Степу України.

Об'єкт дослідження - процеси формування продуктивності соняшнику в умовах Південного Степу України.

Предмет дослідження - гібриди соняшнику вітчизняної селекції (Фаворит, Драган, Конгрес), урожайність насіння; регулятори росту рослин.

Досліди проводились в 2017 - 2018 роках на дослідному полі ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» розташованому в Корабельному районі м. Херсона.

Вміст основних елементів живлення в орному шарі ґрунту є недостатнім

для одержання високих урожаїв сільськогосподарських культур. Забезпеченість ґрунту доступними поживними речовинами характеризується такими агрохімічними показниками: вміст легкогідролізуємого азоту – 2,8-4,3 мг, нітратів – 0,28-1,36 мг, поглиненого амонію – 0,38-0,42 мг, рухомих форм фосфору (за Мачигінім) – 3,6-4,0 мг, обмінного калію – 25,4-29,2 мг/100 г ґрунту.

Вегетація рослин соняшнику протягом сезону 2017 року проходила майже весь час в стресових умовах. Погодні умови відзначились високими температурами повітря, дефіцитом ефективних опадів та інтенсивною втратою вологи з ґрунту. Погодні умови 2018 року також характеризувалися високими температурами повітря, незначною кількістю опадів і низькою відносною вологістю повітря.

Агротехніка вирощування соняшника була загальноприйнятою для умов Південного Степу України за винятком досліджуваних факторів. Обробіток регуляторами росту здійснювався обприскуванням рослин під час вегетації рослин у фазу 6-8 листків.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Застосування будь-якого, в тому числі й нового, агротехнічного прийому має на меті підвищення продуктивності вирощуваної культури та збільшення врожаю з одиниці площі. Реалізація даного завдання забезпечується шляхом впливу на процеси життєдіяльності рослин, їх ріст, розвиток, особливості використання сонячної радіації, вологи, елементів живлення.

Дослідженнями, які проводилися на дослідному полі ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет» встановлено, що регулятори росту рослин Біо-гель, Хелафіт комбі та Міфосат за одноразового обприскування рослин під час вегетації у фазу 6-8 листків культури сприяли покращенню росту, розвитку рослин та формуванню врожайності насіння соняшнику.

Застосування досліджуваних регуляторів росту забезпечувало кращу активність росту. Так, при використанні регуляторів росту, висота рослин була на 2-4 см більшою, ніж на контролі у гібрида Фаворит, на 4-6 см – у Драгана та на 3-6 у Конгреса. Також збільшувалася і кількість листків на рослині. І найбільшою була при обробітку рослин соняшнику препаратом Біо - гель – 24-25 шт. на 1 рослину.

Процеси формування асиміляційної поверхні рослинами великою мірою визначаються їх фенотипом. Але, звичайно ж, великий вплив на даний показник мають також і умови вирощування.

Проведені у фазу фізіологічної стиглості виміри діаметру кошику досліджуваних гібридів показали, що вплив на його розмір мали всі досліджувані регулятори росту рослин. Але найсуттєвішим, як свідчать результати вимірів, був вплив регулятора росту Біо-гель. Діаметр кошика гібриду Фаворит за обробки рослин цим регулятором росту склав 19,7 см, гібриду Драган – 21,5 см, Конгрес – 21,9 см, що на 9-13 % більше, ніж на контролі. Розмір кошиків



зумовлювався, звичайно ж, і фенотипічними особливостями гібриду.

Відносно дії регуляторів росту рослин на зміну маси 1000 насінин, то всі досліджувані препарати тією чи іншою мірою впливали на даний показник.

Обробіток посівів Біо-гелем, Хелафітом комбі та Міфосатом забезпечувало масу 1000 насінин на рівні 60-65 г, в той час як на контролі середній показник маси 1000 насінин – 57-60 г.

Серед гібридів кращим відносно крупності насіння виявився Драган, з масою 1000 насінин – 60-65 г. Щодо інших гібридів, то у них показники виявились ненабагато гіршими: у Фаворита – 57-62 г, у Конгреса – 60-64 г.

Визначення окремих біометричних показників рослин підтвердило, що вони мають тенденцію до зростання під дією досліджуваних регуляторів росту.

Урожайність є основним показником, за яким оцінюють певний агротехнічний захід. Урожайність інтегровано відображає всі сторони впливу певного регулятора на ріст і розвиток рослин, а в кінцевому результаті впливає на продуктивність соняшнику.

Досліджувані гібриди відносяться до однієї групи стиглості, а тому знаходились в рівних умовах щодо впливу на них агротехнічних факторів.

Результати досліджень свідчать, що регулятори позитивно впливали на прискорення росту і розвитку посівів соняшнику, сприяли росту продуктивності. Аналізуючи дані, отримані у дослідгах, можна констатувати, що врожайність насіння соняшнику коливалась в межах 16,7–24,4 ц/га залежно від дії досліджуваних факторів (табл. 1).

Таблиця 1 - Вплив регуляторів росту на урожайність насіння соняшнику  
(середнє за 2017-2018 рр.)

№ з/п	Регулятори росту рослин	Урожайність, ц/га	Збільшення (зниження) врожаю ±, ц/га
Фаворит			
1	Вода-контроль	16,7	-
2	Біо-гель	19,5	2,8
3	Хелафіт комбі	18,6	1,9
4	Міфосат	18,9	2,2
Драган			
5	Вода-контроль	20,4	-
6	Біо-гель	23,6	3,2
7	Хелафіт комбі	22,3	1,9
8	Міфосат	22,5	2,1
Конгрес			
9	Вода-контроль	21,3	-
10	Біо-гель	24,4	3,1
11	Хелафіт комбі	22,9	1,6
12	Міфосат	23,0	1,7

НІР<sub>05</sub>, ц/га:

Фактор А – 0,51; Фактор В – 0,59; Взаємодія АВ – 1,02.

Навіть одноразова обробка рослин регуляторами росту сприяла суттєвому зростанню урожаю, яке коливалось у соняшника Фаворит від 1,9 до 2,8 ц/га; у Драгана - від 1,9 до 3,2 ц/га та у Конгреса – від 1,6 до 3,1 ц/га. Найбільшу врожайність одержано за обробки регулятором Біо-гель, яка складає 19,5 – 24,4 ц/га, приріст урожайності – 2,8-3,2 ц/га (рис. 1). Позитивним було і оброблення рослин регуляторами росту Міфосат та Хелафіт комбі.

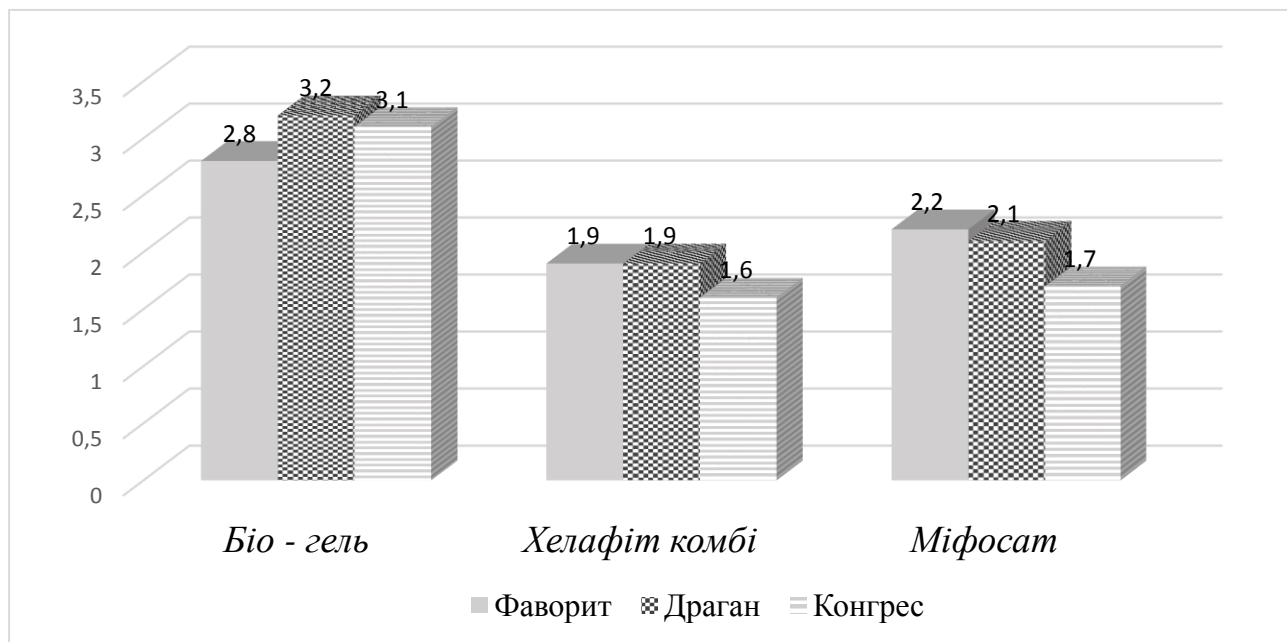


Рис. 1. Прибавка урожайності насіння соняшнику залежно від досліджуваних регуляторів росту рослин

**Висновки.** Активізація ростових процесів рослин соняшнику досліджуваними препаратами за одноразового обприскування рослин під час вегетації сприяла підвищенню формуванню листкової поверхні, посиленню адаптивної здатності рослин соняшнику до несприятливих кліматичних умов і отриманню більшої врожайності. Найсуттєвішим, як свідчать результати досліджень, був вплив регулятора росту Біо-гель. Реалізація потенціальної можливості рослин соняшнику за рахунок застосування регулятора росту Біо-гель може збільшити продуктивність посівів соняшнику на 2,8 – 3,2 ц/га.

#### Список використаних джерел

1. Анішин Л.А., Жилкін В.А., Пономаренко С.П. Рекомендації по застосуванню регуляторів росту рослин у сільськогосподарському виробництві України. – К.: Високий урожай, 2001. – 20 с.
2. Дисперсійний і кореляційний аналіз результатів польових дослідів : монографія / [ Ушкаренко В. О., Нікішенко В. Л, Голобородько С. П., Коковіхін С. В.]. – Херсон : Айлант, 2009. – 372 с. : іл.
3. Застосування регуляторів росту рослин [Електронний ресурс] // Синтетичні регулятори росту рослин – Режим доступу до ресурса: [http://rostroslun.blogspot.com/p/blog-page\\_71.html](http://rostroslun.blogspot.com/p/blog-page_71.html).
4. Клименко І. І. Вплив регуляторів росту рослин і мікродобрив на

- урожайність насіння ліній та гібридів соняшнику / І. І. Клименко // Селекція та насінництво. – 2015. – Вип. 107. – С. 183-188.
5. Покопцева Л.А. Використання регуляторів росту рослин для передпосівної обробки насіння соняшнику гібриду Армада / Покопцева Л.А., Єременко О.А., Булгаков Д.В.. // Вісник аграрної науки Причорномор'я. – 2015. – Вип.4. - С. 127–135.
  6. Федорчук М.І., Березовський Ю.П., Онищенко С.О./Науково-практичні основи формування високопродуктивних агропромислових систем в умовах півдня України: Монографія/за ред. професора М.І. Федорчука. – Херсон: Айлант, 2011.-158с.
  7. Черячукін М. Регулятори росту рослин [Електронний ресурс] / М. Черячукін, О. Андрієнко, О. Григор'єва // Агробізнес Сьогодні. – 2011. – Режим доступу до ресурса: <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/109-rehulatory-rostu-roslin.html>.]

## Аннотация

### **РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА РАСТЕНИЙ КАК ЭЛЕМЕНТ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ ВЫРАЩИВАНИИ ПОДСОЛНЕЧНИКА В УСЛОВИЯХ НЕДОСТАТОЧНОГО УВЛАЖНЕНИЯ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ**

Домарацкий А.А., Ревтьо О.Я.

*Рассмотрены результаты исследований, проведенных на темно-каштановых почвах по изучению влияния регуляторов роста растений Био-гель, Хелафит комби и Мифосат на урожайность подсолнечника в условиях недостаточного увлажнения Южной Степи Украины. Установлено, что исследуемые регуляторы роста при однократном их опрыскивании в период вегетации на всех этапах органогенеза за счет активизации ростовых процессов способствовали улучшению роста, развития растений, усилению адаптивной способности растений подсолнечника к неблагоприятным климатическим условиям и формированию большей урожайности подсолнечника.*

## Abstract

### **PLANTGROWTH REGULATORS AS A COMPONENT OF ENVIRONMENTAL SAFETY IN SUNFLOWER CULTIVATION UNDER CONDITIONS OF INSUFFICIENT MOISTURE IN THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE**

O. Domaratskyi, O. Revto

*The paper considers the results of the research conducted on dark chestnut soil to examine the influence of the growth regulators Bio – gel, Khelafit combi and Mifosat on sunflower yields under conditions of insufficient moisture of Southern Steppe in Ukraine. It was determined that the growth regulators under study when sprayed once during the growing season at all stages of organogenesis promote the plant growth, development and increase sunflower adaptive abilities to unfavorable climatic conditions and forming of higher due to the activation of growth processes yields of sunflower seeds.*

**ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ПЕРМАКУЛЬТУРИ НА ПРИКЛАДІ ПП  
«АГРОЕКОЛОГІЯ»**

**Гармаш О.І., аспірант**

*(Полтавська Державна Аграрна Академія)*

*У статті розглядається поняття пермакультури як системи дизайну ціл'я якого полягає в організації простору, на основі екологічно доцільних моделей. Штучно створені пермакультурні системи мають всі ознаки природних екосистем – біологічну різноманітність, стабільність і здатність до відновлення. При цьому пермакультура займається не тільки вирощування продуктів харчування, але і створення будівель, інфраструктури, всіх компонентів навколишнього світу. Розкриваються основні принципи пермакультурного дизайну та розглядається їх використання при створенні екологічного поселення на прикладі ПП «Агроєкологія». Подаються відомості про ПП «Агроєкологія» як сільськогосподарське підприємство, що забезпечує виробництво екологічно чистих та безпечних продуктів харчування. Аналізуються основні здобутки ПП «Агроєкології» як господарства з особливою системою ведення сільськогосподарського виробництва, де впровадження органічної системи землеробства сприяло вирішенню агрономічних, тваринницьких, економічних і соціальних проблем, що забезпечило стійкий розвиток господарства. Розкривається суть унікальної ґрунтозахисної системи органічного землеробства з мінімізацією обробітку ґрунту, не застосовуючи а ні хімічних засобів захисту рослин, а ні мінеральних добрив, що сприяє збереженню і підвищенню родючості ґрунту і сприяє захисту і відновленню навколишнього середовища. У статті подається власне визначення поняття «Екологічного поселення» як регіонального поселення, що інтегрує в собі екологічний, економічний, соціальний та культурний аспекти сталого розвитку з метою відновлення соціального і природнього середовища і відповідає етнічним особливостям народу, який проживає на даній території.*

**Ключові слова:** *Пермакультура, пермакультурний дизайн, принципи пермакультурного дизайну, екопоселення, органічне землеробство, ґрунтозахисна система органічного землеробства.*

**Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок з важливими науковими завданнями.** За оцінками Продовольчої та сільськогосподарської організації ООН (FAO), сучасне промислове землеробство уже призвело до деградації однієї п'ятої частини всіх ґрунтів і, як наслідок, близько 75% різноманіття сільськогосподарських культур було втрачено в період з 1900 по 2000 р. За прогнозами до 2055 р. від 16 до 22% видів важливих продовольчих рослин внаслідок зміни клімату можуть зникнути. Різке падіння врожайності

сільськогосподарських культур на фоні збільшення чисельності населення призвело до того, що наразі близько 850 мільйонів людей на планеті страждають від хронічного недоїдання.

Негативні наслідки інтенсифікації землеробства сприяли розвитку альтернативного землеробства, яке виникло за кордоном на початку 60-х років минулого століття. Його суть полягає у повній або частковій відмові від синтетичних добрив, пестицидів, регуляторів росту та кормових добавок. Комплекс агротехнічних заходів ґрунтується на суворому дотриманні сівозмін, введенні до їх складу бобових культур, збереженні рослинних решток, застосуванні гною, компостів і сидератів, проведенні механічних культивацій, захисту рослин біологічними методами. Метою альтернативного землеробства є одержання продукції, що не містить залишків хімікатів, збереження ґрунтової родючості і охорона навколишнього середовища. [1]

Одним із напрямків альтернативного землеробства є перманентне сільське господарство, яке передбачає створення штучних екосистем і максимальне відновлення природного ландшафту, а впроваджують його, зазвичай у екологічних поселеннях - альтернативних поселеннях, в яких людина була б економічно, екологічно і соціально незалежною і існувала б в гармонії із природою, не завдаючи їй шкоди.

**Аналіз останніх джерел і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми.** Систему "довготривалого сільського господарства" (англ. Permanent agriculture), розробили Біл Моллісон і Девід Холмгрен у 1974 році, досліджуючи природні екосистеми і традиційні сільськогосподарські практики багатьох народів світу. Також свій вклад у розвиток пермакультури внесли аграрій-революціонер зі світовим ім'ям Зепп Хольцер і японський фермер-філософ – Масанобу Фукуока. [4]

На Полтавщині питанням альтернативного землеробства займалися такі видатні вчені як Моргун Ф.Т. котрий на початку 70-х років двадцятого століття експериментально запровадив безвідвальне землеробство, Шикула М.К., котрий науково обґрунтував доцільність ґрунтозахисних технологій, та найбільший внесок у ґрунтозахисне органічне землеробство зробив Герой України Антоненко С.С., керівник ПП «Агроекологія», на ланах якого вже понад 40 років не орють землю та не використовують ні хімічних засобів захисту рослин, ні синтетичних мінеральних добрив. [1]

Хоча ідея створення альтернативних поселень, не нова, перші екопоселення зародилися лише у 80-х роках ХХ століття. Відомими зарубіжними дослідниками цього питання є Гілман Р., Крістіан Д., Волкер Л.В. В Україні екопоселення з'явилися на початку ХІХ століття і є маловивченим екосоціальним явищем. Серед російських дослідників це питання вивчають: Кулясов І.П., Кулясова А.А., Шубін О.В., Задорін І.В. і його незалежна дослідницька група ЦИРКОН. В Україні цим питанням займається Писаренко П.В., Самойлік М.В., Бардакова О.О. [3]

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким**

**присвячується стаття.** Як вже зазначалось, альтернативне землеробство виникло нещодавно, і є недостатньо вивченим явищем. На нашу думку, альтернативне органічне землеробство має трансформуватися в наступну стадію - перманентне сільське господарство, розвиток якого можливий лише в екологічному поселенні, заснованому на принципах пермакультурного дизайну. На сьогодні в світі і Україні зокрема не існує повністю самодостатнього екопоселення, тож саме в створенні такого екопоселення і полягає унікальність даного дослідження.

**Мета і завдання дослідження.** Проаналізувати основні здобутки ПП «Агроєкології» та розкрити суть унікальної ґрунтозахисної системи органічного землеробства. Розкрити поняття пермакультури як системи дизайну ціль якого полягає в організації простору, на основі екологічно доцільних моделей. Виявити основні принципи пермакультурного дизайну та розглянути їх використання при створенні екологічного поселення на прикладі ПП «Агроєкологія».

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** В Україні існує сільськогосподарське підприємство, яке займається вирощуванням рослинної та тваринної органічної продукції — ПП «Агроєкологія» Шишацького району, Полтавської області. Воно відомо тим, що понад 40 років виробляє екологічно безпечну продукцію для дитячого, лікувального та профілактичного харчування. У цьому господарстві десятками років не застосовують при вирощуванні сільськогосподарських культур агрохімікатів. На 8,0 тис. га. оздоровленої землі щорічно виробляють 900 тонн екологічно безпечного м'яса та понад 9 тис. тонн молока. [1]

У господарстві впроваджують ґрунтозахисну систему органічного землеробства з мінімізацією обробітку ґрунту, не застосовуючи а ні хімічних засобів захисту рослин, а ні мінеральних добрив. Основними принципами ґрунтозахисної системи органічного землеробства в ПП «Агроєкологія» є:

- мінімізація обробітку ґрунту, за якою обробіток під усі культури сівозміни ведеться на глибину посівного ложа до 4,5 см;
- застосування безплужного обробітку ґрунту, при цьому використовуються широкозахватні важкі дискові борони та широкозахватні важкі культиватори, кільчасто-шпорові котків і зернові пресові сівалки або сівалки прямого висіву;
- проводиться моделювання оптимальної структури посівів за рахунок сівозмін;
- не застосовуються синтетичні мінеральні добрива;
- родючість ґрунту відтворюється і підтримується за рахунок органічних добрив - гною, побічної малоцінної продукції рослинництва (солома зернових і зернобобових, подрібнені стебла соняшнику, кукурудзи, сорго, гичка), а поверхня ґрунту мульчується післяжнивними рештками;
- використання сидеральних культур для збагачення ґрунту органікою, на швидкоперепріваючій масі сидератів добре розмножуються корисні гриби

та бактерії, які використовуються в якості азотних добрив;

- застосування мікробіологічних препаратів, особливо азотфіксуючих та фосформобілізуючих мікроорганізмів;
- застосовуються агротехнічні заходи для захисту посівів від бур'янів (культивация, напівпар) і посіви післяжнивних сидератів із хрестоцвітих, які мають алелопатичний вплив на бур'яни;
- захист посівів від шкідників і хвороб здійснюється агротехнічними, профілактичними і біологічними методами, а чисельність комах, які поїдають шкідників на полях, утричі більша порівняно з полями, де вирощують культури за інтенсивними технологіями;
- хімічні засоби захисту рослин не використовуються. [1, 5].

Впровадження цієї унікальної ґрунтозахисної органічної системи землеробства сприяло створенню оптимальних умов життєдіяльності ґрунтової біоти і відтворенню природної родючості ґрунту, що забезпечило:

- накопичення у верхньому шарі ґрунту максимальної кількості органічної речовини;
- запобігання знищенню мікроканалів, утворених корінням рослин і ґрунтовою біотою;
- збереження капілярності ґрунту;
- ґрунт накопичує і утримує в собі вологу;
- високу мікробіологічну активність ґрунту;
- уникнення загрози утворення кірки на поверхні ґрунту (поверхня ґрунту вкрита шаром насиченої органіки, яка і захищає її за принципом лісової підстилки). [2]

Для успішного функціонування ґрунтозахисної органічної системи землеробства необхідні великі об'єми органічних добрив, саме тому розвинутий сектор тваринництва даного господарства дозволяє максимально ефективно вирішити цю проблему. Таким чином, органічне землеробство і тваринництво перебувають у своєрідному симбіозі. [2]

Поряд з тим, що в ПП «Агроекологія» застосовується унікальна ґрунтозахисна система органічного землеробства, на нашу думку, наступним кроком для розвитку даного господарства має бути перетворення його на екологічне поселення.

**Екологічне поселення (екопоселення)** — це альтернативне або традиційне поселення, створене для регіональної інтеграції екологічного, економічного, соціального та культурного аспектів сталого розвитку з метою відновлення соціального і природнього середовища і відповідає етнічним особливостям та традиціям того народу, який мешкає на даній території. [3]

На сьогодні в Україні не існує такого екопоселення, яке б повністю могло б відповідати принципам сталого розвитку і бути самодостатнім. Саме тому, якби жителі с. Михайлики, Харенки і Порскалівка, на території яких розташоване дане господарство, об'єдналися, то є реальний шанс створити з ПП «Агроекологія» справжнє екологічне поселення, яке буде функціонувати на

принципах пермакультурного дизайну, і забезпечить створення повноцінної агроєкосистеми, яка матиме біологічну різноманітність, стабільність і здатність до відновлення.

Дані принципи пермакультурного дизайну є універсальними, тобто їх можна застосовувати в умовах будь-якого клімату і при будь-якому масштабі виконуваних робіт, що ідеально підійде для перетворення ПП «Агроєкологія» на екопоселення «Агроєкологія»:

1) Спостереження та взаємодії (перш ніж займатися проектуванням територій, потрібно поспостерігати за ділянкою певний час, проаналізувати всі ресурси, доступні на ділянці, створити пермакультурну екосистему і розрахувати довготривалість наслідків своїх дій, зробивши все можливе для забезпечення стабільності).

2) Рациональне розташування елементів системи, для їх успішної взаємодії один з одним. (Потрібно організувати взаємозв'язок між усіма елементами таким чином, щоб потреби одного елемента задовольнялися за рахунок виробленого іншим елементом).

3) Багатофункціональність: кожен елемент системи здійснює безліч функцій і кожна важлива функція здійснюється за рахунок багатьох елементів. (Першочергові потреби в таких компонентах, як вода, їжа, енергія і пожежна безпека, повинні забезпечуватися за рахунок декількох джерел).

4) Ефективне енергопланування території по зонам і секторам (елементи розміщуються в залежності від інтенсивності використання (зони), з метою контролю над зовнішніми енергіями (сектори), а також з урахуванням ефективного напрямку потоку енергії).

5) Рациональне і ефективне використання енергії, робота з відновлюваними джерелами енергії, рециркуляція (система повинна забезпечувати самодостатність на всіх рівнях, використовуючи ефективно накопичену і збережену енергію таким чином, щоб підтримати функціонування системи і отримати ще більше енергії, при цьому елементи розміщуються таким чином, щоб використовувати, енергію що надходить з користю для себе; важливо зупинити витік енергії і поживних речовин за межі конкретного місця і замість цього надати процесу циклічний характер).

6) Використання біологічних ресурсів (Тварини і рослини використовуються з метою забезпечення паливом і добривами, для рихлення ґрунту, у боротьбі з шкідниками та бур'янами, для розширення природного місця існування, для вентиляції ґрунту, для забезпечення пожежної безпеки, для контролю над ерозією; при цьому бажано використовувати місцеві регіональні сорти рослин і породи тварин).

7) Використання природних потоків і круговоротів (В природі екосистеми розвиваються і змінюються з плином часу, тому доцільно активізувати цей природний процес і направити його в потрібне русло, що дозволить пройти необхідні ступені розвитку в значно коротший термін).

8) Інтенсивне використання систем на малій площі (Дизайн системи



повинен бути орієнтований на можливість виконання всіх її функцій в найменшому масштабі, територія використовується ефективно і продумано, створюються ярусні посадки з врахуванням накладання у часі).

9) Застосування різноманітності видів (Полікультура сприяє зниженню чутливості до шкідників, погодних умов, знижує залежність від ринкової системи і сприяє самодостатності в домашньому господарстві, гарантуючи різноманіття товарів і послуг, стратегія полягає в тому, щоб розкидати різні врожаї за часом, в залежності від дозрівання, щоб в будь-який час року система продовжувала виробляти продукцію).

10) Використання ефекту кромки і природних патернів (Використання ефекту кромки підвищує стабільність і продуктивність системи завдяки тому що кромка розташовується на кордоні між двома різними середовищами і об'єднує в собі ресурси обох екосистем).

11) Не створювати відходи (Забруднення – це відходи компонента системи, які не використовуються продуктивно іншими компонентами системи).

12) Дизайн від загального до окремого (Працюючі складні системи – результат еволюції простих працюючих систем, тому пошук відповідного патерну важливіший для успішного дизайну, ніж розуміння всіх деталей і елементів системи.) [4, 6, 7].

Принципи пермакультури екопоселення «Агроекологія» охоплюють не тільки вирощування продуктів харчування і тваринництвом, але і створення будівель, інфраструктури, всіх компонентів навколишнього світу і життєвий простір кожного жителя цього поселення. Тому пермакультура, перш за все, є системою правильної організації компонентів агроекосистеми. Використання принципів пермакультури в екопоселенні, означає ведення сільського господарства в природній натуральній формі, основу якої складає робота з круговоротами і взаємозв'язками в природі.

Перманентне сільське господарство передбачає максимальне відновлення природного ландшафту, тому створюються тривимірні земляні споруди - високі горбисті та плоскі гряди для захисту від вітру, кратерні сади і теплові лопушки, і поглиблення для накопичення вологи, як це зазвичай є в живій природі. В такому ландшафті відновлювальні сили природи починають працювати в повну силу. Завдяки пермакультурним спорудам у екопоселенні можна створити більш вологий мікроклімат, через систему ставків, здатних функціонувати навіть в посушливій місцевості. [8]

Тож при створенні екопоселення необхідно:

Привести в порядок баланс водних ресурсів (Відрегульований водний баланс - основа для вирощуванні будь-яких продуктів харчування без застосування добрив. Він підтримує видове різноманіття, а за рахунок цього і симбіози взаємодій, а також запобігає втраті земель в результаті опустелювання і повеней.

Скасувати промислове тваринництво (В умовах пермакультури і симбіотичного сільського господарства тварини міцно займають своє місце в

природному кругообігу, в таких умовах їх можна вважати співробітниками).

Освоїти більше площ (Більшість територій можна знову зробити орними, якщо застосовувати природо доцільні методи господарювання).

Збільшити площі (За рахунок оформлення земельних площ у вигляді кратерів садів, горбистих грядок і терас, можна збільшувати корисну площу і отримувати більше продуктів харчування).

Підвищити продуктивність (Продуктивність будь-якої площі можна істотно підвищити, якщо працювати у співпраці з Природою і брати до уваги кілька простих факторів: симбіози взаємодій, ступінчасту структуру посадок, обробку непридатних для машинної техніки площ за допомогою тварин, перш за все свиней і курей).

Регіональне, а не глобальне постачання повинно стати пріоритетним, щоб знизити шкідливий вплив транспортних шляхів на навколишнє середовище і забезпечити незалежність від інтриг концернів, від несправедливих принципів розподілу, від постанов про ввезення і вивезення [8].

Екопоселення «Агроекологія» має стати втіленням різноманіття, в умовах якого і люди, і тварини, і рослини будуть відчувати себе комфортно.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розробок у даному напрямку.** Альтернативне землеробство, яке виникло в 60-х роках двадцятого століття, не є якоюсь особливою системою, це концепція, новий підхід до землеробства. Одним із напрямків альтернативного землеробства є пермакультура – система екологічного дизайну ціль якого полягає в організації простору, на основі екологічно доцільних моделей. Основа ідея пермакультури полягає в тому, щоб створити агроєкосистему по типу лісової екосистеми, де всі елементи живої і неживої природи утворюють стійкі взаємозв'язки і стабільно функціонують. Це досягається через великий видовий склад рослин, тварин і мікроорганізмів, що її утворюють, та численними корисними взаємозв'язками між ними.

В даній статті ми в повній мірі розкрили принципи пермакультурного дизайну та висвітлили їх роль у створенні екологічного поселення на прикладі ПП «Агроекологія». Дане господарство було обране нами як майбутнє підґрунтя екопоселення по ряду причин, основними з яких є: прагнення колективу підприємства до змін та постійне вдосконалення його діяльності, виробництво екологічно чистих та безпечних продуктів харчування; застосування передових ґрунтозахисної технологій, що забезпечило стійкий розвиток господарства.

Робота по цьому питанню буде продовжена. Наразі планується відвідати ПП «Агроекологію» з метою створення графічної моделі майбутнього екологічного поселення і провести ознайомчі бесіди з населенням с. Михайлики, Харенки і Порскалівка, на території яких розташоване дане господарство, з метою їх об'єднання і створення екопоселення.

## Список використаних джерел

1. Антоненко С.С., Антоненко С.А., Писаренко В.М. та ін. Органічне землеробство

- з досвіду ПП «Агроекологія» Шишацького району, Полтавської області. Практичні рекомендації. – Полтава:РВВ ПДАА, 2010. – 200с.
2. Антоненць С.С., Писаренко В.М. Коли Україна зрозуміє свою планетарну місію? // Вісник Полтавської державної аграрної академії. - 2011. - № 2. - С. 4-6.
  3. Гармаш О.І., Писаренко П.В. Етнографічні особливості українського народу та їх роль в створенні екопоселень на території України // Вісник Полтавської державної аграрної академії. - 2016. - № 4. - С. 83-88.
  4. Гармаш О.І. Пермакультура як альтернативний метод ведення землеробства // Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції «Екологічно безпечне, високопродуктивне використання ґрунту та застосування добрив» — Уманський НУС: Редакційно-видавничий відділ, 2017. — С. 101-103.
  5. Кошова Л.М., Мерефа А.С. Міжнародний аспект впровадження інноваційних технологій у виробництво екологічно чистої продукції ПП «Агроекологія» // Всеукраїнський науково-виробничий журнал Інноваційна економіка - 2010. - № 5. - С. 23-26.
  6. Моллисон Б. Введение в Пермакультуру / Б. Моллисон, Р.М. Слей – Москва, 2011. – 218 с.
  7. Холмгрен Д. Пермакультурные принципы и пути за пределы устойчивости [Електронний ресурс] / Дэвид Холмгрен // Пермакультура в России и за рубежом: практические решения для самодостаточной жизни. – 2013. – Режим доступа до ресурсу: [https://docviewer.yandex.ua/?url=ya-disk-public%3A%2F%2F3EH4UNEqt5hLhQXECQ7DAUHGoAvTx17XKXX7vhQhYgE%3D&name=Suchnost\\_Permakultury\\_David\\_Holmgren.pdf&c=588225d9c254](https://docviewer.yandex.ua/?url=ya-disk-public%3A%2F%2F3EH4UNEqt5hLhQXECQ7DAUHGoAvTx17XKXX7vhQhYgE%3D&name=Suchnost_Permakultury_David_Holmgren.pdf&c=588225d9c254).
  8. Хольцер З. Пустыня или рай / Зепп Хольцер. – Киев: Издательский дом «Зерно», 2012. – 344 с.: ил.

## **Аннотация**

### **ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ПРИНЦИПОВ ПЕРМАКУЛЬТУРЫ НА ПРИМЕРЕ ЧП «АГРОЭКОЛОГИЯ»**

Гармаш О.И.

*В статье рассматривается понятие пермакультуры как системы дизайна цель которого заключается в организации пространства на основе экологически целесообразных моделей. Искусственно созданные пермакультурного системы имеют все признаки естественных экосистем – биологическое разнообразие, стабильность и способность к восстановлению. При этом пермакультура занимается не только выращивание продуктов питания, но и создание зданий, инфраструктуры, всех компонентов окружающего мира. Раскрываются основные принципы пермакультурного дизайна и рассматривается их использования при создании экологического поселения на примере ЧП «Агроэкология». Подаются сведения о ЧП «Агроэкология» как сельскохозяйственное предприятие, обеспечивающее производство экологически чистых и безопасных продуктов питания. Анализируются основные достижения ЧП «Агроэкологии» как хозяйства с особой системой ведения сельскохозяйственного производства, где внедрение*

*органической системы земледелия способствовало решению агрономических, животноводческих, экономических и социальных проблем, что обеспечивает устойчивое развитие хозяйства. Раскрывается суть уникальной почвозащитной системы органического земледелия с минимизацией обработки почвы, не применяя ни химических средств защиты растений, ни минеральных удобрений, что способствует сохранению и повышению плодородия почвы и способствует защите и восстановлению окружающей среды. В статье дается собственное определение понятия «Экологического поселения» как регионального поселения, которое интегрирует в себе экологический, экономический, социальный и культурный аспекты устойчивого развития с целью восстановления социального и природной среды и соответствует этническим особенностям народа, проживающего на данной территории.*

**Ключевые слова:** *Пермакультура, пермакультурный дизайн, принципы пермакультурного дизайна, экоселение, органическое земледелие, почвозащитная система органического земледелия.*

## **Abstract**

### **USE OF PERMECULATION PRINCIPLES ON THE PRIVATE ENTERPRISE "AGROECOLOGY"**

Garmash O.I.

*The article deals with the concept of permuculture as a design system whose goal is to organize space, based on environmentally appropriate models. Artificially created permaculture systems have all the signs of natural ecosystems - biological diversity, stability and ability to recover. At the same time permaculture is engaged not only in the cultivation of food, but also in the construction of buildings, infrastructure, all components of the surrounding world. The basic principles of permaculture design are revealed and their use is used in creating an ecological settlement on the example of PE «Agroecology». Information about PE «Agroecology» as an agricultural enterprise providing production of environmentally friendly and safe foodstuffs is provided. The main achievements of PE «Agroecology» as an economy with a special system of agricultural production are analyzed, where the introduction of the organic farming system contributed to the solution of agronomic, livestock, economic and social problems, which ensures sustainable development of the economy. The essence of the unique soil protection system of organic agriculture with the minimization of soil cultivation, not using either chemical protection products of plants, or mineral fertilizers, which contributes to the preservation and increase of soil fertility and promotes the protection and restoration of the environment. The article provides an own definition of the concept of «Ecological settlement» («ecovillage») as a regional settlement integrating ecological, economic, social and cultural aspects of sustainable development in order to restore the social and natural environment and correspond to the ethnic characteristics of the people living in this territory.*

**Key words:** *Permaculture, permaculture design, principles of permaculture design, ecological settlement, organic farming, soil protection system of organic agriculture.*

**ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ  
НА ЛАБОРАТОРНИЙ БІОГАЗОВІЙ УСТАНОВЦІ**

**Скляр О.Г., к.т.н., проф., Скляр Р.В., к.т.н., доц., Григоренко С.М., інж.**  
(Таврійський державний агротехнологічний університет)

*Для ефективної анаеробної переробки перепелиного посліду розроблені методи та програма досліджень на лабораторній експериментальній установці, де, окрім посліду, в якості рослинної частки застосовується макуха рицини. Метанове бродіння перепелиного посліду є ефективним способом його утилізації, що дозволяє отримати біогаз, високоякісне органо-мінеральне добриво та покращити стан навколишнього природного середовища. У дослідженнях з анаеробної переробки відходів птахівництва повідомляється про те, що високий вміст азоту часто викликає проблеми пов'язані з токсичністю амонійного азоту для анаеробних мікроорганізмів. При проведенні такої обробки пташиний послід має ряд особливостей. Однією з таких особливостей є низьке співвідношення між C/N. За таких умов відбувається інгібування метанової ферментації амонійним азотом та аміаком. З метою інтенсифікації метанової ферментації пташиного посліду, доцільним є вилучення аміаку в процесі обробки. За своїми фізичними та хімічними властивостями послід не дуже добре підходить для анаеробного зброджування, проте ряд дослідників повідомили про успішну роботу систем виробництва біогазу з пташиного посліду. Більшість з них були розроблені для роботи у мезофільному режимі (близько 35°C). Методи та способи переробки перепелиного посліду залежать від властивостей і складу вихідної сировини, а також від цілей переробки та виду кінцевих продуктів. Дослідження процесу метанового бродіння в періодичному режимі дозволяє вирішити поставлені в даній роботі задачі досліджень, а тому його реалізовано в даній роботі. При цьому, з огляду на те, що сумісне метанове бродіння перепелиного посліду та рослинних відходів є апробованою промисловою технологією, робиться припущення, що досліджені експериментально та змодельовані числові показники виходу біогазу будуть корелюватись між собою з достатнім рівнем достовірності, а фізико-хімічний склад суміші таких субстратів буде мати неістотний вплив на стабільність процесу в межах робочих режимів біореактора проточного типу.*

**Основна частина.** Зростання кількості птахофабрик спричиняє значний екологічний ефект на навколишнє середовище. Основним забрудником довкілля є пташиний послід, нераціональне поводження з яким негативно впливає на стан всіх геосфер.

Методи та способи переробки пташиного посліду залежать від властивостей і складу початкової сировини, а також від цілей переробки та виду

кінцевих продуктів [1-3].

Хасан і співавт. для оптимального виробництва біогазу рекомендують використовувати послід з кількістю сухих речовин 4,6–7,6%, за температури 35°C. Також повідомляється, що додавання речовин, що містять легко доступний вуглець і збільшення кількості посівного матеріалу інтенсифікує процес [4].

Ґрунтуючись на аналізі доповідей про анаеробне зброджування і виробництво біогазу з пташиного посліду, Сміт рекомендує використовувати співвідношення C:N на рівні 16:1, 40-денний час утримання, швидкість завантаження 2,4 кг сухих органічних речовин в день на м<sup>3</sup> біогазової установки, об'єм реактора – 3,86 м<sup>3</sup> на 1000 кг живої ваги тварин [4].

Інгібуєчий ефект аміачного азоту був показаний рядом авторів (наприклад, P.L. McCarty і R.E. McKinney, P.N. Hobson і B.G. Shaw, J.W. Koster і G. Lettinga). Проте неодноразово показано, що метаногени можуть адаптуватися до підвищення концентрації амонійного азоту.

Ряд дослідників повідомили про успішну роботу систем виробництва біогазу з пташиного посліду. Більшість з них були розроблені для роботи у мезофільному режимі (близько 35°C). Parkin і Miller (1983) виявили інгібування амонієм при більш низьких концентраціях в умовах, коли система знаходилась при більших температурах. Далі наведено огляд досліджень у термофільному режимі [4].

Huang і Shih (1981) вивчали потенціал біологічного виробництва метану з пташиного посліду. Процес проводили у термофільних умовах при концентрації сухих органічних речовин від 1 до 8% і періоді обороту реактора від 3 до 10 днів. Короткий період обороту реактора супроводжувався вищим виробництвом газу, але зниження COP і ХСК зменшувалось. При концентрації 8% COP виробництво газу впало. Концентрація COP 6%, тривалість 4 дні, рН 7,5 і температура 50° С були визначені оптимальними. При даних умовах вихід газу становив 4,5 л/л день, а метану 3,2 л/л день або 267 л/кг COP [4].

Марченко (2009) проводив анаеробне бродіння пташиного посліду при вологості субстрату 92% і гідравлічному часі утримання 10 діб. Температуру змінювали від 48 до 58 °С. Вихід біогазу збільшувався при підвищенні температури. При цьому спостерігалось зменшення його приросту. З врахуванням енергетичних витрат на нагрівання субстрату отримали оптимальну температуру – 54 °С. Результати отримані в лабораторній умовах були перевірені на промисловій установці. Продуктивність установки становила по добриву 3 м<sup>3</sup> на добу, а по біогазу – 75 м<sup>3</sup> на добу. Вихід газу відповідав кривій, отриманій у лабораторних умовах.

Хамоков і співавт. (2012) здійснювали оптимізацію режимів роботи установки для переробки пташиного посліду. Процес проводили при температурі 50 °С, 55 °С і 60 °С, вологості субстрату 85%, 90% і 95% та гідравлічному часі утримання 7, 10 і 13 днів. З математичної моделі були отримані оптимальні параметри процесу: температура 54 °С, вологість субстрату 90%, тривалість переробки 11 днів. Вихід біогазу при цих значеннях основних факторів становив

0,67 м<sup>3</sup>/кг СР.

Інгібуючий ефект аміачного азоту був показаний рядом авторів (наприклад, Маккарті і Мак-Кінні, Хобсон і Шоу, Костер і Леттінга). Проте неодноразово показано, що метаногени можуть адаптуватися до підвищення концентрації амонійного азоту [3, 4].

З. Печан і співавт. вивчали бродіння пташиного посліду при мезофільних температурах. У середньому вміст сухих речовин становив від 11,3% до 14,1%, сухих органічних речовин від 7,8% до 9,7% і тривалість утримання від 27 до 58 діб. Шкідливого впливу на виробництво біогазу не спостерігалось, незважаючи на середні концентрації амонійного азоту в стічних водах від 4,07 до 5,85 г./л. Вихід біогазу становив від 0,239 до 0,370 л/г сухих органічних речовин, вміст метану в біогазі – від 59 до 67% [4].

Для усунення цих негативних явищ необхідна спеціальна технологія обробки посліду, що дозволяє підвищити концентрацію живильних речовин і одночасно усунути неприємні запахи, подавити патогенні мікроорганізми, понизити вміст канцерогенних речовин. Тому метою досліджень є отримання високоцінних органічних добрив з перепелиного посліду з додаванням органічної речовини.

Перепелиний послід має вищий вміст азоту ніж відходи життєдіяльності інших сільськогосподарських тварин. Основними його формами є сечова кислота і неперетравлені білки. Вони представляють 70% і 30% загального азоту, відповідно. Високий вміст загального азоту призводить до збільшення концентрації амонійного азоту. У процесі метанового бродіння від 50% до 75% всього азоту перетворюється на амонійний [3,5].

В залежності від мети та очікуваних результатів експериментальних досліджень процесу метанового бродіння можна виділити два основні методи – дослідження в періодичному та у проточному режимі. Визначені за результатами обох методів параметри процесу (вихід та склад біогазу, кінетичні параметри процесу) використовуються для чисельного моделювання процесу метанового бродіння для умов промислових біогазових реакторів. Основною задачею досліджень в проточному режимі є відпрацювання оптимального технологічного режиму до досягнення стабільних, найбільших можливих показників швидкості виходу біогазу. В ході таких досліджень можна відслідкувати зміну показників хімічного складу зброджуваної суміші в реакторі та їх вплив на швидкість виходу біогазу. Також, шляхом зміни величин гідравлічного та органічного навантаження можливо дослідити граничні режими, що призводять до повного розбалансування процесу метанового бродіння. В усталеному режимі можливо дослідити вплив зовнішніх факторів, як то температурного режиму, гідродинамічного режиму, умов перемішування, фізичного та/або хімічного впливів, на швидкість виходу біогазу та стійкість біохімічного процесу. При зміні величини органічного навантаження проточного біореактора можливо також дослідити кінетичні параметри процесу. Одним з недоліків даного методу є складність оцінювання ступеня біодоступності органічної речовини в процесі

метанового бродіння. Оцінити можливо лише фактичний ступінь розпаду органічної речовини, що втім не дає уявлення про повноту розпаду біодоступної її частини. Окрім цього, реалізація проточного режиму передбачає постійне внесення свіжої маси субстрату, що у випадку з гнойовими відходами фактично означає довготривалу інсталяцію дослідної установки в безпосередній близькості до тваринницької ферми.

Дослідження в періодичному процесі передбачає інокуляцію та витримування підготовлених сумішей в заданому температурному режимі протягом тривалого періоду часу (не менше 20 діб) [3, 10], в залежності від задач досліджень. При цьому, свіжий субстрат в ході дослідження не додається, як і не відбирається зброджена маса. Основними задачами, що вирішуються в даному методі досліджень, є оцінка потенціалу виходу біогазу та метану із субстратів та ступеня біодоступності органічної речовини субстратів при метановому бродінні. Метод дослідження процесу метанового бродіння у періодичному режимі є порівняно недорогим та придатним способом для порівняльного аналізу при одночасному зброджуванні численних, відмінних за складом сумішей субстратів та інокуляту. Окремою задачею може бути встановлення граничного співвідношення органічної речовини субстрату до клітинної маси бактерій, при якому припиняється виділення біогазу, а відтак має місце критичне інгібування процесу метанового бродіння. Аналіз кінетики розпаду субстрату, оціненого за виходом основного продукту процесу – біогазу, дозволяє також оцінити кінетичні константи процесу загалом або окремих його реакцій, як то константу напівнасичення, константу швидкості розпаду органічної речовини, коефіцієнт інгібування, тощо. Недоліком методу періодичного зброджування є складність оцінки впливу фізико-хімічного складу вхідної сировини на стабільність та ефективність процесу метанового бродіння, оскільки концентрації окремих елементів субстрату в суміші з інокулятом, відмінного за складом від субстрату, можуть суттєво відрізнятись від таких в умовах роботи біореакторів проточного типу. Таким чином, показники виходу біогазу, змодельовані за результатами періодичного метанового бродіння, можуть не відповідати дійсним при реалізації проточного процесу. Швидкість виходу біогазу при досягненні в реакторі рівноважної концентрації окремих елементів субстрату може впасти до «нуля», що може бути викликано надмірно високою концентрацією окремої інгібуючої речовини або ж надмірно низькою концентрацією окремих макро- та мікронутрієнтів, необхідних для збалансованого розвитку популяції бактерій метанового бродіння. Не дивлячись на певні обмеження, дослідження процесу метанового бродіння в періодичному режимі дозволяє вирішити поставлені в даній роботі задачі досліджень, а тому його реалізовано в даній роботі. При цьому, з огляду на те, що сумісне метанове бродіння пташиного посліду та рослинних відходів є апробованою промисловою технологією, робиться припущення, що досліджені експериментально та змодельовані числовим методом показники виходу біогазу будуть корелюватись між собою з достатнім рівнем достовірності, а фізико-хімічний склад суміші



таких субстратів буде мати неістотний вплив на стабільність процесу в межах робочих режимів біореактора проточного типу.

**Визначення сухих речовин** у перепелиному посліді і активному мулі здійснювалось ваговим методом.

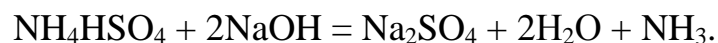
Визначення сухих речовин у посліді полягає у висушуванні залишку при 105 °С до постійної маси та зважуванні.

Визначення сухих речовин у активному мулі полягає у випарюванні певного об'єму відібраної проби на водяній бані, висушуванні залишку при 105 °С до постійної маси та зважуванні.

Для визначення **зольності** посліду та активного мулу сухий залишок прожарюють в муфельній печі при 600 °С до постійної маси та після охолодження в ексікаторі зважують [4,6].

**Загальний азот** визначався методом К'ельдаля. Органічні речовин окиснюються конц.  $\text{H}_2\text{SO}_4$  при нагріванні. Продуктами окиснення є вуглекислота, оксид сірки (II), вода і аміак. Аміак зв'язується сірчаною кислотою в гідросульфат амонію  $\text{NH}_4\text{HSO}_4$ .

Одержаний гідросульфат розкладають 40% розчином їдкого лугу:



Аміак, який виділяється при цьому, відганяють з водяною парою з реакційного середовища і пропускають через надлишок 0,1 М розчину сульфатної кислоти. Кислоту, що не прореагувала титрують розчином лугу і розраховують кількість кислоти, яка прореагувала з аміаком, кількість аміаку, утвореного при спалюванні, та вміст азоту в досліджуваному зразку.

Принцип методу **визначення амонійного азоту** полягає в тому, що аміак реагує в лужному середовищі з йодомеркуріатом калію, утворюючи осад жовто-коричневого кольору. При низькій концентрації аміаку утворюється колоїдний розчин, придатний для колориметричного визначення.

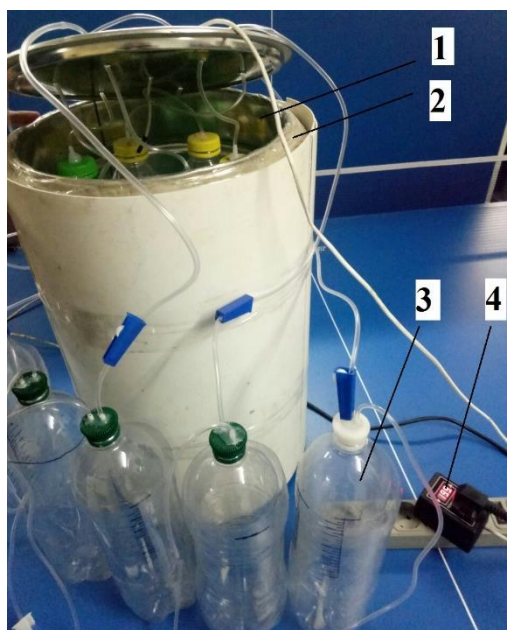
**Визначення фосфору** здійснювалось фотометрично. Метод заснований на реакції утворення жовтої 12-молібденофосфорної кислоти (МФК) з подальшим відновленням її сіллю заліза (II) до сині.

**Визначення калію** здійснювалось за допомогою фотометрії полум'я.

Процес метанового бродіння в періодичному режимі організовується шляхом змішування досліджуваних субстратів та наступним витриманням утвореної суміші в герметичній системі експериментальної лабораторної установки (рис. 1) без доступу повітря в мезофільних умовах ( $37 \pm 1^\circ\text{C}$ ) протягом 20 діб.

У роботі проводяться три окремі серії експериментальних досліджень. У першій серії досліджується вплив співвідношення СОР посліду (СОР II) та СОР макухи рицини (СОР Р) на показники виходу біогазу. Утворюються шість сумішей посліду, макухи рицини та рідкого гною ВРХ з частками СОР Р рівними 15%, 30%, 50% та 75%, та окремо суміші посліду та рідкого гною ВРХ; макухи рицини та рідкого гною ВРХ.

Суміш №1: ПП20%:Р75%:рідкий гній ВРХ 5%.  
 Суміш №2: ПП45%:Р50%: рідкий гній ВРХ 5%.  
 Суміш №3: ПП65%:Р30%: рідкий гній ВРХ 5%.  
 Суміш №4: ПП80%:Р15%: рідкий гній ВРХ 5%.  
 Суміш №5: Р95% :рідкий гній ВРХ 5%.  
 Суміш №6: ПП95%:рідкий гній ВРХ 5%.



1 – реактор, 2 – нагрівальний пристрій, 3 – газгольдер, 4 – терморегулятор МТР-2

Рис. 1 – Експериментальна лабораторна установка:

За результатами першої серії досліджень визначаються кінетичні параметри реакції ацетокластичного метаногенезу в залежності від частки СОР Р в суміші.

У другій серії досліджується вплив початкової концентрації органічної речовини в біореакторі S0 суміші П25%:Р75% в діапазоні 10,3-64,5 гСОР/л на швидкість утворення біогазу та метану. За результатами даного етапу встановлюється граничне співвідношення органічної речовини суміші П та Р до бактеріальної маси в біореакторі, при якому припиняється виділення біогазу.

У третій серії досліджується співвідношення С:N та С:Р в органічній речовині Р на питомий вихід біогазу та СН4. Вихід біогазу та СН4 (визначається за допомогою газоаналізатора «Оріон») досліджується в процесі періодичного метанового бродіння зразків в суміші П25% і Р75% та при початковій концентрації СОР субстратів  $S_0 = 38,5 \pm 3,5$  гСОР/л.

### Список використаних джерел

1. Тюрин В. Ветеринарно-санитарная оценка помета / В. Тюрин //

- Птицеводство. – 2009. – №7. – С. 46.
2. Царенко О.М. Економічні та еколого–технологічні проблеми знезаражування і утилізації відходів у птахівництві України / О.М. Царенко. – Суми.: Козацький вал, 2002. – 263 с.
  3. Скляр Р.В. Особливості процесу метаногенерації пташиного посліду / Скляр Р.В., Скляр О.Г., Мілько Д.О. // Науковий вісник ТДАТУ: Електронне наукове фахове видання. – Вип.8. Т.2.- Мелітополь: ТДАТУ, 2018.
  4. Салюк А.І. Виробництво біогазу з курячого посліду та його оптимізація/ А.І. Салюк, С.О. Жадан, Є.Б. Шаповалов//[Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dspace.nuft.edu.ua/jspui/bitstream/123456789/3985/1/1.pdf>
  5. Шацький В.В. Вплив структури субстрату на вихід біогазу при метановому зброджуванні/ В.В. Шацький, О.Г. Скляр, Р.В. Скляр, О.О.Солодка // Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. - Вип. 13. Т.3, - С. 3-12.
  6. Скляр О.Г. Властивості біодобрих, що отримуються після анаеробної ферментації гною/ О.Г. Скляр, Р.В. Скляр// Праці ТДАТУ. – Мелітополь, 2013. - Вип. 13. Т.3, - С.110-118.
  7. Скляр А.Г. Анализ показателей для контроля биологического процесса анаэробного разложения/ А.Г. Скляр, Р.В. Скляр // MOTROL: Commission of Motorization and Energetics in Agriculture. – 2015/ Vol.17. №9, b.-P.65-70.
  8. Скляр Р.В. Аналіз технологій підготовки залишків після анаеробного бродіння / О.Г. Скляр, Р.В. Скляр // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. – Харків, 2015. - Вип. 156, – С. 649-655.
  9. Біогазова установка: пат. України № 123934: МПК С02F 11/04/ Мілько Д. О., Скляр О. Г., Скляр Р. В., Григоренко С. М. - № 201710282; заявл.24.10.2017; опубл. 12.03.2018, Бюл. №5.
  10. Aboue/enien F. Dry mesophilic fermentation of chicken manure for production of methane by repeated batch culture / F. Abouelenien, Y. Nakashimada // Journal of Bioscience and Bioengineering. — 2009. — V. 107, № 3. — P. 293 - 295.

## **Аннотация**

### **ПРОГРАММА И МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ ИССЛЕДОВАНИЙ НА ЛАБОРАТОРНОЙ БИОГАЗОВОЙ УСТАНОВКЕ**

Скляр О.Г., Скляр Р.В., Григоренко С.М

*Для эффективной анаэробной переработки перепелиного помета разработаны методы и программа исследований на лабораторной*

экспериментальной установке, где, кроме помета, в качестве растительного сырья применяется жмых клецевины. Метановое брожение перепелиного помета является эффективным способом его утилизации, что позволяет получить биогаз, высококачественное органо-минеральное удобрение и улучшить состояние окружающей среды. В исследованиях с анаэробной переработки отходов птицеводства сообщается о том, что высокое содержание азота часто вызывает проблемы, связанные с токсичностью аммонийного азота для анаэробных микроорганизмов. При проведении такой обработки птичий помет имеет ряд особенностей. Одной из таких особенностей является низкое соотношение между C / N. При таких условиях происходит ингибирование метановой ферментации аммонийным азотом и аммиаком. С целью интенсификации метановой ферментации птичьего помета, целесообразно изъятие аммиака в процессе обработки. По своим физическим и химическим свойствам помет не очень хорошо подходит для анаэробного сбраживания, однако ряд исследователей сообщили об успешной работе систем производства биогаза из птичьего помета. Большинство из них были разработаны для работы в мезофильном режиме (около 35 °С). Методы и способы переработки перепелиного помета зависят от свойств и состава исходного сырья, а также от целей переработки и вида конечных продуктов. Исследование процесса метанового брожения в периодическом режиме позволяет решить поставленные в данной работе задачи исследований, поэтому его реализовано в данной работе. При этом, учитывая, что совместное метановое брожение перепелиного помета и растительных отходов является апробированной промышленной технологией, делается предположение, что исследованные экспериментально и смоделированы численным методом показатели выхода биогаза будут коррелировать между собой с достаточным уровнем достоверности, а физико-химический состав смеси таких субстратов будет иметь несущественное влияние на стабильность процесса в пределах рабочих режимов биореактора проточного типа.

## Abstract

### PROGRAM AND METHOD OF EXPERIMENTAL RESEARCHES ON LABORATORY BIOGASOUS INSTALLATION

Skliar A., Skliar R., Grigorenko S.

*For effective anaerobic processing of quail litter, methods and a program of research on laboratory experimental plants are developed, where, in addition to litter, lean cake is used as a plant particle. Quench litter fermentation is an effective way to dispose of it, which allows for biogas production, high quality organomineral fertilizers and improvement of the environment. In studies on anaerobic digestion of poultry waste, it is reported that high levels of nitrogen often cause problems associated with the toxicity of ammoniacal nitrogen for anaerobic microorganisms. When carrying out such processing, bird droppings have a number of features. One of these features is the low C / N ratio. Under these conditions, inhibition of methane fermentation with ammoniacal nitrogen and ammonia occurs. In order to intensify methane fermentation of bird droppings, it is expedient to remove ammonia during processing. Due to its physical and chemical properties, the litter is not very well suited for anaerobic digestion, but a number of researchers reported the successful operation of biogas production systems for bird droppings. Most of them were designed to work in mesophilic mode (about 35 °C). Methods and methods for processing quail litter depend on the properties and composition of the raw material, as well as on the purposes of processing and the type of end products. The study of the process of methane fermentation in the periodic mode allows us to solve the research tasks set in this paper, and therefore it is implemented in this work. At the same time, given that the combined methane fermentation of quail litter and plant waste is proven by industrial technology, it is assumed that the experimentally investigated and numerically modeled biogas output indicators will correlate with each other with a sufficient level of certainty, and the physicochemical composition of the mixture such substrates will have an insignificant effect on the stability of the process within the operating modes of the bioreactor of the flowing type.*

## ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ

**Панцирева Г.В., к.с.-г. наук, старший викладач**  
(Вінницький національний аграрний університет)

*У статті представлено вирішення проблеми загострення забруднення навколишнього середовища органічними відходами тваринницької та рослинницької галузей, а також розглянуто питання зростаючого дефіциту енергетичних ресурсів, що є головними мотивами інтенсифікації європейських розробок у галузі виробництва та ефективного використання біогазу. Встановлено, що виробництво біогазу, який є продуктом анаеробного зброджування гною та сільськогосподарських культур, дає не лише відновлювану енергію, але є ефективним шляхом боротьби з забрудненням води й повітря шкідливими відходами. У галузі виробництва біогазу АПК України має величезний потенціал. Сировиною можуть бути інші відходи рослинного та тваринного походження, що продукуються харчовою, фармацевтичною та ферментною індустрією, садівничими господарствами, підприємствами громадського харчування, ринками, а також побутові відходи.*

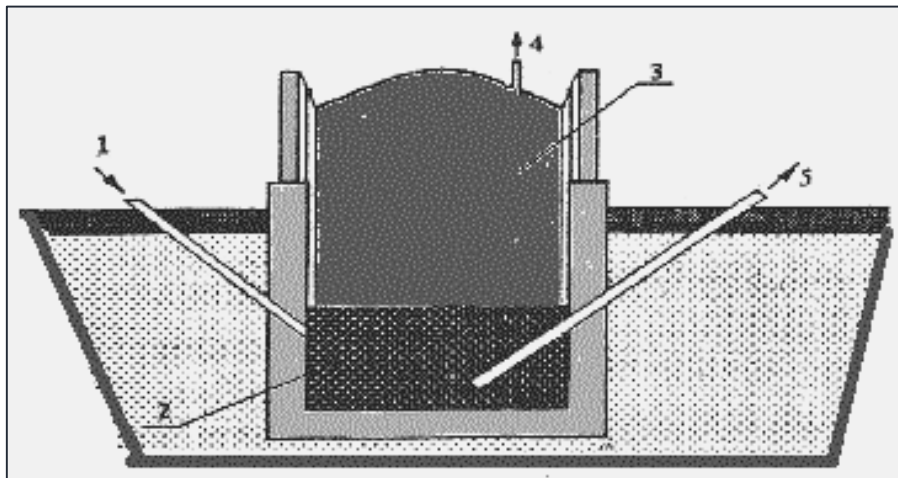
**Постановка проблеми та мета досліджень.** Біоенергетика є однією з найперспективніших складових відновлювальної енергетики України. Вона заснована на використанні енергії біомаси – вуглецевмістких органічних речовин рослинного та тваринного походження. Біомаса, на відміну від інших відновлюваних джерел енергії, є універсальним джерелом енергії, яке може використовуватися як для виробництва електричної та теплової енергії, так і для отримання біопалива на транспортні потреби. На сьогодні скорочення використання природного газу – одна з найактуальніших тем для економіки України, тому пошук альтернативних джерел енергії та впровадження енергозберігаючих технологій є актуальною задачею. Використання відновлюваних джерел енергії, насамперед біомаси, є актуальним для України, оскільки дозволяє зменшити її залежність від імпортованих енергоносіїв та підвищити енергетичну безпеку.

У нетрадиційній енергетиці на особливу увагу заслуговує переробка біомаси (органічних сільськогосподарських і побутових відходів) метановим шумуванням з одержанням біогазу та твердого залишку, який переважно використовується як високоякісне добриво. Використання біомаси для отримання енергії на основі сучасних технологій є екологічно значно більш безпечним в порівнянні з енергетичним використанням традиційних органічних ресурсів, таких як вугілля.

**Мета роботи** – порівняння можливостей отримання біогазу з різних видів

відходів органічного походження – гною верхової рогатої худоби, свинячого гною, рослинних відходів (соломи пшениці, соняшникового лушпиння, кукурудзи) в лабораторних умовах тавстановлення його об'єму і виходу біогазу.

**Аналіз схеми діючих сил.** Для досліджень у лабораторних умовах використовували пристрій (міні-реактор), який з'єднується за допомогою трубок через невелику ванну (гідрозатвор) з газовими накопичувальними ємностями – газгольдерами, виготовленими з пластикових пляшок (або гумових камер). Основним показником ефективності роботи пристрою є швидкість наповнення газгольдерів біогазом. Так можна оцінити майбутню продуктивність біореактора під час роботи на певній сировині. Зібраний у газгольдері газ через газовідвідну трубку подається на факел, де і спалюється (рис 1).



1 – приймальний пристрій; 2 – біореактор (метантенк); 3 – простір для збирання біогазу; 4 – патрубок, з'єднуючий метантенк з газгольдером; 5 – пристрій для відкачування шламу з метантенку.

Рис. 1. Принципова схема анаеробної установки

Таблиця 1. Порівняльні енергетичні показники традиційних енергоносіїв і біогазу

№	Продукт	Одиниці виміру	Еквівалент 1 м <sup>3</sup> неочищеного біогазу 23 МДж/м <sup>3</sup>	Еквівалент 1 м <sup>3</sup> очищеного біогазу 35,2 МДж/м <sup>3</sup>
1	Електроенергія	кВт·ч	0,62	0,94
2	Природний газ	м <sup>3</sup>	0,61	0,93
3	Вугілля	кг	082	1,25

**Результати лабораторних досліджень.** Біогаз – різновид біопалива. Добувають із відходів тваринництва, харчової промисловості, стічних вод та твердих побутових відходів (відсортованих, без неорганічних домішок, та домішок неприродного походження). Тобто застосовувати можна будь-які місцеві природні ресурси [1].

Найбільш поширеними сільськогосподарськими культурами (рис. 2.), які

використовуються для виробництва природного газу є цукрове сорго, кукурудза на силос та цукрові та кормові буряки. Тому, для країн, які вважають за доцільне отримання достатньої кількості біогазу необхідно розширити посівні площі досліджуваних культур.

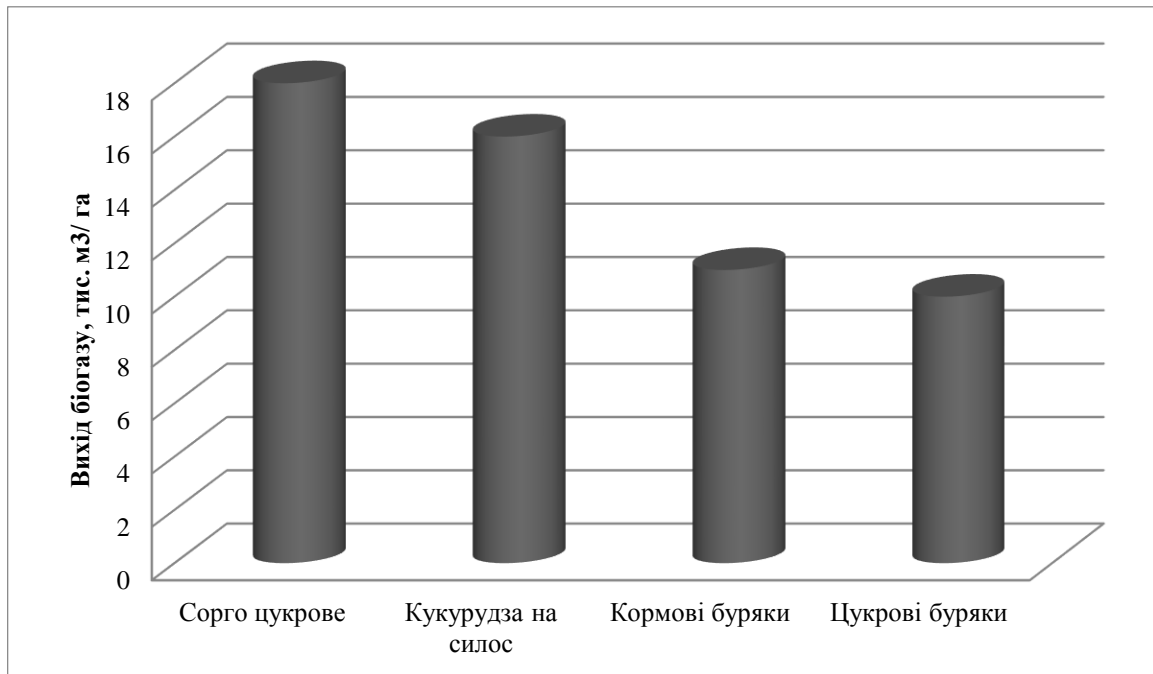


Рис. 2. Потенційний вихід біогазу з біоенергетичних культур.

Сам процес утворення газу являє собою метанове бродіння. Його суть полягає в анаеробному бродінні (без доступу повітря), яке відбувається внаслідок життєдіяльності мікроорганізмів і супроводжується рядом біохімічних реакцій. Власне сам процес утворення газу (біогазу) складається з двох етапів: перший – розщеплення мікроорганізмами біополімерів домономерів, другий – переробка мономерних біомолекул мікроорганізмами. Перша стадія є досить енергетично не вигідним процесом, в її результаті вивільняється замало вільної енергії, якою могли б жити мікроорганізми, тому для успішного проходження даного етапу потрібно підтримувати умови для успішного розвитку мікрофлори. Другий етап – процес окиснення утворених мономерних молекул, звичайний природний окисно-відновний процес. Але за умов відсутності стандартного окисника даного процесу (кисню) відбувається диспропорціонування за ступенями окиснення присутніх в молекулах атомів (сірка, азот та карбон). У результаті чого отримуємо бажаний метан ( $\text{CH}_4$ ), та гази-домішки, які вважаються не корисними, і навіть шкідливими:  $\text{CO}_2$ ,  $\text{NH}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$  [2].

Такий газ представляє собою суміш з 65% метану, 30% вуглекислого газу, 1% сірководню і незначного кількості азоту і водню. Енергія згорання  $28 \text{ м}^3$



біогазу, еквівалентна енергії 16,8 м<sup>3</sup> природного газу, 20,8 л нафти або 18,4 л дизельного палива. Біогаз дає можливість використовувати найсучасніші засоби теплоенергетики – газові турбіни. У цих установках газ згорає, наводячи у рух турбіну, яка обертає генератор, що виробляє електроенергію. У свою чергу газоподібні продукти згорання потім прямують в казан для нагрівання води і здобуття пари, яка може бути використаний в промисловості або для додаткового виробництва енергії [3].

Газові турбіни простіше і дешевше традиційних парових. У той час як в останніх ефективність не покращувалася з кінця 50-х років, газові турбіни безперервно удосконалюються. Найбільш багатообіцяючим варіантом використання біомаси в газових турбінах є її газифікація при взаємодії з повітрям і пором при високих тисках і очищенні газу від домішок, які можуть пошкодити лопаті турбін. Для підвищення ефективності процесу газифікацію і виробництво електроенергії слід зміщувати в одній установці. Така технологія розробляється зараз для вугілля. Проте ця технологія може навіть швидше знайти комерційне вживання використанням біомаси, ніж вугілля, оскільки біомасу легко газифікувати і вона зазвичай містить малу кількість сірки. Попередні оцінки показують, що енергія, отримана на установці з газифікуванням біомаси і газовою турбіною, за вартістю може бути порівнянна з електроенергією, вироблюваною на звичайних вугільних або ядерних електростанціях в більшості промислових і таких, що розвиваються країн. Одним з напрямів при здобутті біогазу є використання органічних відходів і побічних продуктів сільського господарства і промисловості. Виробництво біогазу в процесі метанового бродіння – одне з можливих вирішень енергетичної проблеми сільськогосподарських районів [4].

Перевага виробництва біогазу з сільськогосподарських відходів (табл.2) полягає в тому, що вони є засобом здобуття енергії доступним навіть на родинному рівні.

Таблиця 2. Потенційні можливості забезпечення сировиною біоенергетичних культур виробництво біогазу в Україні

№	Біоенергетична культура	Площа вирощування, млн.га	Рівень врожайності, т/га	Вихід біогазу, тис.м <sup>3</sup> .га	Потенціал виробництва біогазу, млрд. м <sup>3</sup> .
1	Цукрове сорго	0,5	80	9,0	5,0
2	Кукурудза на силос	1,0	80	17,0	18,0
3	Цукрові буряки	2,0	70	6,0	7,0
4	Кормові буряки	0,5	75	5,5	6,0
Разом		4,0			36,0

Відходи процесу служать високоякісним добривом, а сам процес сприяє підтримці чистоти в довкіллі. Проте кількість біомаси даного вигляду обмежено земельною площею, на якій здійснюється сільськогосподарська діяльність. Істотне збільшення придатних для культивування площ навряд чи реально. В той же час є можливість використовувати для здобуття біомаси водне середовище, а саме – здійснювати культивування водоростей, зокрема мікроводоростей. Отже, гідністю біогазу можна вважати наступне: можливість здобуття його з негодящої сировини (сільськогосподарських, промислових і міських вуглеводновмісних відходів), попутне здобуття при цьому високоефективних добрив і кормових добавок очищення стічних вод. Недоліками здобуття і вжитку біогазу є витрата кисню і викид вуглекислого газу при спалюванні біогазу, некерованість і тривалість процесу бродіння, необхідність мати ємкості значного об'єму для здійснення процесу бродіння.

Біогаз, що утворюється, містить близько 50-60% – метану, 30% – карбону (IV) оксида, а також інші речовини, в тому числі невелику кількість сірководню (H<sub>2</sub>S), незначні кількості азоту, кисню, водню, амоніаку та карбону (II) оксиду.

Перед використанням біогаз очищують від надлишків води та сірководню. Отримання біогазу відбувається в спеціальних реакторах (метантенках), облаштованих і керованих таким чином, щоб забезпечити максимальне виділення метану.

Біогаз використовують для освітлення, опалення, приготування їжі, для приведення в дію механізмів, транспорту, електрогенераторів. Коли йде мова про біогаз, всі, як правило, мають на увазі, що джерелом його утворення є відходи життєдіяльності тварин і птахів (тваринний гній, послід птахів) та каналізаційні стоки міст. Але значні кількості біогазу можна отримати за анаеробної ферментації промислових стічних вод, де велика концентрація розчинених органічних речовин. Це, передовсім, стосується стічної води всіх без винятку харчових підприємств (особливо підприємств з переробки молока, виробництва цукру, алкогольних напоїв та ін) [6].

У плані використання біомасу можна розділити на дві основні групи: первинна біомаса і вторинна. Джерелом первинної біомаси є наземний і водний рослинний світ, вторинної – відходи біомаси, що утворюються після збирання і перероблення первинної біомаси в товарну продукцію, і відходи, обумовлені життєдіяльністю тварин і людей. Згідно з цим біоенергетика забезпечує отримання енергії шляхом використання біомаси, включаючи:

- продукти лісу у вигляді відходів лісозаготівель і лісопереробки;
- сільськогосподарські відходи, які підрозділяються на рослинні відходи сільськогосподарських культур (солома злакових культур, стеблі кукурудзи, соняшника тощо) і тваринні відходи (гній і гнійні стоки тощо);

- водну рослинну біомасу (водорості, макрофіти тощо);
- промислові й міські відходи (тверді побутові відходи, відстої міських і промислових стічних вод тощо), утилізація яких дозволяє вирішувати важливі екологічні та соціальні проблеми [7].

Поновлювальні види енергії, які використовувалися у 2017 р. склалися з 60 % кукурудзи у формі кукурудзяного силосу. Окрім того використовуються зернові, трав'яний силос, силос цілих рослин, соняшник, трава суданка, просо і інші (рис. 3).

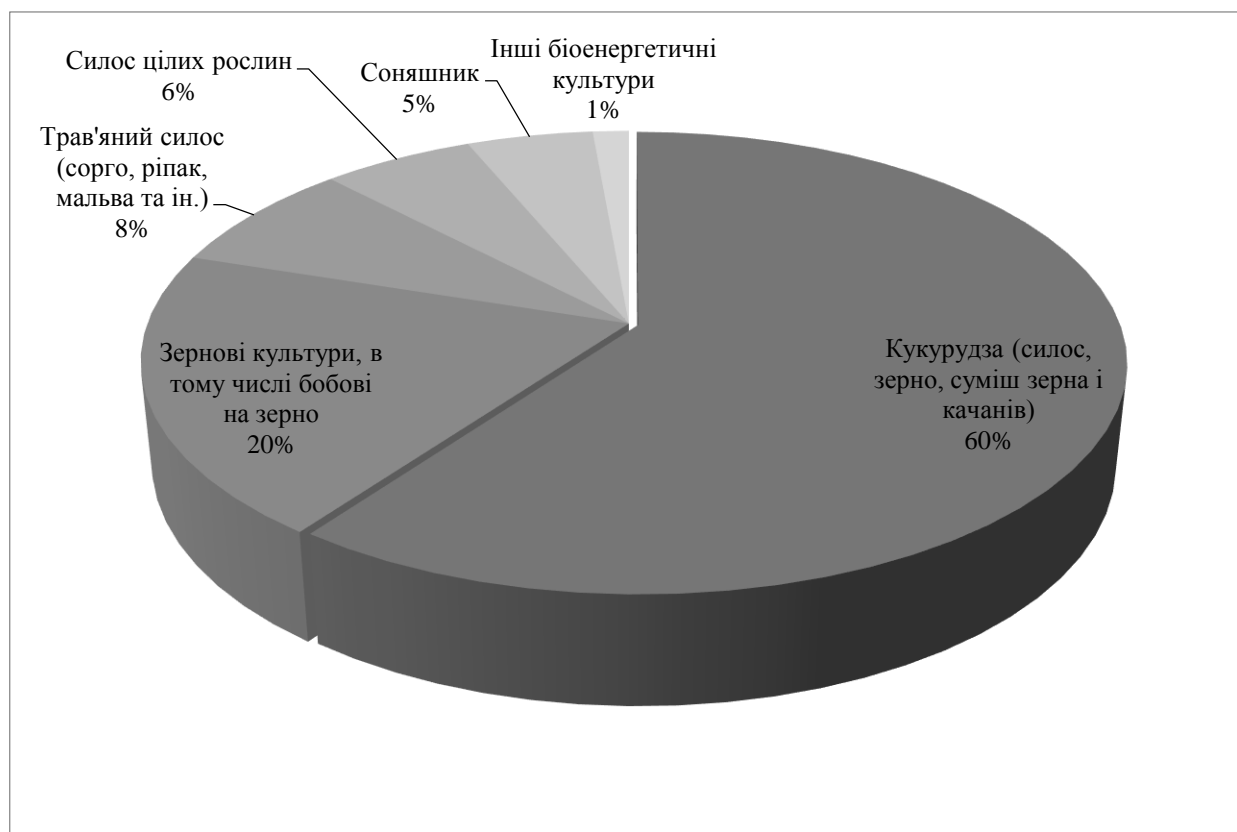


Рис. 3. Використання рослинної сировини для виробництва біогазу

Відомо понад 60 технологій отримання біогазу – таке велике число обумовлено тим, що для забезпечення максимального обсягу виходу біогазу для кожного виду вихідної сировини застосовують власну технологію. Який субстрат може використовуватися: відходи діяльності сільського господарства – кукурудзяний силос, трава, солома, курячий послід, гній ВРХ. З гною від однієї корови за рік після переробки можна отримати 400-500 кубометрів біогазу; відходи харчової промисловості – пивна дробина, післяспиртова барда, жом (залишки переробки цукрових буряків), відходи переробки молока (молочна сироватка, лактоза), фруктові, ягідні, виноградні і яблучні віджимки, гнила картопля, мезга, сироп; технічний гліцерин і інші відходи сировини від виробництва біопалива (біодизелю); харчові відходи; стічні води і фекальні маси; відходи забою птахофабрик, свиноферм, скотарських підприємств [8].

Найбільш ефективними технологіями використання біомаси в біоенергетиці є пряме спалювання; піроліз; газифікація; анаеробна ферментація з утворенням метану; виробництво спиртів і масел для отримання моторного палива. Технології використання біомаси постійно вдосконалюються, забезпечуючи отримання енергії в придатній для споживача формі й з максимально можливою ефективністю. У загальному випадку енергія з органічних відходів отримується або фізичними, або хімічними чи мікробіологічними методами [9].

Фізичним методом енергію отримують шляхом спалювання органічних відходів. Основою хімічного метода є використання процесів піролізу і газифікації. Проте, найрозповсюдженішим у світі є мікробіологічний метод безвідходного виробництва – отримання біогазу анаеробним зброджуванням. Дуже цінним продуктом виробництва біогазу є отримання високоякісних органічних добрив.

Пряме спалювання біомаси в атмосфері повітря або кисню – один з найбільш старих методів отримання теплової енергії. Однак існує ряд проблем при його практичному використанні, головною з них є досягнення найбільш повного згоряння палива, в результаті якого утворюються діоксин вуглецю і вода, що не завдає шкоди довкіллю. До технічних пристроїв, які використовуються для прямого спалювання біомаси, відносяться печі, топки, камери згоряння. Біомаса може використовуватися шляхом прямого спалювання в енергетичних установках у факелі, киплячому або ущільненому шарі з подальшим отриманням теплової і електричної енергії. Основна промислова технологія цього напрямку – пряме спалювання в котлі й генерація електроенергії в паротурбінній установці.

Піроліз біомаси – хімічне перетворення одних органічних сполук в інші під дією теплоти або так звана суха перегонка без доступу окислювачів (кисню, повітря). Розроблений ряд технологічних процесів піролізу біомаси, експлуатаційні умови кожного з них визначаються природою сировини, методами переробки і заданими продуктами виробництва. Характеристика продуктів піролізу залежить від типу сировини і умов проведення процесу. Основними продуктами піролізу можуть бути вуглиста речовина, паливна рідина, паливні гази, причому часто технологічний процес орієнтований на переважне отримання одного з продуктів піролізу.

Газифікація біомаси – це перетворення твердих відходів біомаси в горючі гази шляхом неповного їх окислення повітрям (киснем, водяною парою) при високій температурі. Газифікувати можна практично будь-яке паливо, в результаті чого отримують генераторні гази, які мають значний діапазон використання – як паливо для отримання теплової енергії в побуті та різних процесах промисловості, в двигунах внутрішнього згоряння, як сировина для отримання водню, аміаку, метилового спирту і синтетичного рідкого палива. Не дивлячись на значні різновиди способів газифікації, всі вони характеризуються одними і тими ж реакціями.

Газифікатори мають різну продуктивність з різним виходом енергії в паливному газі. Низькокалорійний газ може бути отриманий газифікацією різних видів біомаси – органічних компонентів твердих міських відходів, відходів лісу, сільськогосподарських відходів.

У процесі анаеробної ферментації складні органічні речовини розкладаються на CO<sub>2</sub> і CH<sub>4</sub> з утворенням біогазу у вигляді суміші вуглекислого газу і метану, причому на частку метану може припадати до 70%.

Технологічний процес анаеробного зброджування біомаси відбувається без надходження кисню в спеціальних реакторах-метантенках, конструкція яких забезпечує максимальне виділення метану. Особливо важливим в процесі анаеробного зброджування є створення оптимальних технологічних умов в реакторі метантенку: температури, надходження кисню, достатньої концентрації живильних речовин, допустимого значення рН, відсутності або низької концентрації токсичних речовин.

Проте найбільш ефективними вважаються біореактори, що працюють в термофільному режимі 43-62°C. На таких установках з триденною ферментацією гною вихід біогазу складає 4,5 л на кожний літр корисного об'єму реактора.

Сучасні біогазові анаеробні установки складаються з таких основних систем:

- системи підготовки і подачі сировини в біореактор;
- біореактора (метантенка) із системою підтримання постійної температури та іншими комплектуючими пристроями;
- системи зберігання і використання біогазу;
- системи вивантаження і транспортування шламу.

Використання біогазу забезпечує можливість отримання теплової і електричної енергії, що є особливо привабливим для фермерських господарств. При масовому розповсюдженню біогазових технологій в сільських регіонах можна досягнути значної економії органічного палива. Становить інтерес вирощування і використання в метантенках водної рослинної біомаси для отримання біогазу. Однією з найбільш продуктивних водоростей є бура водорість макроцистис, розповсюджена в прибережній зоні морів і океанів, врожайність якої складає 450-1200 т сирової маси є 1 га. З кожної тонни широко відомої хлорели можна отримати 22 кДж енергії. Високою врожайністю характеризуються морські водорості дуналієла, водяний гіацинт, червона водорість тощо.

Для отримання біогазу використовуються також відходи тваринництва і рослинності. У схемі передбачене додаткове джерело у вигляді природного газу, який використовується в разі необхідності в зимовий період при відсутності рослинної біомаси. Ефективним шляхом є виробництво і використання біогазу при переробці рослинної і тваринної біомаси. Іншим джерелом біомаси є звалища сміття. Потенціальні можливості отримання біогазу зі звалищ можуть складати 1,6 млн. т у. п. Сировиною, з якої можна отримати біогаз, можуть бути практично всі відходи, до складу яких входять органічні компоненти.

Технологія метанового зброджування дозволяє отримувати крім джерела енергії у вигляді біогазу високоякісні добрива та білково-вітамінні кормові добавки і по суті є безвідходною. Тому в розвинених промислових країнах необхідність спорудження біогазових установок визначається трьома факторами: одержанням джерела енергії, сільськогосподарських добрив та вирішенням екологічних проблем. Питома вага даних факторів розрізняється для різних країн і залежить від цін на енергоносії і добрива, а також екологічного законодавства країни і ступеня підтримки відновлюваних джерел енергії.

Біогазові установки на гної тварин є найпростішими і набули широкого поширення у всьому світі. Устаткування модульне, і якщо підприємство планує збільшення поголів'я в майбутньому, то можна нарощувати і потужність установки. При використанні біогазової установки підприємства можуть скоротити обсяги використання або будівництва лагун в 2 рази. Сполуки органіки в гної колоїдні, вони перешкоджають випаровуванню вологи з субстрату. У біогазовій установці кількість органіки зменшується, а переброджена маса сепарується. У рідкій фракції органіки практично нема, і вода з не легко випаровується. Одна свиноматка зі шлейфом в 20-24 поросят (вагою до 30 кг) дає в добу приблизно 14,5 кг гною. Свиня на відгодівлі вагою від 30 до 110 кг дає в середньому 4,5 кг. Для розрахунків добового виходу гною маточника використовується постійне маточне поголів'я. Економічно доцільно встановлювати біогазову установку на свинокомплексах з річним виходом свиней не менше 10 тисяч свиней (500 свиноматок). З тонни свинячого гною (суху речовину) можна отримати 65 м<sup>3</sup> біогазу. На тваринницьких комплексах найвигідніше перетворювати біогаз в електроенергію і тепло. Навіть якщо потреби комплексу невеликі, то у підприємства є додаткові технологічні лінії, які споживають електроенергію. Але так само можна використовувати газ і безпосередньо для спалювання, або доочищувати і заправляти біометаном масний автотранспорт.

В Україні тільки на великих свинофермах і птахофабриках щорічно утворюється понад 3 млн. тонн органічних відходів (у перерахунку на суху речовину), переробка яких дозволить одержати близько 1 млн. т умовного палива у вигляді біогазу, що еквівалентно 8 млрд. кВт/год електроенергії.

Використання біогазу забезпечує можливість отримання теплової і електричної енергії, що є особливо привабливим для фермерських господарств. При масовому розповсюдженню біогазових технологій в сільських регіонах можна досягнути значної економії органічного палива. В основі виробництва біогазу лежить процес анаеробного бродіння, тобто ферментація органічних речовин рослинного чи тваринного походження в умовах повної відсутності кисню. Відомо кілька десятків штамів мікроорганізмів, які розкладають складні органічні речовини до простих жирних кислот, і понад десяток штамів, які переробляють ці кислоти на метан, карбону (IV) оксид і воду. Встановлено, що паралельно проходять й інші продукти біохімічних реакцій, але їх кількість незначна. Отриманий біогаз має теплоту згоряння 5340-6230 ккал/м<sup>3</sup>.

Найбільший вихід біогазу в метантенках отримують при температурі 43-52°C. За таких умов, при ферментації 1000 літрів гною на протязі трьох днів можна отримати 4500 літрів біогазу.

Зараз у світі запроваджено близько 60 різновидів біогазових технологій. Внаслідок постійного вдосконалення з'явилася можливість для отримання біогазу використовувати спеціально вирощені трави та інші сільськогосподарські культури, а також їх залишки та відходи лісопереробної промисловості.

Одержуваний біогаз переважно використовується в теплоенергетичних установках, змонтованих поряд з біогазовими установками. Частково тепло використовується для виробничих процесів, але більша частина, як і електроенергія, розподіляється між споживачами. Біогаз, що отримується в процесі анаеробного зброджування гною та інших придатних для цього органічних відходів, є не тільки відновлюваним джерелом енергії, але й екологічним методом переробки та утилізації цих відходів в органічне добриво. Особливі умови ферментування призводять до втрати схожості насіння багатьох бур'янистих рослин та значно знижують забруднення продуктів бродіння хвороботворними мікробами і паразитами.

Велике значення технології отримання і утилізації біогазу мають і у боротьбі з парниковим ефектом, оскільки здатні суттєво зменшити викиди парникових газів (зокрема, метану та карбону (IV) оксиду), що утворюються при розкладанні біомаси. Отже, впровадження анаеробної біотехнології одночасно вирішує низку важливих проблем, які мають важливе практичне та наукове значення.

Програмою державної підтримки розвитку нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики в Україні заплановано створити та освоїти виробництво необхідного обладнання і довести річне виробництво біогазу до 5 млрд.м<sup>3</sup>, що еквівалентно 4,3 млн.т уп. щорічно, але реалізація цього заходу потребує істотних капіталовкладень. Україна має технічні можливості побудувати та експлуатувати понад 100 промислових установок отримання біогазу в метантенках. Так, дослідженнями встановлено, що за рік для опалення 1 метра квадратного житлової площі будинку витрачається 45 метрів кубічних газу, а для одержання 1 кВт год електроенергії необхідно витрати менше 1 метра кубічного біогазу [10].

У біоенергетиці України може бути використаний значний енергетичний потенціал біомаси, в тому числі існуючий в сільському господарстві надлишок соломи і стеблів сільськогосподарських рослин, що складають біля 20 млн. т, для опалювальних котелень, розташованих в сільській місцевості (споживаючих біля 2,9 млн. т у. п. за рік), а також для промислових енергетичних установок.

Покращення інвестиційного клімату шляхом створення відповідних рамкових умов для інвесторів з метою форсування розвитку ринку поновлюваних енергій, тобто: створення стимулів для іноземних інвесторів шляхом дебюрократизації і спрощення процесу, а також прозорості, наприклад,

підчас видачі ліцензій потенційним інвесторам; перевірка інших податкових знижок та податкових пільг; вони вже існують щодо імпорту енергозберігаючих установок в Україну, обмежуючись українськими компаніями, що імпортують в Україну енергозберігаючі матеріали, установки і запчастини. Ці компанії звільнено як від сплати ввізного мита, так і від податку на додану вартість. Передусім вигоду від цього отримують спільні підприємства. У випадку будівництва біогазової установки 50% матеріалів повинні мати вітчизняне походження. Таким чином, виробництво біогазу є перспективною галуззю виробництва біопалива поряд з виробництвом біодизелю та біоетанолу. При чому його виробництво може бути найдешевшим через низьку собівартість сировини і наявність можливостей побудови біогазових установок у кожному регіоні, якщо виникне така необхідність. Серед усіх поновлюваних енергій біогаз має особливий статус, оскільки він знаходить різноманітне застосування у сферах електроенергетики, виробництва тепла і використовується в якості пального, а також може постійно вироблятися відповідно до потреб на основі наявної місцевої сировини. Виробництво біогазу дасть можливість зменшити енергозалежність нашої держави, створити нові робочі місця, вирішити проблеми утилізації відходів, зокрема тваринництва, покращити екологічну ситуацію.

При відсутності перемішування біомаси в реакторі, через деякий час спостерігається розділення біомаси з утворенням шарів за рахунок різниці в щільності окремих мінеральних та органічних компонентах, а також за рахунок флоатації частинок при газовиділенні. При цьому більша частина біомаси анаеробних бактерій знаходиться в нижній частині реактора, а органічна частина біомаси субстрату накопичується у верхній частині реактора [7]. Наслідком цього є те, що зона контакту анаеробних бактерій із біомасою субстрату обмежена пограничним шаром вказаних частин реактора. Плаваюча кірка із твердих органічних речовин також блокує вихід біогазу. Сприяння контакту анаеробних бактерій із біомасою субстрату забезпечується за рахунок перемішування субстрату, однак при цьому інтенсивного перемішування слід уникати, оскільки це може призвести до припинення анаеробного зброджування за рахунок порушення симбіозу ацетогенних та метаногенних бактерій. На практиці компроміс досягається за рахунок повільного обертання мішалок або їх роботи упродовж короткого часу [8-9].

В Україні біогазові технології не мають широкого поширення у промислових масштабах (табл. 3). Сучасні біогазові установки розділяються на два види за технологією підготовки і бродіння сировини: рідкофазна технологія (вологість зброджуваної органічної маси більше 85 %) і твердофазна (вологість органічної маси менше 85%).



Таблиця 3. Потенціал виробництва біогазу в агровиробстві України

Вид діяльності	Кількість підприємств в Україні	Загальні обсяги основних відходів, тис. т.	Потенціал виробництва біогазу із загальних обсягів відходів і продукції, млн кубометрів на рік
Всього в Україні	11700	39800	9550
Цукрові заводи	60	23265	980
Пивзаводи	51	1020	125
Спиртові заводи	58	2700	118
Ферми ВРХ	5080	15432	390
Свиноферми	5640	5670	160
Птахофабрики	785	4725	380
Силос кукурудзи			7440

Агропромисловий комплекс України, виробляючи великі обсяги органічних відходів, має достатньо ресурсів для виробництва біогазу, які здатні замінити 1,5 млрд м<sup>3</sup> газу в рік. За інтенсивного розвитку даної галузі та широкому використанні рослинної сировини даний потенціал можна довести до 18 млрд м<sup>3</sup> в перерахунку на природний газ.

Твердофазне бродіння являє собою серію послідовних операцій. Вихідна сировина, наприклад, біологічні відходи, гній, шлам, жири або зелена маса, поміщаються в герметично закритий ферментер і, як правило, нагріваються та перемішуються. При цьому, внаслідок анаеробних процесів, утворюється біогаз. У даний час біогаз застосовується, в основному, для комбінованого виробництва електроенергії і тепла в блокових міні-ТЕЦ. Газову суміш очищають від сірководню (H<sub>2</sub>S) і подають до газопоршневого двигуна, який приводить в обертання генератор. Вироблений таким чином електричний струм надходить в мережу. Тепло із системи охолодження двигуна і тепло вихлопних газів відводяться за допомогою теплоносія для подальшого використання. Частина цього тепла (15-30%) необхідна для підігріву біосировини та підтримання вибраної температури ферментації, так як бактеріальні штами, що відповідають за розкладання біомаси, найбільш продуктивні в діапазоні температур від 37°C (мезофільні) до 55°C (термофільні). Надлишкове тепло може бути використане різними споживачами.

У питанні розвитку технологій твердофазного зброджування необхідно приділяти увагу удосконаленню мікробіологічних процесів ферментації біомаси та пошуку ефективних конструктивно-технологічних рішень ферментерів, особливо це стосується технологічних операцій завантаження біомаси, її безперервного перемішування і дотримання стабільного температурного режиму роботи ферментера [10].

Таким чином, низька ефективність процесу виділення метану під час твердофазного бродіння в існуючих біореакторах обумовлена в першу чергу відсутністю засобів для проведення належної гомогенізації реагуючої біомаси. При твердофазному зброджуванні, в залежності від фізичного стану сировини, а також потреб замовника, варіанти виконання біогазових установок можуть відрізнятися як технологіями переробки так і устаткуванням. Кожен проект біогазової установки індивідуальний, але створений із застосуванням типових рішень, адаптованих до навколишніх умов. Поширеним методом виробництва біогазу є анаеробне зброджування рідкої біомаси ( $W=90-95\%$ ) метаногенеруючими мікроорганізмами. Застосування рідкофазних технологічних процесів є більш поширеним у практиці використання біогазових установок. Цей процес полягає у безперервному введенні невеликими порціями вхідної сировини в метантенк, який представляє собою місткість змішувач без доступу повітря, де підтримується задана вологість і температура. Такі реактори виконуються із залізобетону або сталі і мають антикорозійне покриття. Спеціальні мішалки забезпечують переміщення сировини з основною реагуючою біомасою. Це сприяє певній однорідності ферментаційної суміші, частково стримуючи утворення поверхневої кірки.

Виділений у процесі ферментації біогаз накопичується під куполом, потім проходить систему очищення і подається до споживачів (котел або когенераційна установка). Біогазові установки з анаеробними реакторами такої конструкції в даний час є діючим елементом сучасного, безвідходного виробництва в багатьох галузях сільського господарства та харчової промисловості. Якщо на підприємстві є відходи сільського господарства або харчової промисловості, з'являється реальна можливість за допомогою біогазових установок не тільки значно скоротити витрати на енергію, але й підвищити ефективність підприємства, отримати додатковий прибуток. У конструкціях біогазових установок закладений принцип модульності, що дозволяє при необхідності нарощувати їх продуктивність.

**Висновки.** Виробництво біогазу є ефективною та інвестиційно привабливою технологією, що зумовлюється наявністю значного сировинного потенціалу, сприятливими природно-кліматичними умовами та низьким рівнем собівартості даного виду енергії. Проте Україна перебуває на початковому етапі запровадження відновлюваних джерел енергії, недостатньо вивченими є науково-технічні та економічні проблеми виробництва і використання біогазу.

## Список використаних джерел

1. Алімов Д.М. Технологія виробництва продукції рослинництва. Київ. Вища школа, 1994. 287 с.

2. Біопалива (технології, машини, обладнання. КиївЦТІ «Енергетика і електрифікація», 2004. 256 с.
3. Паліський В.М. Енергетичний і метаногенний потенціал соломи зернових культур, ріпаку і кукурудзи. Науковий вісник Національного ун-ту біоресурсів і природокористування України. Вип. 146: зб. наук. праць. НУБПУ, 2010. С. 9-18.
4. Степанов Д.В. Оцінка можливостей отримання енергоносіїв з органічних відходів з урахуванням техногенного навантаження на навколишнє середовище. Наукові праці ВНТУ. 2012. №1. С. 45-53.
5. Калетнік Г.М., Скорук О.П., Ратушняк А.А. Доцільність виробництва біогазу в Україні [Електронний ресурс]. Режим доступу: [http://www.rusnauka.com/34\\_NIEK\\_2010/Economics/75102.doc.htm](http://www.rusnauka.com/34_NIEK_2010/Economics/75102.doc.htm).
6. Токарчук Д.М. Виробництво і використання біогазу в Україні: економічні і соціальні перспективи. Збірник наукових праць Таврійського державного агротехнологічного університету 2013. Збірник 22. Том 3. С. 338-346.
7. Новітні технології біоенергоконверсії: Монографія. Я.Б. Блюм, Г.Г. Гелетуха, І.П. Григорюк, В.О. Дубровін, А.І. Ємець, Г.М. Забарний, Г.М. Калетнік, М.Д. Мельничук, В.Г. Мироненко, Д.Б. Рахметов, С.П. Циганков. К: «Аграр Медіа Груп», 2010. 360 с.
8. Хажмурадов М.А. Установка та технологія по утилізації біогазу. Наука та інновації. 2006. № 4. С. 19.
9. Mazur, V.A., Mazur, K.V., Pansyрева, H.V., Alekseev, O.O. (2018). Ecological and economic evaluation of varietal resources *Lupinus albus* L. in Ukraine. *Ukrainian Journal of Ecology*, 8(4), 148-153.
10. Поліщук В.М. Вплив режимів метанового бродіння на ефективність виробництва біогазу. Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування: Зб. наук. праць. Київ, 2013. № 185. Ч. 3 С. 180-191.

## **Аннотация**

### **ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ ПРОИЗВОДСТВА БИОГАЗА ИЗ ОРГАНИЧЕСКОГО СЫРЬЯ**

Панцырева А.В.

*В статье представлены решения проблемы обострения загрязнения окружающей среды органическими отходами животноводческой и растениеводческой отраслей, а также рассмотрен вопрос растущего дефицита энергетических ресурсов, которые являются главными мотивами интенсификации европейских разработок в области производства и*

использования биогаза. Установлено, что производство биогаза, который является продуктом анаэробного сбраживания навоза и сельскохозяйственных культур, дает не только возобновляемую энергию, но является эффективным путем борьбы с загрязнением воды и воздуха вредными отходами. В области производства биогаза АПК Украины имеет огромный потенциал. Сырьем могут быть другие отходы растительного и животного происхождения, продуцируемых пищевой, фармацевтической и ферментной индустрией, садовыми хозяйствами, предприятиями общественного питания, рынками, а также бытовые отходы.

## **Abstract**

### **TECHNOLOGICAL ASPECTS OF BIOGAS PRODUCTION FROM ORGANIC RAW MATERIALS**

Pantsyreva H.V.

*The article presents the solution of the problem of exacerbation of environmental pollution with organic waste of livestock and crop production, as well as the issues of growing shortage of energy resources, which are the main motivations of intensification of European developments in the field of production and efficient use of biogas. It has been established that the production of biogas, which is the product of anaerobic digestion of manure and crops, not only provides renewable energy, but is an effective way to combat the pollution of water and air with harmful waste. In the field of biogas production, the agroindustrial complex of Ukraine has enormous potential. Raw materials may be other waste of plant and animal origin, produced by the food, pharmaceutical and enzymatic industries, horticultural enterprises, catering enterprises, markets, as well as domestic waste.*

## ВПЛИВ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ЯКІСТЬ ШКАРАЛУПИ ХАРЧОВИХ ЯЄЦЬ КУРЕЙ ПРИ ІСНУЮЧОЇ ПРАКТИКИ ЇХ ЗБОРУ І СОРТУВАННЯ

**Тимофєєв В.М., к.с.-г.н., доцент**

*(Харківська державна зооветеринарна академія, timofeev51@ukr.net)*

**Горбаньов А.П., к.с.-г.н., доцент**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, agorbanov48@gmail.com)*

*В статті обговорюються питання впливу на якість шкарлупи яєць технологія збору яєць та їх сортуванню. Аналіз небезпечних факторів надає можливість визначити, які з них є ймовірними, шляхи їх усунення або зниження до допустимого рівня*

**Ключові слова:** *якості яєчної шкарлупи, міцності шкарлупи, стрічковий транспортер, ушкодження яйця, підніжна грата, площа ушкодження, сила зіткнень, бій яєць, механічний вплив технологічного обладнання.*

**Вступ.** Одна з найбільш найактуальніших проблем в яєчному птахівництві- технологічний брак яєць, що є збитковим для підприємств, який стоїть досить гостро на сьогоднішній день при виробництві харчових яйєць в усьому світі.

Особливу увагу заслуговує створення умов, які забезпечують збереженість і чистоту яєць після їх знесення. Це стосується, в основному, оптимізації збору, транспортування і сортування яєць.

Досвід роботи птахівницьких підприємств свідчить про доцільність роботи щодо значного поліпшення якості яєць як селекційними, так і технологічними методами. Поліпшення технологічних факторів в багатьох випадках є більш доцільними і ефективними.

На якість яєць впливають вік і фізіологічний стан організму птиці, особливості годівлі птиці, умови утримання птиці, якісна робота технологічного устаткування

Важливим для господарства є визначення переліку всіх небезпечних факторів впливу на якість яєць, які можуть мати місце на кожному кроці виробництва . Аналіз небезпечних факторів надає можливість визначити, які з них є ймовірними, шляхи їх усунення або зниження до допустимого рівня. Такий підхід надає можливості визначити критичні контрольні точки при веденні технологічного процесу.

Основні шляхи до зниження бою і насічки яєць два:

- 1) підвищення міцності шкарлупи;
- 2) зниження рівня механічних впливів технологічного обладнання на

знесене яйце.

### **Матеріали и методи досліджень.**

На птахофабриці «Зоря» Харківської області проводили дослідження впливу роботи технологічного устаткування на якість яєць. Було проаналізовано шлях збору яєць з моменту знесення до упаковки після сортувальної машини. Виявленні критичні точки в системі транспортування та сортування яєць і їх нівелювання.

На першому етапі збору яєць, з моменту знесення та транспортуванні до яйцесортувальних машин кількість бою складала 1,1-1,7%; на другому етапі — під час сортування і кінцевої упаковки — від 4,6 до 14,5%.

Збір яєць за допомогою стрічкового транспортера зменшує щільність, їх взаємного розміщення при транспортуванні, частоту зіткнень і, отже, бій. Зі збільшенням кратності збору яєць, кількість пошкоджених яєць набагато знижується. Так, наприклад, кожен додатковий збір яєць зменшує бій в 1,2-1,4 рази. При дворазовому зборі бій яєць досягає 5-5,5%, при трьох- і чотириразовому знижується до 1,1-2% відповідно. На кратність збору яєць впливає надходження яєць від курей (максимум припадає з 9 до 14 год робочого дня).

Бій яєць значно зменшується, якщо скорочується число перевалочних операцій.

Пошкоджені яйця класифікували виходячи з того, чи сталися тріщини на шкаралупі від стискування, або від удару, а також по площі і по місцю розташування ушкодження.

Зменшити механічні ушкодження шкаралупи можна тільки шляхом оптимізації функціонування усіх технічних засобів збору, транспортування і сортування яєць.

Знесене яйце скочується на транспортувальні стрічки з підніжної грати. Чим вище її амортизуючі властивості, тим менше пошкоджується шкаралупа. Якщо яйце падає на тверді грати, практично позбавленої амортизуючих властивостей, то для ушкодження шкаралупи достатня мінімальна висота падіння (біля 1 см) Якщо амплітуда амортизації грат біля 1 мм, яйце не розбивалось.

Амортизуючі властивості підніжної грати залежать від її кута нахилу, товщини і стану поверхні дроту (прутків), з якого вона виготовлена, величини навантаження на неї ваги птиці.

Чим більше діаметр прутків підніжних грат, тим вище бій і насічка яєць. Наприклад, при діаметрі підніжних грат 2 мм пошкодження яєць складала 1 %, при 2,5мм-2 %, а при 3 мм - 5 %.

Причинами бою і насічки яєць є занадто великий або занадто малий нахил підлоги.

При великому нахилі підвищується швидкість скачування яєць на яйце збірну стрічку. Занадто малий нахил призводить до затримки яєць на під-ножних гратах, збільшує їх забрудненості і ушкодження. При нахилі 5° з клітини не

викочувалося 2,8%, а при 6-7°-тільки 1,9% яєць. Оптимальним для групових клітин утримання птиці є нахил - 6-7°. При цьому треба стежити, щоб підніжна грата не мала прогинів, які з'являються з роками і на яких яйця затримуються під ногами несучок, забруднюються і б'ються.

При переущільненій посадці курей-несучок збільшується окрім іншого навантаження на підніжну грату, і це також підвищує її жорсткість і призводить до збільшення бою яєць. Так, наприклад, при площі підлоги клітини на 1 голову 490 см<sup>2</sup> бій і насічка яєць склали 2,5%, при 430 см<sup>2</sup>- 3,9%, а при 380 см 2-5,0%.

Будь-які помітні нерівності на підніжних гратах приводять до збільшення бою і насічки яєць. При скачуванні яєць шкаралупа ушкоджується, як правило, ближче до «екватора», а під час знесення - на «полюсах».

Бій і насічка яєць виникають при швидкості викатування їх на стрічку (більше 30 см/с), якщо нахил підніжних грат збільшений.

На прямолінійних ділянках стрічкового транспортера, що рухається зі швидкістю не вище 33 см/с, ушкодження яєць зазвичай не відбувається. Вони виникають в місцях, де змінюється направлення руху транспортера по вертикалі або горизонталі, і досягають 6% і більше (рис.1).

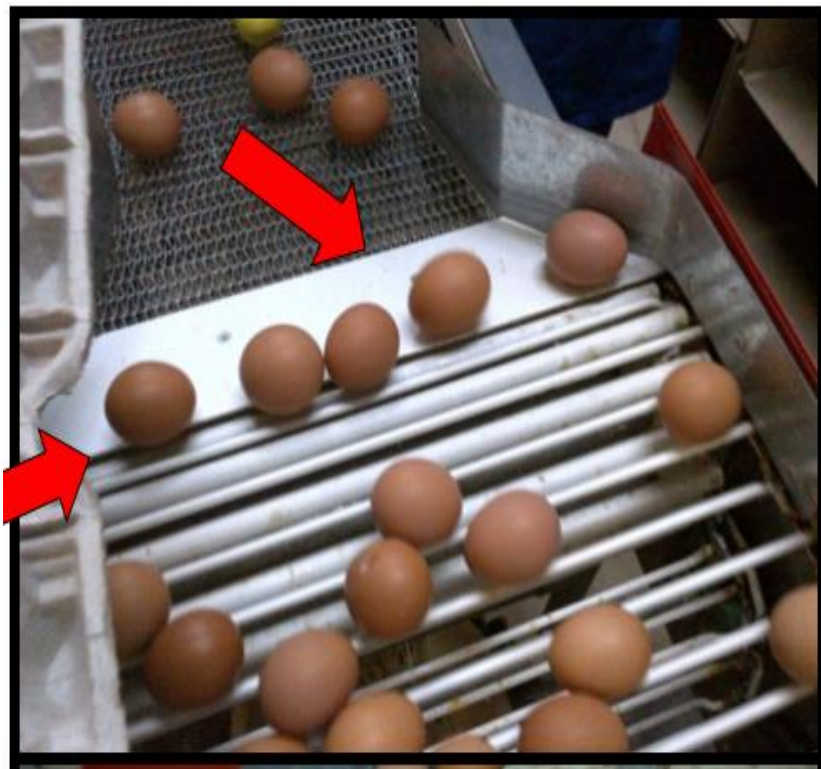


Рис. 1. Зміна направлення руху транспортера по вертикалі або горизонталі

Ділянка підвищеного бою - накопичувальний стіл, з якого яйця укладають в тару. При нахилу 4-5° тут пошкоджується до 9% яєць.

На ділянках можливого ушкодження яєць (при викочуванні з клітин, сході з елеваторів або стрічок) треба встановлювати гасителі швидкості у вигляді м'яких шторок або інших пристосувань.

При ручному зборі бій і насічка яєць залежить, головним чином, від сумлінності і досвіду операторів і зазвичай не перевищує 2%. Проте неухважність або малий досвід робітниць при зборі і укладанні яєць в горбкуваті прокладки може бути причиною збільшення насічки до 7-9%. При недбалій ручній укладці яєць в горбкуваті прокладки бій досягає 9%, при акуратній - 0,3-0,5%.

Яйця ушкоджуються при доставці їх на яйце склад, тим більше, чим більше при цьому проводиться перевалочних операцій. При сортуванні яєць, чим більше прокладок в стопці, тим вище вірогідність ушкодження яєць в нижніх прокладках. Частіше ушкоджуються при цьому яйця дуже великі, неправильної форми або укладені неправильно (гострим кінцем вгору або горизонтально). Через 5-7 годин знаходження яєць в стопах заввишки в 10-12 прокладок, бій і насічка збільшуються на 1,5-1,8 %, а можуть і до 3,5%. Не підвищується бій і насічка при зберіганні яєць в стопах заввишки в 6-8 прокладок. Слід обов'язково враховувати розмір горбкуватості прокладень.

Природно, що причиною бою і насічки яєць є недбале перекладання бугорчатих прокладок з яйцями на візки, контейнери транспортування до яйце складу по нерівній дорозі або на підвищеній швидкості.

Для зниження бою і насічки яєць необхідно розробляти оптимальний режим збору яєць, який будується з урахуванням добового ритму яйцекладу, світлового режиму.

У 85-97% випадків площа ушкодження займала одну четверту і менш усій площі шкаралупи яйця. Місце розташування тріщини на шкаралупі яйця було пов'язане з моментом, коли ця тріщина була отримана: при транспортуванні яєць в сортувальний цех або під час сортуванні їх на сортувальній машині. Залежно від того, чи знаходилася тріщина на гострому кінці яйця, тупому або на екваторі, або переходила з одного «району» площі шкаралупи в іншій, пошкоджені яйця розподіляли на групи, після вивчення яких з'ясувалося, що тріщини, отримані на етапі сортування яєць, захоплювали два-три «райони» площі шкаралупи яйця, які не зосереджувались в одному місці площі яйця.

Для зниження запиленості шкаралупи черговий збір яєць, необхідно закінчувати до роздачі корму і систематично проводити вологе прибирання приміщення і обладнання.

**Висновок.** На підставі проведеного аналізу зроблені певні висновки для поліпшення транспортування яєць до сортувальних машин, процесу сортування та упаковки, зменшення кількості зіткнень яєць. Виконання всіх заходів дозволяло знизити технологічний брак яєць в середньому до 4-5%.

Тестування обладнання з транспортування та сортування яєць допомагає підвищити кількість яєць вищого ґатунку, зменшити кількість пошкоджень шкаралупи яєць та зменшити собівартість виробленої продукції.

Поставлена мета досягалась шляхом виявлення критичних точок в системі транспортування яєць і їх нівелювання та поліпшення.

Так, наприклад, реєструючи силу зіткнень при різних перешкодах, які зустрічаються на шляху яєць (виступи, направляючі планки і т.д.), зрозуміли



наскільки критичними вони є для шкаралупи, і в разі необхідності робили відповідні коригування транспортувальної системи та обладнання сортування яєць.

Отже, лише комплексний підхід до проблеми якості яєць надає можливість з'ясувати вплив кожної стадії виробництва на кінцевий результат.

### Список використаних джерел

1. Буряк Р.І. Управління якістю продукції птахівництва: дис. ... канд. екон. наук./Буряк Руслан Іванович- К., 2003-211с.
2. Производство куриных яиц/ Ю.А.Рябоконе, И.И.Ивко, В.А.Мельник и др./Под редакцией Ю.А.Рябоконе. –Харьков: Эспада, 2005. – 304с.
3. Підприємства птахівництва: Відомчі норми технологічного проектування / ВНТП – АПК – 04.05. – К.: Мінагрополітики України, 2005. – 92 с.
4. Довідник птахівництва /М.І. Сахацький, І.І. Івко та інші/ Під редакцією М.І. Сахацького – Харків. 2001 – 160с.
5. Царенко П.П. Повышение качества продукции птицеводства: пищевые и инкубационные яйца.- Л.: Агропромиздат.-1988.- 240 с.

### Аннотация

#### **ВЛИЯНИЕ РОБОТЫ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ОБОРУДОВАНИЯ НА КАЧЕСТВО СКОРЛУПЫ ПИЩЕВЫХ ЯИЦ КУР ПРИ СУЩЕСТВУЮЩЕЙ ПРАКТИКИ ИХ СБОРА И СОРТИРОВКИ**

Тимофеев В.Н., Горбанев А.П.

*В статье обсуждаются вопросы влияния на качество скорлупы яиц технология сбора яиц и его сортировке. Анализ факторов влияния позволяет определить, какие из них являются критичными и их устранение или снижение до допустимого уровня*

*Ключевые слова: качества яичной скорлупы, прочность скорлупы, ленточный транспортер, повреждения яйца на подножной решотке.*

### Abstract

#### **INFLUENCE OF WORK OF TECHNOLOGICAL EQUIPMENT ON THE QUALITY OF A SHELL OF DIETARY EGGS OF HENS AT THE EXISTING PRACTICE OF EGG COLLECTION AND SORTING**

Tymofeyev V.N., Horbanov A.P.

*The problem of the increase in the quality of an egg shell and factors that influence its quality have been constantly studying for the years of the existence of the industrial poultry farming. There are two ways to reduce egg breaking and notch: the first one is to increase shell strength; the second way is to decrease the level of mechanical influence of the technological equipment on the laid egg.*

## ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ ПОСАДКИ КУРЧАТ БРОЙЛЕРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДГОДІВЛІ

**Тимофєєв В.М., к.с.-г.н., доцент**

*(Харківська державна зооветеринарна академія, timofeev51@ukr.net)*

**Горбаньов А.П., к.с.-г.н., доцент**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка, agorbanev48@gmail.com)*

*У статті обговорюються питання відпрацювання комплексної ресурсозберігаючої технології вирощування бройлерів різних вагових категорій при диференційованих параметрах щільності посадки.*

***Ключові слова:** бройлер, ресурсозбереження, вихід м'яса, умови утримання, щільність посадки, технологічні параметри*

**Постановка проблеми.** Актуальним завданням ресурсозберігаючої технології вирощування бройлерів є одержання максимального виходу продукції з одиниці площі пташника за мінімальних затрат праці й матеріально-енергетичних засобів. Залишаються актуальними питання коригування рекомендованих програм вирощування курчат бройлерів з метою підвищення інтенсивності його росту, поліпшення м'ясних якостей птиці, а також досягнення максимального економічного ефекту

Сучасна технологія виробництва бройлерів передбачає широкий комплекс послідовних операцій, що включають, утримання батьківського стада та виробництво інкубаційних яєць, вирощування бройлерів, забій і переробку кінцевої продукції, застосування найсучасніших режимів годівлі курчат, сучасного обладнання, якісних кормів. Нині набувають поширення ресурсозберігаючі технології, в основу розробки яких покладені нові досягнення біологічних наук і науково-технічного прогресу. Основою для ведення прогресивного технологічного процесу є високопродуктивний потенціал сучасних м'ясних кросів курок. Генетичний потенціал сучасних кросів птиці виражається в середньодобових приростах в 50-55 грамів, витратах корму на 1 кг приросту – 1,9-2,2 кг, вихід інкубаційних яєць від однієї несучки - 150-157 яєць, вихід бройлерів від однієї несучки - 120 голів, діловий вихід молодки - не менше 80%. Витрати корму на 1 молодку за 26 тижнів - не більше 14-12,5 кг, витрати корму на 1000 яєць - 2,5ц, на 1 голову - 36 кг.

У технологічному процесі сучасні кроси м'ясної птиці дозволяють досягати наступних показників м'ясних якостей :

- забійний вихід патронної тушки - 70-72%;
- вихід м'яса у відсотках від тушки - 65%;
- вихід їстівних частин від живої маси - 54-57% і вище;
- вихід грудного м'яза – до 25%;
- вихід філе - 16-17%;
- відношення їстівних частин до неїстівних у півників 4,39 – 5.76 у курочок 4,66 – 5,52.

Для досягнення цих результатів при вирощуванні бройлерів необхідно

забезпечити дотримання комплексу технологічних нормативів. Серед технологічних факторів, які мають значний вплив на продуктивність птиці слід відзначити щільність посадки курчат. Шляхом регулювання щільності посадки бройлерів можливо підвищити їх м'ясну продуктивність, а також економічну ефективність виробництва.

**Цілі статті.** Займаючись виробництвом м'яса бройлерів, кожне господарство повинне оптимізувати технологічні параметри, що підбираються з урахуванням біологічних особливостей птиці. Необхідно знайти правильне поєднання таких показників, як термін вирощування, кінцева жива маса, щільність посадки і вихід м'яса з одиниці площі для бройлерів конкретного кросу.

**Виклад основного матеріалу.** Технологія вирощування бройлерів на підстилці найбільшою мірою відповідає їх фізіологічним потребам.

Як вже відзначалося вище, щільність посадки бройлерів залежить від їх маси, яку планується отримати у кінці відгодівлі. На практиці для контролю щільності посадки використовують такий критерій, як вихід м'яса в забійній вазі, що отримується з одного квадратного метра площі. В середньому цей показник при вирощуванні бройлерів на підлозі складає 24-28 кг, а високим він вважається, якщо перевищує 30 кг.

Проведені дослідження по впливу щільності утримання бройлерів на підлозі на ефективність виробництва м'яса бройлерів шляхом регулювання величини щільності-посадки бройлерів на глибокій підстилці в розрахунку на 1 м<sup>2</sup> площі пташника. Експериментальні дослідження були проведені в умовах пташника Харківської зооветеринарної академії. Дослідження проведені на кросу «Кобб-500» Параметри мікроклімату, фронт годівлі та напування відповідали зоотехнічним нормативам, встановленим фірмою-постачальником. Пташник обладнано обладнанням фірми «Big Dutchman».

Схема дослідження наведена в таблиці 1.

Таблиця 1 - Схема дослідження

Показник	I (контрольна)	2	3	4	5
Кількість голів у групі	50	50	50	50	50
Щільність посадки, гол./м <sup>2</sup>	22	14	16	18	20

Таблиця 2 - Жива маса бройлерів при різній щільності утримання, г

Вік, діб	Група				
	1	2	3	4	5
	Щільність посадки бройлерів, гол./м <sup>2</sup>				
	22	14	16	18	20
7	156±0,97	170±0,50***	167±0,85***	164±2,92**	161±3,17*
14	401±3,21	425±1,10***	420±1,72***	422±5,69***	418±6,11**
21	799±9,83	987±2,30***	890±4,01***	885±8,29***	834±1,8**
28	1388 ± 18,4	1533±2,10***	1500±15,13***	1461±14,1***	1450±29,2*
35	1720±27,0	2120±28,4***	2088±12,2***	1966±22,0***	1787±39,1***
42	2025±33,2	2477±36,0***	2429 ±48,9***	2381±38,5***	2256±51,2***
45	2345±37,1	2825±46,1***	2775±50,1***	2680±21,0***	2618±42,0***

Примітка. \*P<0,05; \*\*P<0,01; \*\*\*P<0,001 (різниця вірогідна відносно контрольної групи).

**Результати досліджень.** Внаслідок проведених досліджень було встановлено, що щільність посадки істотно впливає на інтенсивність росту курчат.

Спостерігалася перевага за живою масою курчат дослідних груп порівняно з контрольною групою. Таку закономірність можна пояснити тим, що з віком підвищується жива маса і збільшується конкуренція за фізіологічні потреби між бройлерами.

Найбільшу живу масу (2825 г) наприкінці вирощування мали бройлери, яких утримували з щільністю посадки 14 гол./м<sup>2</sup>, а найменшу - курчата контрольної групи (2345 г), щільність посадки яких у пташнику складала 22 гол./м<sup>2</sup> (табл. 2).

Перевага за живою масою бройлерів, яких вирощували зі зниженою щільністю посадки була забезпечена комфортнішими умовами утримання, меншою конкурентною боротьбою за фронт годівлі.

Можна зробити висновок, що продуктивність бройлерів можливо підвищити без зміни загальної тривалості технологічного циклу вирощування курчат.

При проведенні оцінки м'ясних якостей бройлерів, яких вирощували за різної щільності посадки, встановлено, що найвищими забійними якостями характеризувалися курчата 2-ї групи, яких вирощували із зниженою щільністю посадки, забійний вихід був на рівні 80 %, який пояснюється підвищеною живою масою бройлерів на період забою. Зі збільшенням щільності посадки спостерігалася зменшення забійної маси бройлерів та їх забійного виходу. Так, у 3, 4 і 5 групах забійна маса була меншим, ніж у бройлерів 2-ї групи відповідно на 2,8; 5,14 % і 7,33 %. Вирощування курчат-бройлерів з підвищеною щільністю посадки (1 група) обумовлює зниження забійної маси на 480 г порівняно з курчатами, яких вирощували зі щільністю посадки 14 гол./м<sup>2</sup> то міст на 17%.

Крім того, була розрахована ефективність використання площі підлоги пташника за різної щільності посадки бройлерів. При щільності посадки 14 гол./м<sup>2</sup> вихід м'яса на одиницю площі пташника становить 37,6 кг; за щільності посадки 16 гол./м<sup>2</sup> - 42 кг; 18 гол./м<sup>2</sup> -46 кг м'яса; 20 гол./м<sup>2</sup> - 50 кг; у контрольній групі курчат, щільність посадки яких становила 22 гол./м<sup>2</sup>, вихід м'яса виявився на рівні 48 кг.

Таким чином, найвища ефективність використання площі спостерігалася у групі курчат, яких вирощували зі щільністю посадки 20 гол./м<sup>2</sup>.

**Висновки.** Для збільшення валового виробництва м'яса бройлерів і підвищення рентабельності виробництва доцільно застосовувати технологічний прийом, який полягає у вирощуванні курчат-бройлерів у пташниках з глибокою підстилкою зі щільністю посадки 20 гол./м<sup>2</sup> до 45-добового віку. В умовах пташнику

Харківської державної зооветеринарної академії такий технологічний прийом дозволив отримувати найбільш ефективні показники вирощування бройлерів.

### Список використаних джерел

1. Виробництво м'яса птиці на Україні. "Птахівництво" №3 (28), -2005, -с. 14-15.
2. Фисинин В.И. и др.. Технология производства мяса бройлеров. — Сергиев посад, — 2005, — с. 50-61
3. Отчеты по выращенным партиям бройлеров СТОВ ИИ "Курганський бройлер".
4. Зернова Ю.В. Выращивание бройлеров высокопродуктивных кроссов при дифференцированной плотности посадки: автореф. дис. на соис. науч. степ. канд. с. -х. наук: спец. 06.02.04/ Ю. В. Зернова. Сергиев Посад. -2009. -17 с.
5. Івко І.І. Ресурсозбереження у птахівництві / І.І. Івко // Сучасне птахівництво. - 2003. - №10. - С. 4-8.
6. Фисинин В. Ресурсосберегающие технологии и конкурентноспособность отрасли / В. Фисинин // Птицеводство. - 2002. ; -№1. -С.2-5.

### Аннотация

#### ВЛИЯНИЕ ПЛОТНОСТИ ПОСАДКИ НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ ОТКОРМА КУРЕЙ БРОЙЛЕРОВ

Тимофеев В.Н., Горбанев А.П.

*В статье обсуждаются вопросы отработки комплексной ресурсосберегающей технологии выращивания бройлеров разных весовых категорий при дифференцированных параметрах плотности посадки и режимы освещенности*

*Ключевые слова: бройлер, ресурсосбережения, выход мяса, условия содержания, плотностью посадки, технологические параметры*

### Abstract

#### IMPACT OF PLANTING DENSITY ON THE EFFICIENCY OF FATTENING BROILER CHICKEN

Tymofeyev V.N., Horbanov A.P.

*The problems of the complex resource-saving technology to rear broilers of different weight categories at differentiated parameters of stocking density and lighting regime have been discussed in the article.*

*Key words: broiler, resource-saving, meat gain, housing /management/ conditions, stocking density, technological parameters.*

## ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ШТУЧНОЇ ОБОЛОНКИ НА НАСІННІ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР

Прасолов Є.Я., к.т.н., професор, Біловол С.А., старший викладач,  
Литовченко А.С., здобувач вищої освіти  
(Полтавська державна аграрна академія)

*У статті проаналізовано способи передпосівного оброблення насіння з утворенням штучної оболонки та машини для здійснення цієї технологічної операції. Встановлено, що актуальним напрямом підвищення ефективності роботи дражиратора є удосконалення його робочого барабана.*

*Розроблено розрахункову математичну модель руху капсульованого насіння по внутрішній стінці барабана, в якому розміщена додаткова робоча поверхня.*

*За результатами досліджень розроблено та виготовлено експериментальний зразок дражиратора, експериментальні випробування якого підтвердили ефективність запропонованого технологічного процесу формування глиняної оболонки на поверхні насіння дрібнонасінних овочевих культур.*

*За результатами експериментів встановлено залежності виходу фракції глиняних капсул від керованих параметрів: відцентрового критерію Фруда, кута нахилу барабана та кута встановлення скатної дошки до горизонту.*

***Ключові слова:** дражиратор, барабан, скатна дошка, передпосівне оброблення насіння, капсульоване насіння, глиняна капсула.*

**Стан питання.** Овочева продукція незамінна складова харчування, сприяє фізіологічному розвитку та функціонуванню організму людини і має важливе значення як складова продовольчої безпеки України.

Врожай овочів залежить від якості сівби і точності розподілення насіння в рядку, від чого залежить подальший розвиток рослин та формування майбутнього врожаю.

Насіння овочевих культур має різні фізико-механічні властивості, тому створити універсальний висівний апарат для сівби дрібнонасінних овочевих культур практично неможливо. Рішенням є використання методу капсулювання посівного матеріалу. Шляхом створення штучної оболонки можна вирівнювати розміри, масу, коефіцієнти тертя та форму насіння.

Передпосівна обробка та удосконалення машини для створення штучної оболонки насіння дрібнонасінних овочевих культур є актуальним напрямом дослідження.

**Мета дослідження** – підвищення ефективності процесу створення штучної оболонки насіння овочевих культур шляхом обґрунтування технологічного процесу дражиратора.

Для досягнення мети слід було вирішити завдання:

1. Провести аналіз способів механізації передпосівного оброблення насіння.

2. Проаналізувати рух капсульованого насіння по внутрішній поверхні барабана дражиратора зі скатною дошкою.

3. Встановити кут відриву капсули від поверхні барабана и рух капсул по скатній дошці.

4. Визначити раціональні параметри експериментальної установки.

5. Сформулювати вимоги до капсульованого насіння для сівби комірчасто-дисковим висівним апаратом.

6. Встановити коефіцієнти тертя і варіації розмірів насіння.

7. Дослідити фізико-механічні властивості капсульованого насіння (статичний і динамічний коефіцієнти тертя).

8. Встановити динаміку появи сходів капсульованого насіння томатів, моркви та перцю.

#### **Аналіз останніх досліджень.**

Дослідження фізико-механічних властивостей насіння проводили вчені: Л. В. Погорілий, Д. Г. Войтюк, П. В. Сисолін, П. М. Заїка, С. І. Пастушенко, Л. А. Трисвятський, С. П. Степаненко, Н. М. Ткаченко [1–4].

Вивченням питання утворення штучної оболонки на насінні займалися : В. А. Доронін, М. Х. Каскулов, О. М. Кухарев, Ж. В. Нікольська, В. Д. Мухін, М. А. Кондак, А. П. Триандофілов, А. В. Янченко, І. Г. Яковлев, Н. П. Ларюшин, М. Фокуока, Н. Асажі, А. Тейлор [5–8].

Дослідження впливу параметрів машини на процес утворення штучної оболонки на насінні вивчали вчені: А. М. Сохроков, В. С. Будько, Р. Х. Джураев, Б. Єскіперов, Є. І. Кубеєв, А. Б. Спірідонов, А. А. Сухов, Ю. А. Тирнов, А. М. Чирков, Р. Гаррет, Д. Скотт [9–12].

У науково-технічних працях наведено результати досліджень утворення штучної оболонки способом дражирування в спеціальних машинах – дражираторах. Проведений аналіз свідчить про відсутність робіт, в яких поєднується розроблення способу формування штучної оболонки на поверхні насіння та розроблення машини з обґрунтуванням її параметрів.

Представлені результати випробувань пневматичних сівалок для сівби овочевих культур: коефіцієнт варіації розподілення насіння уздовж рядка в залежності від марки сівалки становить 15,49–79,4%, кількість утворення «двійників» – 0,7–20,8 % [13, 14].

Аналіз існуючих технологій і технічних засобів для передпосівної обробки насіння для формування на поверхні штучної оболонки показав, що є необхідність у вдосконаленні конструкції дражиратора для більш ефективного формування штучної оболонки на поверхні насіння.

**Результати досліджень.** В теоретичних дослідженнях встановлено вимоги до фізико-механічних властивостей і наведено аналітичні залежності дослідження процесу формування штучної оболонки та руху насіння в капсулах у барабані дражиратора.

Були обґрунтовані параметри комірчасто-дискового висівного апарата :  $d_k$  – діаметр капсул;  $S_z$  – довжина зони западання;  $\sigma$  – середньоквадратичне відхилення розмірів капсул;  $f$  – коефіцієнт тертя капсул. Комірчасто-дисковий висівний апарат включає: 1-висівний диск; 2-відбивач; 3-комірку; 4-насіння.

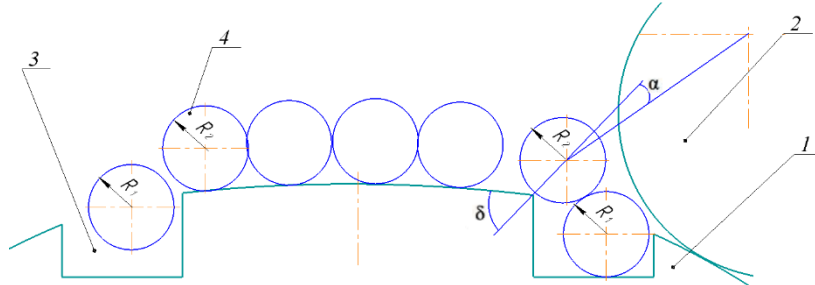


Рис. 1. Схема роботи комірчасто-дискового висівного апарата:

Із введенням зміни в четвертому етапі імітаційної моделі отримаємо тангенс кута западання насіння в комірку:

$$\operatorname{tg} \tau = \frac{R_2 - y}{\sqrt{3R_1^2 + 2R_2y - y^2}}, \quad (1)$$

де:  $R_1, R_2 = \text{const}$  – радіуси западаючого і суміжнього насіння, м;  $y = \text{const}$  – занурення насіння в комірку, м.

Кут відбивання насіння на поверхні комірок розраховують за формулою:

$$\delta = \arccos \frac{2d^2 - 4dR_1 - R_2^2}{2\sqrt{(d - R_1)^2(t + R_2^2)}}. \quad (2)$$

Відокремлення насіння в барабані визначають кутом відбивання:

$$\alpha = \arccos \frac{2d^2 - 4dR_1 - R_2^2}{2\sqrt{(d - R_1)^2(t + R_2^2)}} - \arccos \frac{d - R_1}{(d - R_2)\sqrt{2}} - \arcsin \frac{2 + d - R_2 \sin \delta}{R_2 + 2}, \quad (3)$$

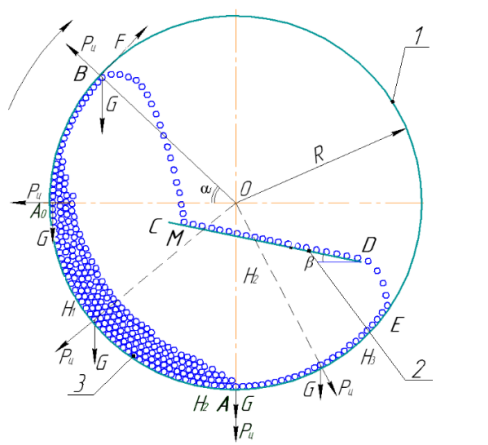
де:  $d = t$  – діаметр і глибина комірки, м.

В результаті імітаційного моделювання процесу сіви визначено, що точність посіву практично забезпечується за умов: коефіцієнт тертя рівний 0,5 та середньоквадратичне відхилення розмірів капсул становить  $\pm 0,1 \dots \pm 0,2$  мм, а



коефіцієнт варіації розмірів капсул – не більше 5–8 % [16].

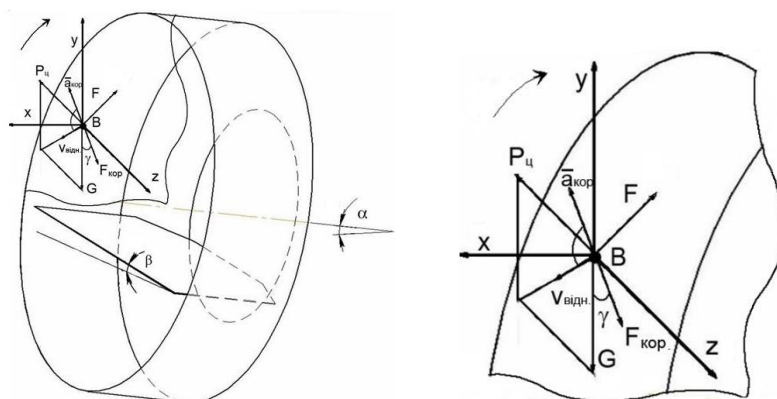
Рух капсул з насінням в дражираторі має водоспадний режим. Робочі ділянки формування штучної оболонки – АВ та ЕА (рис. 2). Для збільшення продуктивності дражиратора слід збільшити діаметр барабана, але це приведе до збільшення габаритів та вартості. Запропоновано встановити в барабан дражиратора додатковий робочий елемент – скатну дошку, тоді дражиратор матиме таку будову: 1–барабан; 2–скатна дошка; 3–капсула, що піднімається;  $H_1, H_2, H_2', H_3$ –зони положення капсул. Ділянка CD – додаткова робоча поверхня для формування капсул кулеподібної форми [17].



$R$  – радіус барабана;  $P_{ц}$  – відцентрова сила інерції, Н;  $F$  – сила тертя, Н;  $G$  – сила тяжіння, Н;  $\alpha_1$  – кут підйому капсул, град.;  $\beta$  – кут установлення скатної дошки, град.

Рис. 2. Схема дражиратора з різним положенням капсул

Нахил барабана змінює умову відриву капсул. В результаті аналітичних досліджень з'ясовано, що на ефективність роботи дражиратора впливає кут нахилу барабана. Розглянемо рух капсул в похилому барабані (рис. 3).



$F_{кор}$  – сила Коріоліса, Н;  $a$  – прискорення Коріоліса,  $m/c^2$ ;  $v_{відн.}$  – відносна швидкість капсули,  $m/c$ ;  $\gamma$  – кут між коріолісовою силою та силою тяжіння, град.;  $\alpha$  – кут нахилу барабана, град.

Рис. 3. Розрахункова схема сил дражиратора, встановленого під кутом до горизонту

Рівняння умови відриву капсули від внутрішньої стінки барабана:

$$m\omega^2 R \sin \alpha_1 \sin \alpha - mg - F_{\text{кор}} \cos \gamma = 0, \quad (4)$$

де:  $F_{\text{кор}} = -2m\omega \times v$  – сила Коріоліса, Н;  $\alpha_1$  – кут відриву капсули від стінки барабана, град.;  $\omega$  – кутова швидкість обертання барабана,  $\text{с}^{-1}$ .

Зробивши ряд перетворень, отримаємо:

$$\sin \alpha_1 = \frac{g + a_{\text{кор}} \cos \gamma}{\omega^2 R \sin \alpha} \quad (5)$$

де:  $a_{\text{кор}} = -2\omega \times v$  – прискорення Коріоліса,  $\text{м}/\text{с}^2$ .

Кут підйому капсули в барабані дражиратора визначається:

$$\alpha_1 = \arcsin \frac{g + a_{\text{кор}} \cos \gamma}{\omega^2 R \sin \alpha}. \quad (6)$$

У точці відриву починається вільний політ капсули в площині діючих сил: ваги, інерції та тертя.

Для розв'язання задачі приймаємо метод багатofакторного експерименту. Розглянемо рух одиначної капсули на ділянках: АВ – перехід капсули з насінням зі стану спокою в стан руху; ВС – відрив капсули з насінням від стінки барабана MD – рух капсул по скатній дошці; DE – відрив капсул з насінням від скатної дошки; EA – рух капсул по внутрішній стінці барабана.

В досліді барабан обертається за годинниковою стрілкою і захоплює за собою капсули, що потрапили на нижню частину барабана. На кожную капсулу під час обертання барабана діють: сила  $G$  тяжіння, направлена вниз; сила тертя  $F$  і відцентрова сила інерції  $P_u$ , направлена від центра  $O$  обертання. При подальшому обертанні барабана нове положення капсули буде в точці  $B$  після повороту радіуса  $OA_0$  і його переходу в положення  $OB$ . При такій зміні положення капсули можливий її відрив від поверхні барабана.

У положенні  $B$  капсула знаходитиметься у відносному спокої, якщо суми проєкцій цих сил на горизонталь і вертикаль будуть рівні нулю. Умова відриву капсули від стінки барабана дражиратора:

$$mR\omega^2 \leq mg \sin \alpha_1, \quad (7)$$

Тоді:

$$\frac{\omega^2 R}{g} \leq \sin \alpha_1 \quad (8)$$

Відношення  $\frac{\omega^2 R}{g} = Fr$  – безрозмірна величина - відцентровий критерій

Фруда, що показує відношення відцентрових сил до гравітаційних. Після відриву капсула здійснює вільний політ на скатну дошку до точки  $M$  (рис. 2).

Для виведення рівнянь польоту капсули на скатну дошку розглянемо систему координат  $xBy$  з початком в точці  $B$ . Нехай капсула падає по параболічній кривій. На капсулу вниз діє сила  $G$ , опір повітря не враховуємо.

Враховуючи, що початкова швидкість польоту капсули в проекціях на вісі координат дорівнює:  $v_x = \omega R Fr$ ,  $v_y = \omega R \sqrt{1 - (Fr)^2}$ , тоді рівняння траєкторії польоту капсули в системі координат  $xOy$  з урахуванням відцентрового критерію Фруда матиме вигляд:

$$y = \frac{R(1 + Fr)\sqrt{1 - (Fr)^2}}{Fr} - \frac{x^2(R \cos \alpha_1 + x)^2}{2(Fr)^3 R}. \quad (9)$$

Відразу після падіння капсула рухається по скатній дошці  $CD$ , починаючи від точки  $M$ . В цьому випадку має місце подолання опору внаслідок тертя кочення, але за умови, що воно відбувається по похилій площині під кутом  $\beta$ .

Рівняння перетину траєкторії польоту та скатної дошки в точці  $M$ :

$$y = R \left[ \frac{Fr(1 - (Fr)^2)}{2} + (1 + Fr) \right]. \quad (10)$$

Для рівномірного руху по скатній дошці повинна виконуватися умова: тангенс кута  $\beta$  установки скатної дошки має бути більшим або дорівнювати куту тертя капсул. Тоді рівняння руху по скатній дошці, враховуючи відцентровий критерій Фруда, матиме вигляд:

$$y = R(1 + Fr) - f(R\sqrt{1 - (Fr)^2} + x). \quad (11)$$

Швидкість руху капсули по скатній дошці визначають за формулою:

$$v = gt(\cos \beta - f \sin \beta) + R\omega(Fr) \cos \beta + \sqrt{2g(h_{\max} - y_M)} \sin \beta, \quad (12)$$

де:  $h_{\max}$  – максимальний підйом капсули під час падіння по параболі, м;  
 $y_M$  – координата капсули в точці  $M$  падіння на скатну дошку.

Графічне зображення швидкості руху капсули по скатній дошці при різних кутах її встановлення та відцентрового критерію Фруда представлено на рис. 4.

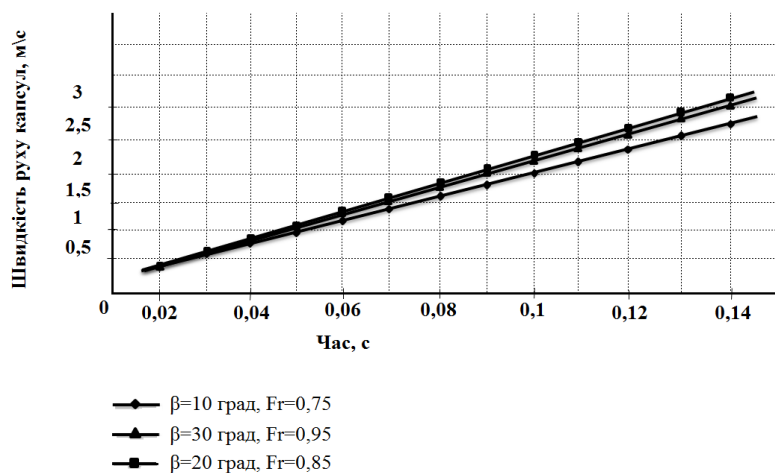


Рис. 4. Швидкість руху капсули по скатній дошці

Для отримання капсул циліндричної форми з насінням розроблено пристрій (матрицю з пуансонами), а для кулеподібних - потрібно провести оброблення циліндричних капсул в робочому органі дослідної установки.

Основні завдання розроблення установки: забезпечити можливість варіювання частоти обертання барабана дражиратора, вимірювання частоти обертання барабана, зміни кута нахилу барабана та забезпечити підвищення ефективності процесу формування штучної оболонки на поверхні насіння за рахунок додаткових робочих елементів установки [18].

Технологічна схема отримання капсульованого насіння включає: підготовку наповнювача (глини) та насіння, оброблення в матриці з пуансонами (капсули циліндричної форми), оброблення в дражираторі (капсули кулястої форми), сушіння, калібрування, фасування.

Для інтенсифікації процесу формування оболонки в барабані розміщується скатна дошка, яка за допомогою кронштейна кріпиться до станини і призначена для збільшення траєкторії, на якій формується штучна оболонка кулеподібної форми. Положення скатної дошки регулюється шарніром, що дає можливість зміни кутів відносно осі повороту та днища барабана дражиратора. Для дослідження впливу кута нахилу барабана на утворення капсульованого насіння в конструкції експериментальної установки передбачено механізм зміни положення барабана дражиратора.

Для визначення статичного і динамічного коефіцієнтів тертя розроблено пристрій та методику з використанням відеоапаратури та комп'ютерної програми «Statistica-6» та офісного додатка «Microsoft Office Excel». [19].

В досліджах вивчали вплив відцентрового критерію Фруда  $Fr$ , кута  $\alpha$  нахилу барабана до горизонту та кута  $\beta$  установлення скатної дошки на вихід капсул

кулеподібної форми. Отримано рівняння регресії:

$$Y=94,19+0,33Fr+0,61\alpha-0,72\beta+0,88Fr\alpha+2,18Fr\beta+0,77\alpha\beta-1,97Fr^2+0,06\alpha^2-0,94\beta^2. \quad (16)$$

Це рівняння характеризує залежність виходу капсул кулеподібної форми фракцією 6–6,5 мм від керованих факторів. [20]. За одержаною математичною моделлю побудовано поверхні відгуку, що представлені на рис. 8–10.

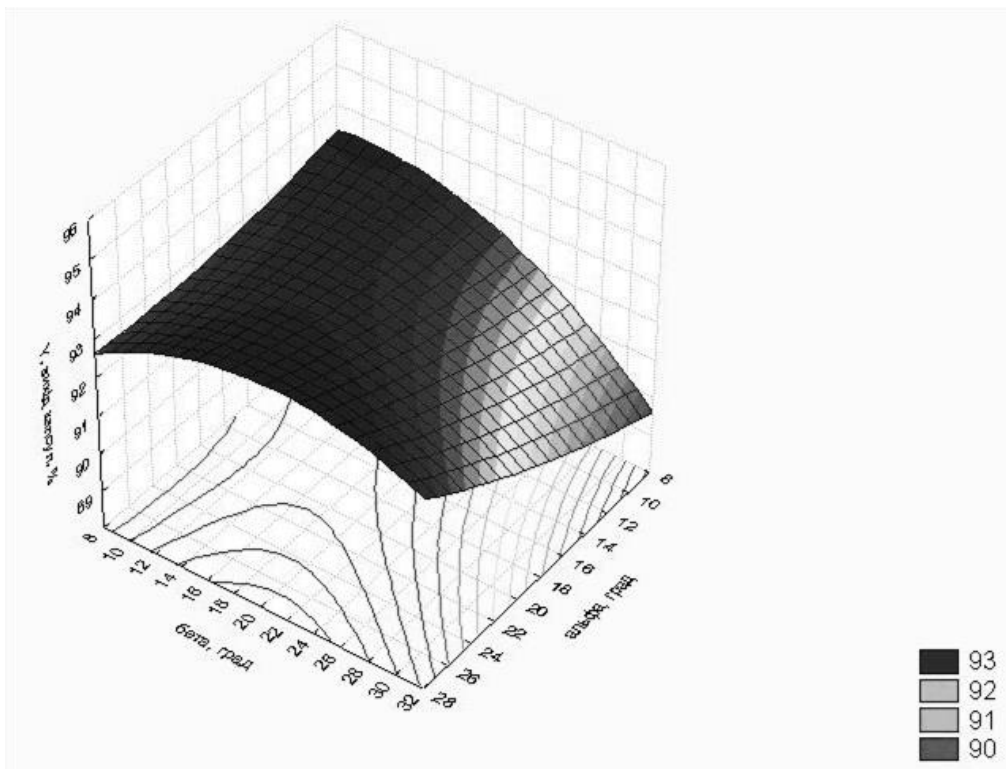


Рис. 8. Залежність виходу капсул насіння діаметром 6–6,5 мм від  $\alpha$  – кута нахилу барабана і кута установлення скатної дошки  $\beta$

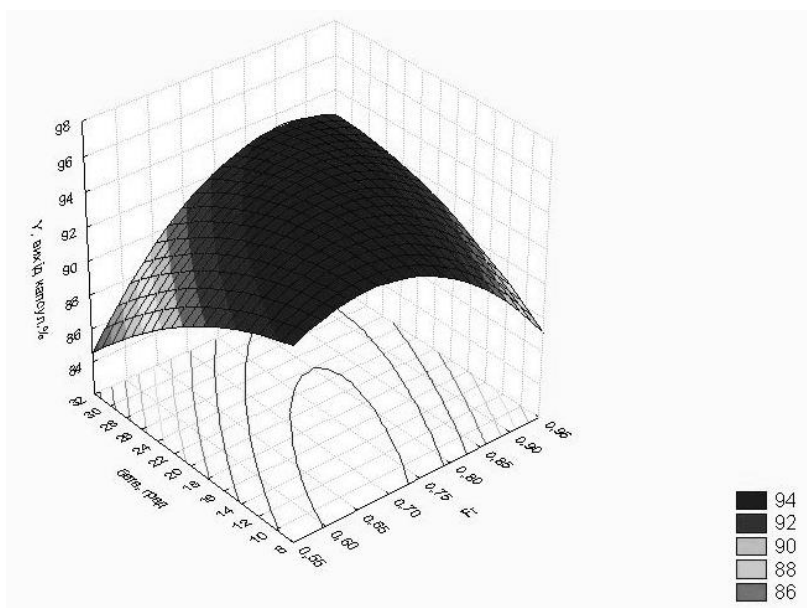


Рис. 9. Залежність виходу капсул насіння діаметром 6–6,5 мм від  $Fr$  – відцентрового критерію Фруда і кута встановлення скатної дошки  $\beta$

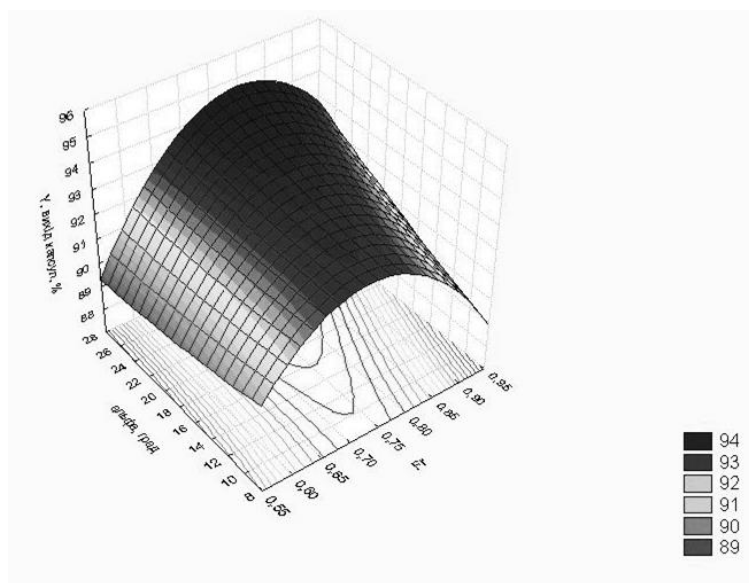


Рис. 10. Залежність виходу капсул насіння діаметром 6–6,5 мм від  $Fr$  – відцентрового критерію Фруда і  $\alpha$  – кута нахилу барабана

Статистичний аналіз дав змогу отримати рівняння регресії, що адекватно описує процес формування капсульованого насіння з 95 % вірогідністю. Результати експериментальних досліджень підтвердили теоретичні дані.

В процесі обробки насіння використовують капсули циліндричної форми одного об'єму. Це роблять, щоб отримати насіння в штучній оболонці кулеподібної форми одного розміру, але під час оброблення циліндричних капсул в барабані дражиратора можливе їх стирання об стінки барабана або накатування в результаті з'єднання із залишками глини. Таким чином, це призводить до розподілу капсул за розміром (рис. 12). Коефіцієнт варіації

розмірів капсул становить 3,54 %.

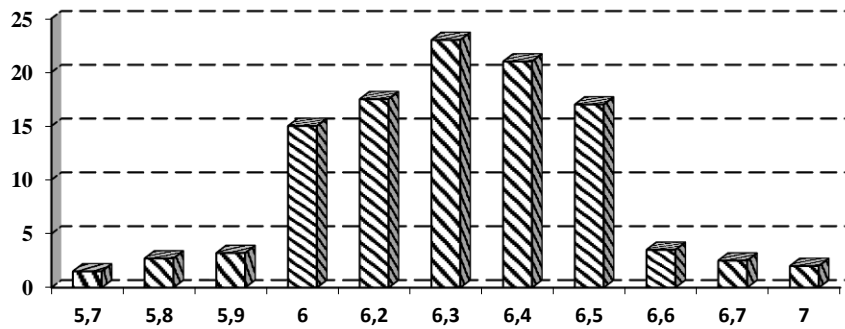


Рис. 12. Розподіл капсульованого насіння в залежності від діаметра

Абсолютна маса насіння в штучній оболонці в залежності від діаметра в 38 разів перевищує масу звичайного насіння (рис. 13), тому насіння в капсулі забезпечує точний розподіл висівним механізмом в рядку, оскільки зменшується вірогідність знесення насіння вітром.

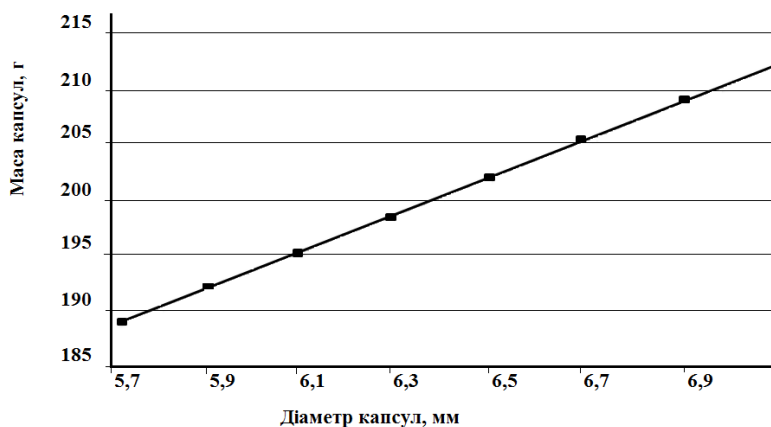


Рис. 13. Залежність маси 1000 шт. капсульованого насіння від діаметра

Під час дослідження насіння в штучній оболонці були визначені статичний та динамічний коефіцієнти тертя по сталі та пластмасі (рис. 14–15). Отримані дані порівняли з аналогічними показниками необробленого насіння з літературних джерел. З графіка видно, що статичний коефіцієнт тертя капсульованого насіння зменшився порівняно з необробленим насінням овочевих культур в 2,8 рази. Порівняльний графік (рис. 15) показує, що динамічний коефіцієнт тертя насіння в штучній оболонці зменшився порівняно зі звичайним насінням в 4,58 –раз.

Таким чином, зменшення та зведення показників коефіцієнтів тертя до одного значення дає можливість зробити універсальними робочі органи сівалок.

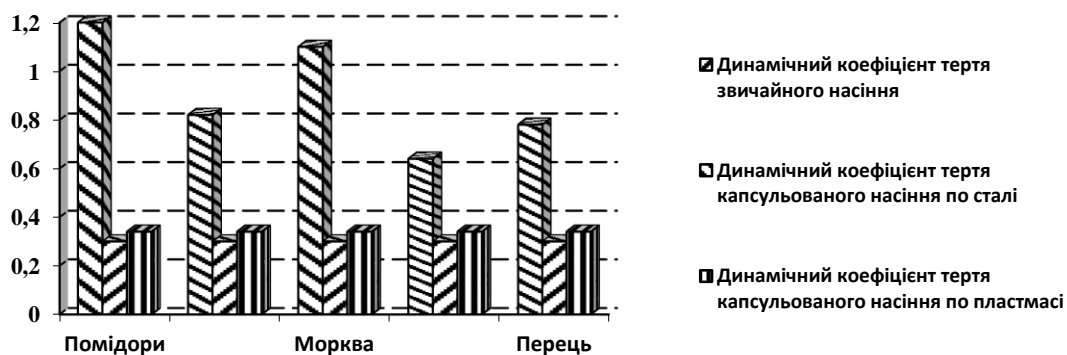


Рис. 14. Статичні коефіцієнти тертя звичайного та капсульованого насіння овочевих культур

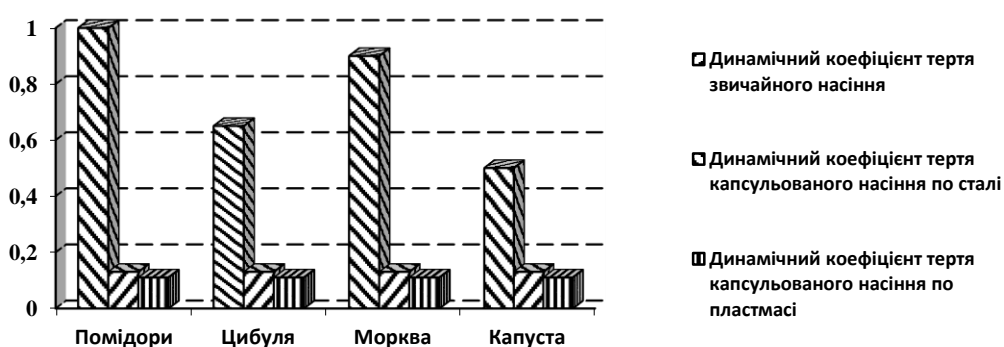


Рис. 15. Динамічні коефіцієнти тертя насіння овочевих культур

З досліджень передбачалось визначення динаміки появи сходів капсульованого насіння.[21] В результаті досліджень було визначено динаміку появи сходів посівного матеріалу – моркви, перцю, помідорів: необробленого насіння, дражированого фірмового насіння і капсульованого насіння та отримано порівняльні графіки відсотка сходів рослин (моркви) від часу сіяння (рис. 16).

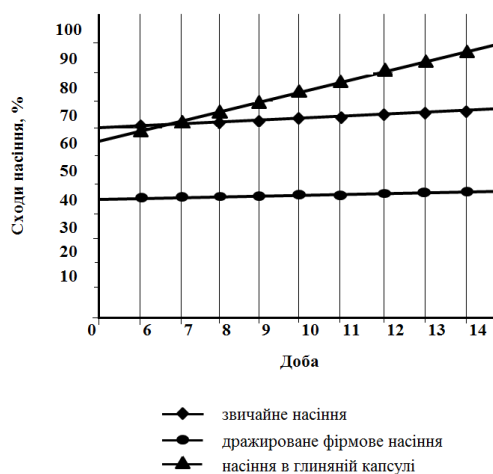


Рис. 16. Динаміка сходів моркви



За результатами досліджень встановлено, що сходи насіння в глиняних капсулах з'явилися раніше, порівняно з необробленим насінням: моркви, помідорів – на 20%, а перцю – на 32%. Це пояснюється, тим, що глиняна оболонка має гігроскопічні властивості, здатність абсорбувати ґрунтову вологу та забезпечувати аерацію і, як наслідок, покращити динаміку появи сходів насіння.

#### **Висновки:**

1. За результатами аналізу способів механізації передпосівного оброблення насіння шляхом формування штучної оболонки запропоновано спосіб, з утворенням глиняних циліндричних капсул з насінням та подальше їх оброблення в барабані дражиратора для створення капсул кулеподібної форми.

2. Проаналізували рух капсульованого насіння по внутрішній поверхні барабана дражиратора зі скатною дошкою.

3. Встановлено, що кут відриву капсули від поверхні барабана залежить від відцентрового критерію Фруда, а рух капсул по скатній дошці забезпечується за умови розміщення дошки під обґрунтованим кутом.

4. Визначені раціональні параметри експериментальної установки: кут положення барабана дражиратора –  $19^\circ$  до горизонталі, відцентровий критерій Фруда  $Fr=0,85$  та кут скатної дошки –  $14^\circ$  до горизонталі.

5. При імітаційному моделюванні сформульовані вимоги до капсульованого насіння для сівби комірчасто-дисковим висівним апаратом.

6. Встановлені : коефіцієнт тертя - не більше 0,6, а коефіцієнт варіації розмірів капсул – не більше 5–8 %.

7. Досліджено фізико-механічні властивості: маса капсульованого насіння збільшилась у порівнянні зі звичайним насінням в 36 разів; коефіцієнт варіації розмірів капсул становить 3,54 %. Статичний коефіцієнт тертя капсульованого насіння у порівнянні з необробленим насінням зменшився в 2,5 рази і становить – 0,32, динамічний коефіцієнт тертя зменшився в 5,2 рази і становить 0,12.

8. Встановлено, що динаміка появи сходів капсульованого насіння томатів та моркви на 20 % вища, ніж необробленого насіння, а перцю – на 32 %.

#### **Список використаних джерел**

1. Сысолин П.В., Погорельый Л.В.. Почвообрабатывающие и посевные машины: история, машиностроение, конструирование. К.: Феникс, 2005.–264 с.
2. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: підручник / [Царенко О.М., Войтюк Д.Г., Швайко В.М. та ін.]; за ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.
3. Заика П.М., Мазнев Г.Е. Сепарация семян по комплексу физико-механических свойств. М.: Колос. 1978. – 289 с.
4. Ткаченко Н. М., Ткаченко Ф. А.. Семена овощных и бахчевых культур. М.: Колос, 1977. – 192 с.
5. Яковлев И. Г. Механизация изготовления и посева дражированных семян сельскохозяйственных культур. Кыргызстан, 1971. – 76 с.
6. Фокуока М. Я. Революция одной соломинки (Введение в натуральное земледелие).– М.: – 1995. – 185 с.

7. Asagi N. Establishment of Rice Seedlings by Direct Sowing of Multiple Seed Pellets on Paddy Soil Covered with Legume Living Mulch / Asagi N., Ueno H., Sekiya H. // *Plant Product.Sc.* – 2008. – Vol.11. – № 3. – P. 361-365.
8. Taylor A.G. Seed coating technologies and treatments for onion: challenges and progress / Taylor A.G., Eckenrode C.J., Straub R.W. // *HortScience.* – 2001. – Vol. 36. – № 2. – P. 199-205.
9. Сохроков А. М. Совершенствование технологии предпосевной подготовки и оптимизация параметров установки для дражирования семян овощных культур: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01 – Нальчик, 2002. – 130 с.
10. Кубеев Е.И. Интенсификация смешивания семян и необходимых компонентов в процессе дражирования / Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: труды 7-й Международной научн.-техн. конф., 18-19 мая 2010 г., Москва ГНУ ВИЭСХ. Ч. 2.– М.: ГНУ ВИЭСХ, 2010. – с. 138-141.
11. Garrett R. Encapsulation of seeds in gel by impact / R. Garrett, S. Shafii, S. Upadhyaya // *Agriculture.* – 1994. – Vol.10. –N 2. – P. 183-187.
12. Scott J.M. The mechanics of coating seeds in a small rotating drum / Scott J.M., Blair G.J., Andrews A.C. // *Seed Sc.Technol.* – 1997. – Vol. 25. – № 2. – P. 281-292.
13. Машини для обробітку ґрунту та сівби: посібник / [Кравчук В.І., Шустік Л.П., Погорілий В.В., Кушнар'єв А.С., Мазурик Л.І. та ін.];– Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2009.– 288 с.
14. Машини для овочівництва, садівництва та виноградарства: посібник / [Кравчук В.І., Митрофанов О.П., Мігальов А.О., Маринін С.П., Мариніна Л.І. та ін.]; М-во аграр. політики та прод-ва України. Дослідницьке: УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого, 2011.– 192 с.
15. Кушнар'єв А. С., Сербій Є. М., Мариніна Л. І. Обґрунтування вимог до фізико-механічних властивостей капсульованого насіння овочевих культур. *Техніка і технології АПК.* – 2015. – № 5. – С. 24–27.
16. Пат. 54451 Україна, МПК А01С1/00. Машина для дражування насіння №u201005339; заявл. 30.04.2010; опубл. 10.11.2010, Бюл. № 21. – С. 4.
17. Мазурик Л. І. Експериментальна установка для дослідження процесу накатування штучних оболонок на насіння / Л. Мазурик, С. Шульга // *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України: зб. наук. пр.(УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого).* – Дослідницьке, 2010. – Випуск 14 (28). – С. 261–265.
18. Маринина Л. І. Методика определения динамического коэффициента трения капсулированных в глине семян овощных культур. – Москва, 2013. – С. 99–101.
19. Мариніна Л.І. Результати експериментальних досліджень машини для передпосівної обробки насіння овочевих культур. (УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого). – Дослідницьке, 2011. – Вип. №15 (29). – С. 376–381.
20. Мариніна Л.І Дослідження розмірно-масових характеристик капсульованого насіння.–Київ, 2014. – № 8. – С. 71–79.
21. Кушнар'єв А. С., Мазурик Л. І. Дослідження процесу капсулювання насіння овочевих культур. *Техніка і технології АПК.* – 2011. – № 4. – С. 23–25.

## Аннотация

### ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ МАШИНЫ ДЛЯ ФОРМИРОВАНИЯ ИСКУССТВЕННОЙ ОБОЛОЧКИ НА СЕМЕНАХ ОВОЩНЫХ КУЛЬТУР

Прасолов Е.Я., Биловол С.А., Литовченко А.С.

*В статье проанализированы способы предпосевной обработки семян с образованием искусственной оболочки и машины для осуществления этой технологической операции. Установлено, что актуальным направлением повышения эффективности работы дражжирователя является усовершенствование его рабочего барабана.*

*Разработана расчетная математическая модель движения капсулированных семян по внутренней стенке барабана, в котором размещена дополнительная рабочая поверхность.*

*За результатами исследований разработан и изготовлен экспериментальный образец дражжирователя, экспериментальные испытания которого подтвердили эффективность предложенного технологического процесса формирования глиняной оболочки на поверхности семян мелкосемянных овощных культур.*

*За результатами экспериментов установлены зависимости выхода фракции глиняных капсул от управляемых параметров: центробежного критерия Фруда, угла наклона барабана и угла установления скатной доски к горизонту.*

**Ключевые слова:** дражжирователь, барабан, скатная доска, предпосевная обработка семян, капсулированные семена, глиняная капсула.

## Abstract

### REASONING OF PARAMETERS OF MACHINES FOR FORMING OF THE ARTIFICIAL SHELL ON THE SUSPENSION OF VEGETABLE CULTURES

Prasolov Ye.Ya., Bilovol S.A., Litovchenko A.S.

*The main ways of pre-sowing treatment of seeds to form artificial covers and machines for the implementation of the technological operation are analyzed. It is established that the actual direction of improving the efficiency of pelletizer is improving of its working drum.*

*An estimated mathematical model of encapsulated seeds traffic on the inner wall of the drum with an extra working surface is developed.*

*Based on the results of researches a pilot model of pelletizer is developed and constructed, experimental tests of which confirmed the efficiency of the process of forming clay cover on the surface of small seeds of vegetables.*

*Based on the results of experiments dependencies of clay fraction capsules yield on controlled parameters: centrifugal criterion Froude, the angle of inclination of the drum and installation of pan angle to the horizon are determined.*

**Keywords:** pelletizer, drum, pan, pre-sowing treatment of seeds, seed capsules, clay capsule.

## ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА

Пшиченко О.І., к.с.-г.н.

(Сумський національний аграрний університет)

*Викладено результати дворічних досліджень з вивчення впливу гумінових добрив у технології вирощування ячменю ярого, а саме препаратів «1r Seed Treatment» та стимулятора росту «4r Foliar Concentrate». Встановлено, що проведення позакореневого підживлення тільки у фазу кущіння сприяє формуванню приросту врожаю в межах 4 ц/га – 11,7%, а сумісне застосування передпосівної обробки насіння та дворазове підживлення по листу дає змогу збільшити врожайність ячменю ярого на 7 ц/га – 20,5%.*

**Постановка проблеми.** Одним із головних завдань, в наш час, є охорона, раціональне використання та захист ґрунтів від техногенного забруднення, так як майже 98% продуктів харчування, що ми споживаємо, одержуються за рахунок обробітку землі. Заходів для підвищення продуктивності ґрунтів та їхньої охорони дуже багато, але потрібно, щоб вони здійснювались комплексно, як єдина система, взаємно доповнюючи один одного і посилюючи дію всіх інших, зберігаючи в чистоті ґрунт, воду та повітря [1, 2].

Добрива (органічні та мінеральні) є одним з ефективних методів підвищення родючості ґрунтів, урожайності та поліпшення якості сільськогосподарської продукції, отже, можна говорити, що з їхньою допомогою відбувається керування процесами живлення рослин, змінюється якість урожаю та здійснюється вплив на родючість, фізико-хімічні та біологічні властивості ґрунтів. Та, як відомо, використання мінеральних добрив призводить і до значних забруднень гідросфери та атмосфери [3].

**Аналіз останніх досліджень** показує, що одним із шляхів вирішення проблеми екологічно безпечного ведення сільського господарства є застосування добрив природного походження. Наразі ринок пропонує дуже багато варіантів: Сяйвір, Біомаг, Біофосфорин, Біопроферм, Біоактив, Аміностим та ін.

Та особливої уваги заслуговують добрива на основі гумінових кислот – гуматів. Ці препарати підвищують стійкість рослин до різних несприятливих факторів (засухи, заморозків, дії пестицидів); здатні відновлювати родючість ґрунту, а саме відтворювати гумус, який створюється протягом століть, а руйнується дуже швидко; підвищують урожайність сільськогосподарських культур – вивільняючи мінерали та поживні речовини, які знаходяться у «зв'язаному» стані, створюючи легко доступні для рослин форми; покращують харчові якості та екологічну чистоту продукції. [4, 5].

Але в природному вигляді гумінові кислоти малодоступні рослинам

(нерозчинні у воді), а після мінералізації гумусу (при переході у прості мінеральні сполуки) стають доступними [6].

Ще на початку 60-х років вчені дослідили, що при переведенні гумінових кислот у водорозчинні солі натрію, калію, амонію різко підвищується їх біологічна активність. Ці солі і назвали гуматами, а сьогодні на ринку вже величезний вибір таких добрив від різних виробників [6].

Досить різноманітна і сировина для виробництва препаратів на основі гумінових кислот. Це може бути буре і темне вугілля, торф, озерний та річковий сапропель, вермикомпост, леонардит, а також різні органічні добрива і відходи.

На сьогодні основним джерелом для виробництва гумінових добрив став леонардит. Він представляє собою органічну речовину, сформовану за мільйони років шляхом розкладання рослин і тварин. Саме з нього після переробки виходить найбільший відсоток гуматів, якщо порівнювати з іншими видами сировини (табл. 1) [6].

Таблиця 1 – Вихід гумату після переробки залежно від сировини [6]

Види речовини, г	Гумати			
	Солі природних гумінових і фульвових кислот			
	Гумат з біогумусу, 1 л	Гумат із сапропелю, 1 л	Гумат із торфу, 1 л	Гумат із леонардиту, 1 кг
Вода	985	915	900	170
Гумат	15	85	100	830

Зараз, найчастіше аграрії використовують гумати натрію та калію, що виготовляються переважно з леонардиту, та до яких добавляють мікроелементи. Такі добрива вважаються стимуляторами росту рослин особливо у стресових умовах [7].

Одне з лідируючих місць, серед виробників біологічних добавок для ґрунту і стимуляторів росту рослин з леонардиту, займає американська компанія SOILBIOTICS.

Головні діючі речовини продуктів SOILBIOTICS – гумінові, фульвові, та ульмінові кислоти. Інновацією компанії є спеціальні технології переробки леонардиту, за допомогою яких вони отримують продукт, що на сьогодні не має аналогів у світі. Препарати містять підвищений відсоток діючої речовини і більше 60 мікроелементів у доступній для рослин формі, а коштують в 1,5 – 3 рази дешевше аналогів вітчизняних виробників. Ефективність цих препаратів, як обіцяє виробник, не залежить від типу ґрунту, кліматичних умов та виду сільськогосподарських культур [4].

Головні агрономи в Україні, які випробували продукцію SOILBIOTICS, отримали гарні результати: у КСП «Зелений гай» В. Чемериса врожайність пшениці озимої збільшилася на 20-25 % (8,5 ц/га); у ТОВ АФ «Зоря-Агро» О. Тенаха врожайність сої зросла на 4,7-4,9 ц/га; А. Даценко «LNZ» відмітив, що після застосування на кукурудзі маса зерна збільшується на 16,7%, кількість зерен на 15,5% та сформувалися качани з 16 рядами, а на контролі були з 14. Як дослідили всі вище згадані фахівці застосовувати препарати цієї компанії

економічно вигідно. Та все ж таки є один недолік, препарати нерозчинні у воді, тому при приготування робочого розчину потребують дуже ретельного розмішування [4, 8].

Індійські вчені дослідили, що комбіноване застосування органічних, мінеральних та гумінових добрив збільшує врожайність пшениці на 27% та позитивно впливає на вміст поживних речовин і органічного вуглецю в ґрунті [9, 10, 11]. А іранські вчені встановили, що застосування гумінових речовин у живленні сільськогосподарських культур може зменшити негативну дію нестачі вологи на 20% [12].

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.** Дослідженнями вітчизняних і зарубіжних авторів підтверджуються варіанти вирішення виділеної вище проблеми. Та, слід відзначити, що практично відсутні дослідження по впливу гумінових препаратів на продуктивність ячменю ярого в умовах органічного землеробства.

**Мета статті (постановка завдання)** визначення впливу застосування стимуляторів росту рослин гумінової природи методом передпосівної обробки насіння та позакореневого підживлення на формування продуктивності ячменю ярого.

#### **Виклад основного матеріалу**

Для досліджень було обрано ячмінь ярий сорту Святогор та використано препарати, створені на основі гумінових речовин: «1r Seed Treatment» для обробки насіння перед посівом у кількості 1 л/т та «4r Foliar Concentrate», яким проводилось позакореневе підживлення. Препарати надані компанією «SOILBIOTICS» (США).

«1r Seed Treatment» має в своєму складі 20 % діючої речовини: 10% гумінової кислоти, 3% фульвової кислоти, 1% ульмінової кислоти та 6% комплексу мікроелементів.

«4r Foliar Concentrate» містить 90,02% гумінової кислоти – найбільший відсоток серед усіх продуктів «SOILBIOTICS».

Дослід проведено в Сумському НАУ протягом 2017–2018 рр. Площа ділянки – 1 м<sup>2</sup>, повторність досліду – 4-кратна. Розміщення ділянок у досліді – рандомізоване. Після збирання ділянок визначали структуру врожайності та розраховували продуктивність рослин. Статистичну обробку результатів здійснювали за допомогою програми STATISTICA 10.0.

Поля Сумського НАУ, на яких проводили дослід, відносяться до лісостепової природно-кліматичної зони. Вона характеризується помірно-теплим кліматом зі значною кількістю опадів і дуже холодною зимою.

Ґрунти представлені чорноземами потужними важкосуглинковими середньогумусними на лесовидних суглинках.

Агрохімічна характеристика ґрунтів має наступний вигляд: нітратного азоту - 2,2-3,3 мг, амонійного азоту - 10,6-11,2 мг, рухомого фосфору - 137-158 мг, обмінного калію - 35-70 мг на 1 г ґрунту. Кількість гумусу в орному шарі ґрунту становить від 4 до 4,1, бонітет ґрунту - 79 балів. Колоїдний комплекс насичений іонами кальцію і магнію. Реакція ґрунтового розчину близька до

нейтральної (рН верхніх горизонтів - 6,0).

Передпосівна обробка насіння ячменю ярого добривами на гуміновій основі позитивно вплинула на формування врожаю (табл. 2).

Таблиця 2 – Вплив гумінових препаратів на елементи продуктивності ячменю ярого сорту Святогор

№ вар.	Варіанти дослідів	Маса 1000 зерен, г	Маса зерна з 1-го колосу, г	Урожайність, т/га
1.	Контроль (без обробки)	38,64	1,62	3,41
2.	Передпосівна обробка насіння «1r Seed Treatment»	38,81	1,74	3,73
3.	Передпосівна обробка насіння «1r Seed Treatment» + підживлення по листу «4r Foliar Concentrate» у фазу кущіння	38,93	1,76	3,81
4.	Передпосівна обробка насіння «1r Seed Treatment» + підживлення по листу «4r Foliar Concentrate» у фазу кущіння + у фазу виходу у трубку	39,01	1,77	4,11
5.	НІР <sub>0,05</sub>	0,3	0,09	0,23

З наведених даних видно, що передпосівна обробка насіння та позакореневе підживлення позитивно впливає на показники продуктивності та врожай ячменю ярого. Однак, на формування маси 1000 зерен передпосівна обробка насіння та підживлення по листу істотного впливу не мали (відсутня статистично достовірна різниця), хоча все ж таки можна відмітити невеликий позитивний ефект на досліджуваних варіантах.

Аналіз впливу препаратів на гуміновій основі на масу зерна з 1-го колосу показав, що у варіанті з передпосівною обробкою та двома підживленнями по листу спостерігався найбільший позитивний ефект, перевищення контролю в середньому становило 0,15 г. На варіантах з одним підживленням перевищення контролю було на 0,14 г, та зовсім незначне підвищення спостерігалось на варіантах тільки з передпосівною обробкою препаратом «1r Seed Treatment» 0,12 г. При цьому між всіма варіантами присутня статистично достовірна різниця.

Аналізуючи формування врожайності на варіантах з обробкою та без можна зробити висновок, що ячмінь ярий добре реагує на обробку препаратами на гуміновій основі. Найбільшу врожайність сформували рослини на варіантах з дворазовим підживленням (перевищення контролю становило 0,7 т/га або 20,5%), на варіантах з передпосівною обробкою насіння «1r Seed Treatment» + підживлення по листу «4r Foliar Concentrate» тільки у фазу кущіння спостерігалось підвищення врожайності на 0,4 т/га або 11,7%. На варіантах тільки з передпосівною обробкою перевищення

контролю становило 0,32 т/га або 9,4%.

**Висновки і перспективи подальших розробок.** Таким чином, в умовах північно-східної частини лісостепу України одночасне застосування передпосівного обробітку насіння та позакореневого підживлення у основні фази розвитку ячменю ярого має хоч і не великий але позитивний ефект. Враховуючи те, що досліди проводили на ділянках де не застосовуються мінеральні та органічні добрива, це досить непоганий результат. Отже, збільшення врожайності від застосування добрив на гуміновій основі компанії «SOILBIOTICS» це не тільки додатковий прибуток агроному, а ще можливість зменшення кількості використання агрохімікатів, що дозволить зберегти родючість наших ґрунтів.

### Список використаних джерел

1. Минеев В. Г. Химизация земледелия и природная среда / В. Г. Минеев. – М. : Агропромиздат, 2000. – 287 с.
2. Ситник В. П. Вдосконалення економічного механізму в АПК / В. П. Ситник – К. : Урожай, 1989. – 184 с.
3. Мальований М. С. Можливості екологічно безпечного використання мінеральних добрив / М. С. Мальований, М. Я. Гавриляк, Недадь Хуссейн Мусалам Аль Хасанат // Екологічна безпека. – Кременчук, 2009. – Вип. 3 (7). – С. 31-37.
4. Басанець О. Досвід використання стимуляторів росту рослин SoilBiotics [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://superagronom.com/articles/14-bagatiy-dosvid-dlya-bagatih-vrojajiv-stimulyatori-rostu-roslin-soilbiotics>.
5. Сергієнко В. Рістрегулюючий та захисний ефект гумінових речовин [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://agro-business.com.ua/agro/ahronomiia-sohodni/item/320-ristrehuliuiuchy-i-ta-zakhysnyi-efekt-huminovykh-rechovyn.html>.
6. Слепцов Ю. Що таке якісні гумати [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://www.agrotimes.net/journals/article/shcho-take-yakisni-gumati>.
7. Олійник В. Віват гумінові кислоти [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <http://infoindustria.com.ua/vivat-guminovi-kisloti/>.
8. SoilBiotics збільшує кількість і масу зерен – експерти [Електронний ресурс]. – Режим доступу : <https://superagronom.com/news/29-soilbiotics-zbilshuye-kilkist-i-masu-zeren--eksperti>
9. Bharali A. Integrated nutrient management in wheat grown in a northeast India soil: Impacts on soil organic carbon fractions in relation to grain yield / Bharali, Ashmita; Baruah, Kushal Kumar; Bhattacharyya, Pradip; et al. // Soil & tillage research. – 2017. – Vol. 168. – P. 81–91.
10. Manzoor A. Humic acid and micronutrient effects on wheat yield and nutrients uptake in salt affected soils / A. Manzoor, R. A. Khattak, M. Dost // International



- journal of agriculture & biology. – 2014. – 16. – P. 991- 995.
11. Маренич М. М. Формування продуктивності сортів пшениці озимої під дією гумінових речовин / М. М. Маренич, С. О. Юрченко, А. В. Баган, В. М. Єщенко // Вісник Полтавської державної аграрної академії. – Полтава, 2018. – Вип. 1. – С. 63-66.
  12. Shahryari R. Economic and biological yield assessment of wheat genotypes under terminal drought in presence of humic acid using stress tolerance indices / Shahryari, Reza // ПОАВ journal. – 2017. – Vol. 7. – Supplement: 3. – P. 1–6.

## **Аннотация**

### **ФОРМИРОВАНИЕ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ЯЧМЕНЯ ЯРОВОГО В УСЛОВИЯХ ОРГАНИЧЕСКОГО ЗЕМЛЕДЕЛИЯ**

Пшиченко Е.И.

*Изложены результаты двухлетних исследований по изучению влияния гуминовых удобрений в технологии выращивания ячменя ярового, а именно препаратов «1r Seed Treatment» и стимулятора роста «4r Foliar Concentrate». Установлено, что проведение внекорневой подкормки только в фазу кущения способствует формированию прироста урожая в пределах 4 ц/га – 11,7%, а совместное применение предпосевной обработки семян и дворазовой подкормки по листу позволяет увеличить урожайность ячменя ярового на 7 ц/га – 20,5%.*

## **Abstract**

### **THE FORMATION OF THE SPRING BARLEY PRODUCTIVITY IN THE ORGANIC AGRICULTURE CONDITIONS**

Pshychenko O.I.

*The results of two-year studies of the humic fertilizers influence in the spring barley cultivation technology, notably «1r Seed Treatment» preparations and «4r Foliar Concentrate» growth stimulator, are presented. It was determined, that the outroot feeding conduction only at the interconnection phase promotes to the yield increasing formation within the 4 – 11,7% range, and joint pre-sowing seed treatment and two-times on leaf feeding application enables to increase the spring barley yield for 7– 20,5%.*

**ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ ШТУЧНОГО СВІТЛА ДЛЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ****Велит І.А., к.т.н.***(Полтавська державна аграрна академія)*

*Одним із шляхів інтенсифікації виробництва екологічно чистої продукції в умовах закритого ґрунту є застосування опромінення рослин штучним світлом. В роботі розглянуті особливості використання джерел штучного освітлення з ефективним спектральним складом випромінювання та зменшеним вмістом ртуті для світлокультури рослин. Досліджувались високоінтенсивні натрієві лампи (ДНаТ400), високоінтенсивні джерела зі складом амальгами натрію з добавками цезію (Hg-20 %, Na-7 5%, Cs-5 %), калію (Hg-20 %, Na-79 %, K-1 %), рубідію (Hg-20 %, Na-79 %, Rb-1 %). В результаті експериментів визначено, що спектральний склад випромінювання ламп з добавками Cs, K, Rb має меншу інтенсивність випромінювання в порівнянні зі стандартними натрієвими лампами високого тиску (ДНаТ) в області 500-600 нм і значно більшу інтенсивність в червоній (600-700 нм) та ближній інфрачервоній областях. В експерименті були використані томати двох сортів Гібрид Тарасенко та Де Барао, які були додатково освітлені лампами ДРЛ400, ДНаТ400, високоінтенсивними джерелами світла с наповненнями розрядної трубки (20ат%Hg, 77ат.%Na, 3ат.%Cs20); (20ат%Hg, 75ат.%Na, 5ат.%Cs); (20 ат. % Hg, 73 ат. % Na, 7 ат. % Cs); (20 ат. % Hg, 70 ат. % Na, 10 ат. % Cs). Встановлені відмінності в реакціях рослин томатів сортів Де Барао и Гібрид Тарасенка на накопичення пігментів та їх співвідношення. Сумарний вміст хлорофілу і каротиноїдів у сортах томатів Де Барао і Гібрид Тарасенка при опроміненні натрієвою лампою високого тиску з добавками цезію є вищим в 1,4÷2,5 рази, ніж при опроміненні ДРЛФ400 і ДНаТ400.*

*При додатковому освітленні високоінтенсивними розрядними лампами з добавками цезію, які мають склад амальгами (20 ат. % Hg, 75 ат. % Na, 5 ат. % Cs), вирощування рослин томатів на перших етапах розвитку є найбільш ефективним.*

**Постановка проблеми.** Інтенсивне виробництво екологічно чистої продукції в умовах тепличного господарства вимагає додаткового освітлення. Енергетична ефективність опромінювальних систем для рослинництва в умовах закритого ґрунту досягається за рахунок використання високоефективних джерел світла зі спектральним складом випромінювання, який сприятливо впливає на біологічні процеси в рослинах. Оптимізація основних параметрів оптичного випромінювання при вирощуванні томатів в теплицях – найважливіша

задача досягнення їх рентабельного виробництва.

**Аналіз основних досліджень і публікацій, у яких започатковано розв'язання проблеми.** Формування структурно-функціональної організації фотосинтетичного апарату, спрямованість метаболічних реакцій і морфогенез рослин залежить від інтенсивності та спектрального складу оптичного випромінювання [1].

Енергетичний обмін потребує великої кількості пігментів, що поглинають значну частину випромінювання у фотосинтезно активній ділянці спектру. На відміну від енергетичного обміну, реакції фоторегулювання можуть здійснюватися за допомогою дуже малої кількості пігменту, що поглинає незначну частину падаючого світла. Тому велике значення має комплексна оцінка впливу оптичного випромінювання як окремих, так і різноманітних комбінацій спектральних ділянок фотосинтезно активної радіації на фотосинтезну активність ценозів протягом усього вегетаційного періоду з використанням світлових режимів опромінення з тими спектральними й енергетичними характеристиками, що реально придатні для умов формування повноцінного врожаю [2].

Утворення пігментів пов'язане з величиною фізіологічно активного опромінення. При опроміненні (до 20—25 Вт/м<sup>2</sup>) у ряду рослин максимум утворення хлорофілу відповідає випромінюванню в червоній частині спектра, а при (30—70 Вт/м<sup>2</sup>) — у синій. Утворення пігментів відбувається майже однаково під дією випромінювань як у синій, так і в червоній ділянках спектру [3].

При дослідженні впливу оптичного випромінювання на рослини завжди необхідно враховувати, що у фізіологічних процесах (фотосинтез, утворення пігментів, ріст, фотоморфогенез) бере участь тільки та частина випромінювання, що поглинається рослинними тканинами. Умовно зелений листок можна розглядати як плоский світлофільтр, який пропускає і відбиває потік випромінювання за законами оптики. Однак на відміну від прозорих скляних світлофільтрів листок є мутним світлорозсіювачем середовища, що значно ускладнює вимір потоку випромінювання, що пропускається, відбиває і поглинається ним. Спектральні криві пропускання і відбиття енергетичного потоку листками більшості культур показали, що їхні спектральні властивості досить схожі. Як правило, максимум відбиття і пропускання випромінювання знаходиться в зоні зеленої частини спектру (550 нм). Поглинання має два максимуми: один у синьо-фіолетовій (440 нм), а другий – у червоній (близько 660 нм) ділянці спектру (рис.1.) [4].

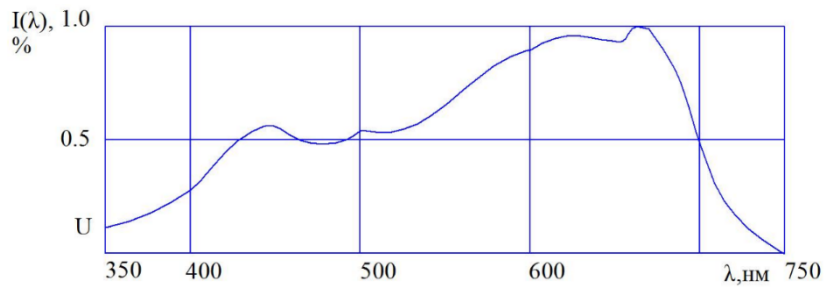


Рисунок 1– Усереднений спектр поглинання ФАР листками різних видів рослин (61 вид) [4].

Рівень впливу ”якості” світла на фотосинтез і ростові процеси неоднакові. Швидкість фотосинтезу при вирощуванні рослин у червоній, зеленій або синій ділянках спектру змінюються на 25-30%, а різниця в ростових процесах і накопиченні біомаси може становити 50-90% [5].

На сьогоднішній день для світлокультури рослин застосовують широкий асортимент джерел світла: лампи розжарювання, розрядні лампи низького тиску, розрядні лампи високого тиску набирає популярність використання світлодіодного освітлення.

Кожне джерело має свій спектр випромінювання і по різному впливає на розвиток рослин [6] Натрієві лампи високого тиску (НЛВТ) є найефективнішими джерелами світла. ККД для цих ламп в області ФАР досягає 27%, що в 1,4-2 рази більше, ніж для люмінесцентних ламп низького тиску, в 2,2-2,5 рази більше ніж для різних ламп високого тиску типу ДРЛФ, та ксенонових ламп і в 7-8 разів більше за ККД ламп розжарювання. Лампи дуже надійні (середній термін роботи перевищує 12000 годин), мають високу стабільність [7]. Натрієві лампи випромінюють в основному в оранжево-жовтій області спектру.

Для світлокультури рослин при питомій потужності  $P_1 > 58 \div 60$  Вт/см ефективнішими є натрієві лампи високого тиску з ККД ФАР ( $\eta_{(ФАР)} = 26-29$ ). Основні характеристики натрієвих ламп високого тиску різних типів приведені в таблиці 1.

Таблиця 1 - Основні характеристики натрієвих ламп високого тиску різних типів

Тип ламп	Тип дроселя	Iл, А	Uл, В	Pл, Вт	Спектральний розподіл			Фе, Вт	ККД, η,%
					S <sub>1</sub>	S <sub>2</sub>	S <sub>3</sub>		
ДНаТ-400	1ДБИ- 400ДНаТ/2200-Н- 009УХЛ1	4,3	130	415	0,10	0,44	0,46	124	29
LUCALOX		4,5	125	420	0,10	0,43	0,47	127	30
SON-T		4,7	110	410	0,10	0,56	0,34	121	29
НОС-1		5,1	95	380	0,10	0,50	0,40	102	27
НОС-2		4,95	98	340	0,09	0,51	0,40	100	29
OSRAM- NaVT		4,5	125	410	0,08	0,50	0,42	109	26
SON		4,75	105	385	0,10	0,55	0,35	102	27
HPI	BHL 400L 11	3,55	130	380	0,30	0,58	0,12	92	25
SON-H		3,3	145	345	0,10	0,45	0,45	89	26

Для вибору обґрунтованих вимог до спектру випромінювання ламп необхідно проведення досліджень по впливу опромінення різних областей спектра на ріст і розвиток рослин. Такі дослідження проводилися для різних видів рослин: огірка, томата [8]. Як було показано для світлокультури огірка краще випромінювання в діапазонах 500-600нм і 600-700нм. Найкращі результати для промислової технології забезпечує спектральне співвідношення  $E_c : E_z : E_k = (15-20)\% : (35-45)\% : (40-45)\%$ . Істотно інші висновки про кращі спектри були отримані на ценозі томату. При випромінюванні в області 600-700нм продуктивність ценозу томата найвища. Випромінювання в діапазонах 400-500 і 500-600нм, необхідно в незначних частках, забезпечуючи, очевидно, фотоморфологічні процеси в рослинах. Вимоги до кращих спектральних характеристик для світлокультури томата виглядають так:  $E_c : E_z : E_k = (10-20)\% : (15-20)\% : (60-75)\%$ . Також залишається нез'ясоване питання про вплив спектрального складу світла на рослини різних сортів одного виду.

Для використання НЛВТ в умовах закритого ґрунту необхідно оптимізувати спектральний склад випромінювання під конкретну світлокультуру рослин і максимально підвищити променевиї потік в цій області ФАР, причому особливої увагу заслуговують питання впливу різних добавок на спектральні характеристики та експлуатаційні параметри НЛВТ.

В роботі [9] проведено дослідження процесів в НЛВТ та з'ясування шляхів їх вдосконалення. Зроблено аналіз факторів, що впливають на параметри НЛВТ. Виходячи з того, що випромінювання НЛВТ в ІЧ- області спектру складає 32%, а випромінювання D-дуплету Na-25%, підвищення можливе за рахунок зменшення частки ІЧ - випромінювання, або за рахунок зменшення теплового потоку з відповідним перетворенням енергії в видиме випромінювання. Фактори, котрі впливають на перерозподіл енергії між складовими енергетичного балансу є діаметр розрядної трубки, температура її стінок і температура розряду. Взаємозв'язок цих факторів потребує їх оптимального вибору.

**Метою роботи** є дослідження спектральних характеристик джерел штучного освітлення з ефективним спектральним складом випромінювання для світлокультури рослин. Обґрунтування вибору амальгами високоінтенсивних джерел світла з добавками лужних металів цезію, калію, рубідію. Встановити відмінності в реакції рослин томатів Гібрид Тарасенко та Де Берао на накопичення пігментів та їх співвідношення при додатковому освітленні лампами ДНаТ400, високоінтенсивними джерелами світла з наповненнями розрядної трубки (20ат.%Hg, 77ат.%Na, 3ат.%Cs20); (20ат.%Hg, 75ат.%Na, 5ат.%Cs); (20 ат. % Hg, 73 ат. % Na, 7 ат. % Cs); (20 ат. % Hg, 70 ат. % Na, 10 ат. % Cs). Запропонувати високоінтенсивні джерела світла зі зменшеною кількістю ртуті, з визначеними добавками цезію в амальгамі для вирощування томатів в умовах закритого ґрунту.

**Методика проведення експериментальних робіт.** Досліджувались натрієві лампи високого тиску з розрядними трубками з полікристалічного окису

алюмінію – зовнішній діаметр 8,9 мм, міжелектродна відстань - близько 85мм, наповнювались 25 мг амальгами і ксеноном при холодному тиску близько 20 мм.рт.ст. Склад амальгами натрію з добавками: цезію (Hg-20 %, Na-75 %, Cs-5 %), калію (Hg-20 %, Na-79 %, K-1 %), рубідію (Hg-20 %, Na-79 %, Rb-1%).

Амальгами Na - Hg - Me були виготовлені з точністю дозування основних компонентів  $\pm 0,5$  %. Для одержання амальгами використовувались натрій високої чистоти (ТУ-48-03-54-79) і ртуть марки Р-000. Вміст добавок в амальгамі був від 1 до 10ат.%. Усього виготовлялося по 5 зразків ламп з амальгамою кожного складу. Для стабілізації електричних світлових параметрів лампи перед вимірами відпалювались протягом 100 ч. Вимірювання електричних і світлових параметрів виконувалась відповідно до вимог [9]. Похибка виміру електричних і світлових параметрів не перевищує 5%. Виміри спектральних характеристик проводили за допомогою спектрометра ИСП-51 із приймачем - ФЭУ -22 (чуттєвий у діапазоні 400-1200нм), реєстрацію фотострумів- за допомогою потенціометра КСП-4 та цифрового вольтметра В7-27. Градування установки по спектральній чутливості проводилась за допомогою лампи СИРШ-8,5-200 вольфрамовою стрічкою. Виміри параметрів ламп проводились при зміні потужності лампи  $P_d$  від 250 до 600 Вт, перекриваючи діапазон традиційних для стандартних НЛВТ питомих потужностей ( $P_1 = 40 \div 60$  Вт/см).

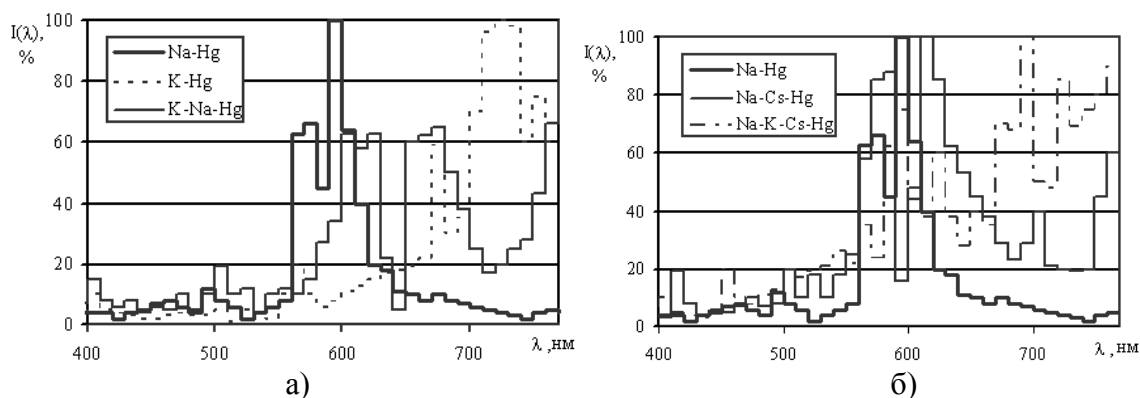
Об'єктом дослідження служили рослини томатів сорту Гібрид Тарасенко і Де Барао. Рослини опроміненні світлом ламп із різним спектральним складом випромінювання. Фотоперіод склав 16 годин. Рослини опромінювались протягом 28 днів. Як джерела світла були обрані натрієві лампи високого тиску з добавками цезію, а також для порівняння, натрієві лампи високого тиску ДНаТ400, ртутні лампи високого тиску з люмінофорним покриттям на колбі ДРЛФ400. Інтенсивність опромінення складала 120Вт/м<sup>2</sup>. Рівень опромінення визначали за методикою [10]. Вміст пігментів визначали спектрофотометричним методом [11] на фотометрі КФК-3МП. Зразки листів досліджували на 22-ий день.

**Виклад основного матеріалу.** Натрієві лампи високого тиску є найбільш ефективними на сьогодні джерелами світла, оскільки світлова віддача, термін роботи і стабільність за часом – одні з найкращих параметрів серед усіх джерел світла. Натрієві лампи високого тиску мають екологічні переваги над іншими джерелами світла з чисто ртутною основою, оскільки питома кількість ртуті на генерацію одиниці світлового потоку у натрієвих ламп – найменша серед усіх розрядних ламп зі ртутною основою. Всі ці переваги натрієвих ламп високого тиску дають можливість та нові перспективи використання цих джерел у тепличному господарстві. Але у НЛВТ 70 % видимого випромінювання цих ламп зосереджене в жовтогарячій та жовтій ділянках спектру. В спектрі суттєво не вистачає синього та червоного випромінювання, і це є головним недоліком цих ламп.

Поліпшення спектрального складу може бути досягнуто введенням у склад амальгами поліпшуючих добавок, тобто таких елементів, у яких потенціали іонізації не вище або хоча б близькі до  $\phi_{Na}$ . Такими елементами будуть лужні

метали калій, рубідій, цезій ( $\varphi=1,39\div 2,09\text{В}$ ). Досліджувались лампи з розрядними трубками діаметром 8,9 мм, міжелектродна відстань – 85 мм і складом амальгами натрію з добавками цезію (Hg-20 %, Na-7 5%, Cs-5 %), калію (Hg-20 %, Na-79 %, К-1 %), рубідію (Hg-20 %, Na-79 %, Rb-1 %).

В результаті проведених експериментів отримані наступні результати. Спектральний склад випромінювання ламп з добавками Cs, K, Rb має дещо меншу (в порівнянні зі стандартними натрієвими лампами високого тиску ) в області 500-600 нм і значно більшу інтенсивність в червоній (600-700 нм) та ближній інфрачервоній областях (рис.2).



а) Na-Hg, K-Hg, K-Na-Hg; б) Na-Hg, Na-Cs-Hg, Na-K-Cs-Hg

Рисунок 2 – Розподіл відносної спектральної енергії випромінювання ламп з різним наповненням

У таблиці 2 приведені дані про вміст хлорофілу і каротиноїдів (мкг/м сирої маси) у рослинах томата сортів Де Барао і Гібрид Тарасенка опромінених натрієвою лампою високого тиску потужністю 400Вт, ртутною лампою високого тиску з люмінофорним покриттям на колбі потужністю 400Вт, натрій - цезієвою лампою високого тиску потужністю 400Вт.

Таблиця 2 – Вміст хлорофілу і каротиноїдів (мкг/г) у листках томатів сортів „Де Барао” і „Гібрид Тарасенка”, опромінених натрієвою лампою високого тиску потужністю 400Вт, ртутною лампою високого тиску з люмінофорним покриттям на колбі потужністю 400Вт, натрій-цезієвою лампою високого тиску потужністю 400Вт

Сорт томатів	„Де Барао”				„Гібрид Тарасенка”			
	ДНаТ 400	ДРЛФ 400	Na-Cs 400	Природне освітлення	ДНаТ 400	ДРЛФ 400	Na-Cs 400	Природне освітлення
Тип лампи	ДНаТ 400	ДРЛФ 400	Na-Cs 400	Природне освітлення	ДНаТ 400	ДРЛФ 400	Na-Cs 400	Природне освітлення
День	22	22	22	22	22	22	22	22
Ca	740± 34	681± 34	1217± 176	703± 67	798± 75	713± 38	943± 72	821± 39
Св	211± 25	172± 67	1213± 258	250± 84	299± 53	227± 77	341± 58	240± 46
Ca+Св	951± 27	853± 65	243± 351	953± 34	1097± 258	940± 26	1284± 137	1061± 37

Ск	447± 56	261± 32	273± 75	291± 26	323± 84	262± 55	1034± 246	280± 75
Ca/Cв	3,5± 0,41	3,9± 0,22	1± 0,48	2,8± 0,65	2,7± 0,38	3,1± 0,67	2,8± 0,52	3,4± 0,46

Як видно з таблиці 2 у 22-х денних рослин томатів сортів Де Барао і Гібрид Тарасенка сумарне співвідношення вмісту ( $Ca+Cв$ ) хлорофілу  $a(Ca)$  та хлорофілу  $в(Cв)$  при опроміненні натрій-цезієвими лампами вище, ніж при ДНаТ 400, ДРЛФ400- на 1479, 1577 мкг/м, і 187, 344 мкг/м, відповідно. Відношення вмісту хлорофілу  $a$  і  $в$  ( $Ca/Cв$ ) при опроміненні лампами натрій-цезієвими лампами, ДНаТ400 і ДРЛФ400 сортів Де Барао і Гібрид Тарасенка збільшувалися на 22-й день за рахунок зміни (зменшення) хлорофілу  $в$ , стосовно хлорофілу  $a$ . У 22-х денних рослинах сорту Де Барао концентрація каротиноїдів ( $Ск$ ) збільшувалась при опроміненні ДНаТ400 на 156мкг/г. У сорті Гібрид Тарасенка  $Ск$  змінювалося при опроміненні натрій-цезієвими лампами на 754 мкг/г, ДНаТ400-53 мкг/г.

Наочніше представлена залежність вмісту пігментів у листках рослин томатів сортів „Де Барао” і „Гібрид Тарасенка” при освітленні розрядними лампами високого тиску на рисунку 3.

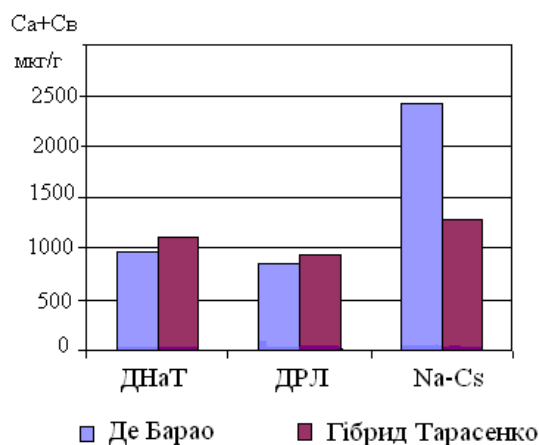
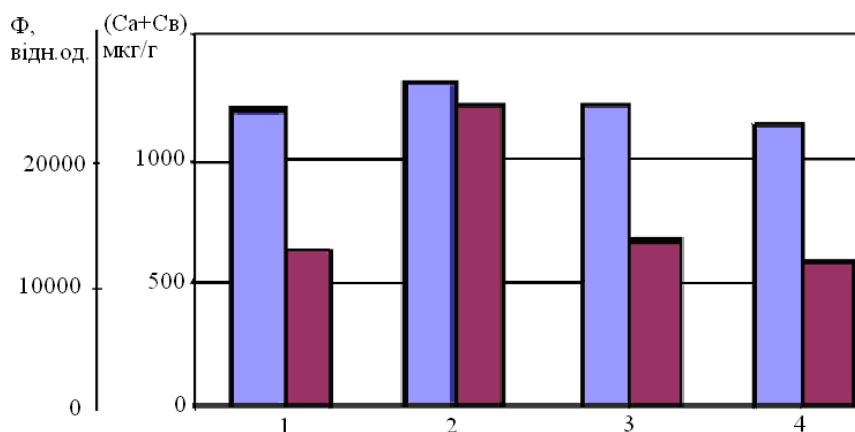


Рисунок 3 – Вміст пігментів у листках рослин томата сортів „Де Барао” і „Гібрид Тарасенка” при додатковому освітленні розрядними лампами високого тиску з добавками цезію, лампами ДНаТ, ДРЛФ

Як видно з рисунку сумарне співвідношення вмісту ( $Ca+Cв$ ) хлорофілу  $a(Ca)$  та хлорофілу  $в(Cв)$  при опроміненні натрій-цезієвими лампами сорту томату Де Барао вище вдвічі, ніж при опроміненні лампами ДНаТ 400, ДРЛФ400.

Проаналізувавши ріст рослин при додатковому освітленні натрієвими лампами високого тиску з добавками цезію різного складу амальгам, представимо залежність ефективності освітлення рослин від складу амальгам (рис. 4).





1 – (20ат%Hg, 77ат.%Na, 3ат.%Cs20); 2 – (20ат%Hg, 75ат.%Na, 5ат.%Cs); 3 – (20 ат. % Hg, 73 ат. % Na, 7 ат. % Cs); 4 – (20 ат. % Hg, 70 ат. % Na, 10 ат. % Cs); А – світловий потік випромінювання; Б – сумарний вміст пігментів (Ca+Cb).

Рисунок 4 – Вміст пігментів у листках рослин томатів при опроміненні натрієвими лампами з різним наповненням

Вирощування рослин на перших етапах розвитку показало, що при додатковому освітленні високоінтенсивними розрядними лампами з добавками цезію, які мають склад амальгами (20ат%Hg, 75ат.%Na, 5ат.%Cs), найбільш ефективно.

**Висновки:** В умовах тепличного господарства використовуються різні види джерел світла. Найбільш ефективним джерелом світла є натрієві лампи високого тиску (ДНаТ 400), але недоліком є те, що лампи випромінюють в основному в оранжево-жовтій області спектру.

Досліджено спектр випромінювання дугової ртутної лампи (ДРЛ400), високоінтенсивної натрієвої лампи (ДНаТ400), високоінтенсивних джерел зі складом амальгами натрію з добавками цезію (Hg-20 %, Na-7 5%, Cs-5 %), калію (Hg-20 %, Na-79 %, К-1 %), рубідію (Hg-20 %, Na-79 %, Rb-1 %). В результаті експериментів визначено, що спектральний склад випромінювання ламп з добавками Cs, K, Rb має меншу інтенсивність випромінювання в порівнянні зі стандартними натрієвими лампами високого тиску (ДНаТ400) в області 500-600 нм і значно більшу інтенсивність в червоній (600-700 нм) та ближній інфрачервоній областях. Для експерименту було вибрано помідори двох сортів Гібрид Тарасенко та Де Барао, які були додатково освітлені лампами ДРЛ400, ДНаТ400, високоінтенсивними джерелами світла з добавками цезію,

Встановлено відмінності в реакції рослин на накопичення пігментів. Сумарний вміст хлорофілу і каротиноїдів у сортах томатів Де Барао і Гібрид Тарасенка при опроміненні натрієвою лампою високого тиску з добавками цезію є вищим в 1,4÷2,5 рази, ніж при опроміненні ДРЛФ400 і ДНаТ400. Скореговано вибір високоінтенсивного джерела світла з наповненнями розрядної трубки амальгами (20ат%Hg, 77ат.%Na, 3ат.%Cs20); (20ат%Hg, 75ат.%Na, 5ат.%Cs); (20 ат. % Hg, 73 ат. % Na, 7 ат. % Cs); (20 ат. % Hg, 70 ат. % Na, 10 ат. % Cs). Показано, що при додатковому освітленні високоінтенсивними розрядними лампами з добавками цезію, які мають склад амальгами (20 ат. % Hg, 75 ат. % Na, 5 ат. % Cs), вирощування рослин на перших етапах розвитку найбільш ефективно.

## Список використаних джерел

1. Johkan, M., Shoji, K., Goto, F., Nahida, S., Yoshihara, T., 2012. Effect of green light wavelength and intensity on photomorphogenesis and photosynthesis in *Lactuca sativa*. *Environ. and Expt. Bot.* 75, 128–133.
2. Велит И.А., Бондарь П.И., Сахно Т.В., Кожушко Г.М. Влияние спектрального состава света на содержание хлорофилла в листьях томата//Физиология и биохимия культурных растений.-2004.-Т.36, №4.-С.349-355.
3. Шульгин И.А. Растение и солнце. Л.: Гидрометеоиздат.- 1973.-251с.
4. Tazawa S. Effects of various radiant sources on plant growth. Pt 1// *JARQ.*- 1999.- V.33, N 3. - P. 163-176.
5. Protasov NN. Spectral characteristics of light sources and features of the growth of plants under artificial lighting: NN. Protasov, JM. Wells, MV. Dobrovolsky, LN. Tsoglin: *Plant Physiology*, 1990, V. 37, Vol. 2; 386-396.
6. Runkle ES & Heins DR. Specific functions of red, far-red and blue lights in flowering and stem extension of long-day plants. *J Amer Soc. Hort Sci.* 2001;126:275–282.
7. Рохлин Г.Н. Работа натриевых ламп высокого давления в пульсирующем режиме. // *Светотехника.*- 2001.- №3.-С. 2-8.
8. Prikupets, L.B., and A.A. Tikhomirov. 1994. Optimization of lamp spectrum for vegetable growth, p 31-38. In: T.W.Tibbitts (ed.). *International Lighting in Controlled Environments Workshop*, NASA-CP-95-3309.
9. ГОСТ17616-82. Лампы разрядные. Методы измерения электрических и световых параметров.
10. Тооминг Х.Г, Гуляев Б.И. Методика измерения фотосинтетически активной радиации. -М.:Наука. -1967. -144с.
11. Починок Х.Н. Методы биохимического анализа растений. -Киев. Наукова думка. -1976. -334с.

## Аннотация

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ИСТОЧНИКОВ ИСКУССТВЕННОГО СВЕТА ДЛЯ БЕЗОПАСНОГО ВЫРАЩИВАНИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР В УСЛОВИЯХ ЗАКРЫТОГО ГРУНТА

Велит И.А.

*Одним из путей интенсификации производства экологически чистой продукции в условиях закрытого грунта является применение облучения растений искусственным светом. В работе рассмотрены особенности использования источников искусственного освещения с эффективным спектральным составом излучения и уменьшенным содержанием ртути для светокультуры растений. Исследовались высокоинтенсивные натриевые лампы (ДНаТ400), высокоинтенсивные источники с составом амальгамы натрия с добавками цезия (Hg-20%, Na-7 5%, Cs-5%), калия (Hg-20%, Na-79%, K-1 %), рубидия (Hg-20%, Na-79%, Rb 1%). В результате экспериментов установлено, что спектральной состав излучения ламп с добавками Cs, K, Rb имеет меньшую интенсивность излучения по сравнению со стандартными натриевыми лампами высокого давления (ДНаТ) в области 500-600 нм и значительно большую интенсивность в красной (600-700 нм) и ближней инфракрасной областях В*

эксперименте были использованы томаты двух сортов Гибрид Тарасенко и Де Барао, которые были дополнительно освещены лампами ДРЛ400, ДНаТ400, высокоинтенсивными источниками света с наполнением разрядной трубки (20at% Hg, 77at.% Na, 3at.% Cs) (20at% Hg, 75at.% Na, 5AT.% Cs) (20 at.% Hg, 73 at.% Na, 7 at.% Cs) (20 at.% Hg, 70 at.% Na, 10 at.% Cs). Установлены различия в реакциях растений томатов сортов Де Барао и Гибрид Тарасенко на накопление пигментов и их соотношение. Суммарное содержание хлорофилла и каротиноидов в сортах томатов Де Барао и Гибрид Тарасенко при облучении натриевой лампой высокого давления с добавками цезия выше в 1,4 ÷ 2,5 раза, чем при облучении ДРЛФ400 и ДНаТ400.

При дополнительном освещении высокоинтенсивными разрядными лампами с добавками цезия, которые имеют состав амальгамы (20 at.% Hg, 75 at.% Na, 5 at.% Cs), выращивание растений томатов на первых этапах развития является наиболее эффективным.

## Abstract

### USE OF SOURCES OF ARTIFICIAL LIGHT FOR SAFE EXPLORATION OF AGRICULTURAL CROPS IN CONDITIONS OF CLOSED GROUND

I. Velit

*One of the ways to intensify the production of environmentally friendly products under closed ground conditions is to apply irradiation of plants with artificial light. The paper considers the peculiarities of using artificial lighting sources with an effective spectral composition of radiation and a reduced content of mercury for light cultures of plants. High-intensity sodium lamps (DNaT400), high-intensity sources with a composition of amalgam of sodium with additives of cesium (Hg-20%, Na-75%, Cs-5%), potassium (Hg-20%, Na-79%, K-1%), rubidium (Hg-20%, Na-79%, Rb 1%). As a result of experiments, it has been established that the spectral composition of the radiation of Cs, K, and Rb supplemented lamps has a lower radiation intensity compared to standard high pressure sodium lamps (DNaT) in the region of 500-600 nm and a significantly higher intensity in red (600-700 nm) and near infrared regions. In the experiment, the tomatoes of the two varieties Hybrid Tarasenko and De Barao, which were additionally illuminated by DRL400, DNT400 lamps, high intensity light sources with filling of a discharge tube (20at% Hg, 77at% Na, 3at% Cs 20) (20am% Hg, 75am.% Na, 5am.% Cs) (20 am.% Hg, 73 am.% Na, 7 am.% Cs) (20 am.% Hg, 70 am.% Na, 10 At% Cs). Differences in reaction of plants of tomatoes of varieties De Barao and Hybrid Tarasenko on accumulation of pigments and their correlation are established. The total content of chlorophyll and carotenoids in the varieties of De Barao and Tarasenko hybrid when irradiated with a high pressure sodium lamp with additives of cesium is higher in 1,4 to 2,5 times than when irradiated with DRLF400 and DNaT400.*

*With additional illumination, high intensity discharge lamps with cesium additives containing amalgams (20 at.% Hg, 75 at.% Na, 5 at.% Cs), the growing of tomato plants in the early stages of development is most effective.*

**УДК 658.562**



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

**ВІСНИК  
ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО  
УНІВЕРСИТЕТУ СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА  
ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

технічні науки

**ВИПУСК 199**

**«МЕХАНІЗАЦІЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОГО ВИРОБНИЦТВА»**

присвячений Всеукраїнській науково-практичній конференції

**«ОПТИМІЗАЦІЯ  
ТЕХНІЧНИХ ТА ТЕХНОЛОГІЧНИХ  
СИСТЕМ АГРОВИРОБНИЦТВА»**

khntusg.com.ua

mtf.khntusg.com.ua



Харків 2019

**ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ**

## ПРОДУКЦИИ

**Пузик В.К., д.с.-х.н., профессор, Пузик Л.М., д.с.-х.н., профессор,  
Любимова Н.А., д.т.н., профессор**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

*В статье приведены результаты использования последовательного числового контроля качества сельскохозяйственной продукции с целью повышения ее конкурентоспособности. Проанализированы первоочередные задачи при построении статистической модели измерительного контроля, представлены типовая контролирующая система, структура последовательного контроля и даны ее характеристики. Предложенный вид контроля существенно снижает долю брака в общей массе продукции. Полученный результат аналитических зависимостей удобен при инженерных расчетах других видов числового контроля.*

**Ключевые слова:** сельское хозяйство, продукция, последовательный числовой контроль, качество, конкурентоспособность.

**Вступление.** Проблема качества и конкурентоспособности продукции актуальна во все времена. В настоящее время в условиях становления и развития рыночных отношений, вхождения Украины в международный рынок сельскохозяйственной продукции она приобретает особую остроту. Чтобы наладить, стабилизировать и, наращивать производство, предприятие должно быть конкурентоспособным. Гарантией и подтверждением его конкурентоспособности является наличие на предприятии системы менеджмента качества. Общие требования к такой системе изложены в международных стандартах [1].

Эти требования охватывают совокупность мер по управлению качеством, которые должно осуществлять предприятие по всем направлениям своей производственной деятельности – от проектирования, выпуска продукции до ее сбыта [2,3]. Эти функции также предусматривают комплекс мероприятий, разработку методов и средств, направленных на сохранение качества сельскохозяйственной продукции в период ее хранения и транспортировки в соответствии с требованиями потребителя. Программа должна состоять из нормативно-технических документов, обеспечивающих требования международных стандартов по хранению, транспортировке и реализации продукции, технологическому обслуживанию хранилищ и транспортных средств; методов и средств контроля, обслуживающих условия хранения, транспортировки и реализации. От профессионального и своевременного ее выполнения напрямую зависит и конкурентоспособность сельскохозяйственных предприятий на международном рынке.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Контроль

сельскохозяйственной продукции на всех этапах изготовления и реализации имеет ряд особенностей и трудностей. Данная товарная продукция подвержена воздействию многих факторов, снижающих ее качество и себестоимость в конечном итоге, при хранении, транспортировке и реализации. Это и временные ограничения вышеперечисленных операций, воздействия физических, химических и биологических факторов. Поэтому и метрологическое обеспечение качества продукции охватывает весь комплекс мероприятий, направленных на повышение уровня качества работ и продукции на всех этапах производственного цикла путем определения и закрепления оптимального числа контролируемых параметров, метрологического обеспечения измерения качества работ и продукции, параметров технологических процессов.

Программа определяет задачи по установлению оптимального объема и номенклатуры измеряемых показателей качества, разработку методики и выбор средств измерений, гарантирующих требуемую точность. При контроле сельскохозяйственной продукции часто использовались методы и средства, используемые в промышленности и лишь частично отражающие специфику метрологического обеспечения качества контроля[4-6]. Определяющая роль в описываемых требованиях отводится технологическому процессу изготовления продукции, а значит, – всем видам контроля (входному, пооперационному, выходному и др.) ему присущим. Это побуждает предприятия, заботящиеся о своем имидже и перспективах развития искать новые, более совершенные формы их проведения. В этой статье описывается одна из таких форм.

#### **Определение цели и задач исследования**

Контроль – опытная процедура, устанавливающая, соответствует или не соответствует объект контроля заявленному изготовителем качеству, годен или негоден объект к использованию по назначению. Однако реальный контроль не дает стопроцентной гарантии верности своих исходов. Объект, признанный им негодным, в действительности может оказаться годным (ошибка контроля первого рода) и, наоборот, объект, признанный годным, может оказаться негодным (ошибка второго рода).

Тем не менее, правильно организованный контроль существенно снижает изначальную долю брака в общей массе готовой продукции и в конечном итоге повышает ее конкурентоспособность. Естественно стремление разработчика контроля построить его так (в рамках имеющихся ресурсов), чтобы это снижение оказалось как можно более весомым. В поисках результативных методик такого контроля специалисты используют разные структурные построения его процедуры. В этом плане интерес представляют составные процедуры контроля, элементами которых выступают контрольные процедуры меньшего ранга. В производственной практике хорошо известна и в последнее время получила развитие концепция повторяющегося контроля, когда контролируемый объект, признанный годным, подвергается последовательным повторным проверкам. Совокупность таких проверок назовем условно *последовательным контролем*. В частности, в концепцию последовательного контроля вписывается и так

называемый *многоэтапный контроль*, примером которого является приведенная в [7] цепочка: технологический контроль – контроль ОТК – госприемка – входной контроль потребителя. Например, в случае проведения контроля зерновой продукции: контроль на месте производства – контроль хранения на элеваторе – контроль заказчика (при покупке) – контроль при (на) транспорте – контроль входной потребителя.

Эта цепочка состоит из нескольких самостоятельных, разнесенных во времени и пространстве процедур. Впрочем, совокупность проверок при последовательном контроле может быть организована и как нерасчлененная процедура, проводимая на одном «рабочем месте» и (при отсутствии дополнительных технических средств) на одном контрольном оборудовании.

Несмотря на широкое промышленное внедрение последовательного контроля, его теоретическая разработка не доведена до приемлемых для практики результатов. В частности, не установлены определяющие характеристики его овеществленного носителя – контролирующей системы, не предложены методики их инженерного расчета. Материалы данной статьи позволяют устранить отмеченный пробел. В основу предлагаемых решений положены результаты, полученные исполнителями на основе обработанных предварительных статистических данных.

### **Основная часть исследования**

#### **Статистическая модель последовательного контроля.**

##### **Первоочередная задача анализа**

Теоретическую разработку сложных структур контроля (в том числе рассматриваемой в данной работе) удобно провести на общей статистической модели контроля, приближенной к реальным производственным условиям. В этой модели центр тяжести исследований переносится с самого контроля на *контролирующую систему* (КС) – овеществленный носитель» его функций [8]. Сама КС рассматривается как некий преобразователь, связанный с внешней средой одним входным и двумя выходными каналами. Будем называть их также ее вещественными *входом* и *выходами*.

На вход КС поступает конечный поток (партия) контролируемых объектов. С выхода КС выдаются два потока, в один из которых она направляет только признанные ею годными, а в другой – только признанные негодными объекты. Из-за не идеальности КС оба выходных потока оказываются засоренными объектами противоположного качества. *Объем* и *степень засоренности* каждого из потоков *исчерпывающе* описывают его. Таких пар параметров, названных в [8] информативными, можно составить несколько. Одну из них – количество истинно годных и количество истинно негодных объектов в потоке предложено рассматривать как пару *переменных* КС [8, 9]. Знание этой пары позволяет легко рассчитать любые другие информативные параметры потока.

Чтобы оценить результативность любого контроля, надо уметь рассчитывать информативные параметры выходных потоков КС по информативным параметрам ее входного потока. Такой расчет предполагает



знание *исчерпывающих характеристик* самой КС. Первоочередная задача анализа сложной КС, в том числе КС последовательного контроля, – определение этих характеристик.

**Общая постановка задачи.** Известна структура сложной КС (составляющие ее элементы и их связи между собой и с внешней средой). Заданы исчерпывающие характеристики всех ее элементов. Требуется определить исчерпывающие характеристики самой КС.

На сегодняшний день строгих решений этой задачи ни для какой из известных сложных структур контроля не получено (по крайней мере, авторы их не встречали). В данной статье поставленная задача решается для последовательного контроля. В ней отыскиваются точные аналитические соотношения, связывающие характеристики КС с характеристиками составляющих ее элементов.

Предварительно рассмотрим некоторые общие положения, на которые опираются предложенные решения.

**2. Типовая КС как структурная единица последовательного контроля.** Простейшая форма организации (алгоритм) измерительного контроля сводится к типовой последовательности действий: измерению компонент контролируемого параметра объекта, сравнению измеренных значений компонент с соответствующими им верхними и нижними границами допуска, выработке исходов контроля – «1» или «0». Значение «1» (признак годности) приписывается объекту при попадании внутрь границ всех результатов измерений компонент, значение «0» (признак брака) – при непопадании внутрь границ хотя бы одного из них.

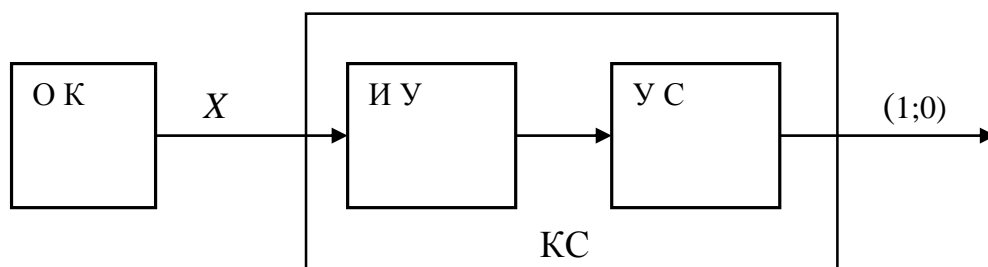
Описанный алгоритм контроля реализуется типовой структурной схемой, представленной на рис. 1. Компоненты контролируемого параметра  $\bar{X} = (X_1, X_2, \dots, X_n)$  объекта контроля (ОК) измеряются измерительным устройством (ИУ).

Результаты измерений сравниваются устройством сравнения (УС) с заданными на компоненты и находящимися в его памяти допусками. УС выносит суждение о годности объекта – «1», если все результаты оказались в соответствующих допусках, и о негодности объекта – «0», если хотя бы один из результатов вышел из своего допуска.

Следуя принятой терминологии, совокупность ИУ и УС, выступающую в качестве о вещественного носителя функций измерительного контроля, назовем измерительной *типовой контролирующей системой* (измерительной ТКС). Из-за ее не идеальности (наличия методических и инструментальных погрешностей измерения и сравнения) и возникают ошибки контроля.

Схема на рис. 1 отражает наиболее распространенный, но частный вариант ТКС и приведена лишь в качестве возможного примера. В общем случае контроль, осуществляемый ТКС, может быть и не измерительным, может иметь как более простую, так и более сложную алгоритмическую структуру. Существо проведенных ниже исследований и полученных решений от этого не меняется.

При анализе сложной КС нас не интересует ни внутренняя структура ТКС, ни тип контролируемого параметра (скаляр, вектор), ни алгоритм функционирования ТКС. Последняя рассматривается как некое единое целое, как структурная единица КС, имеющая три вещественных канала связи с внешней средой (один входной и два выходных) и представляемая двумя независимыми показателями.

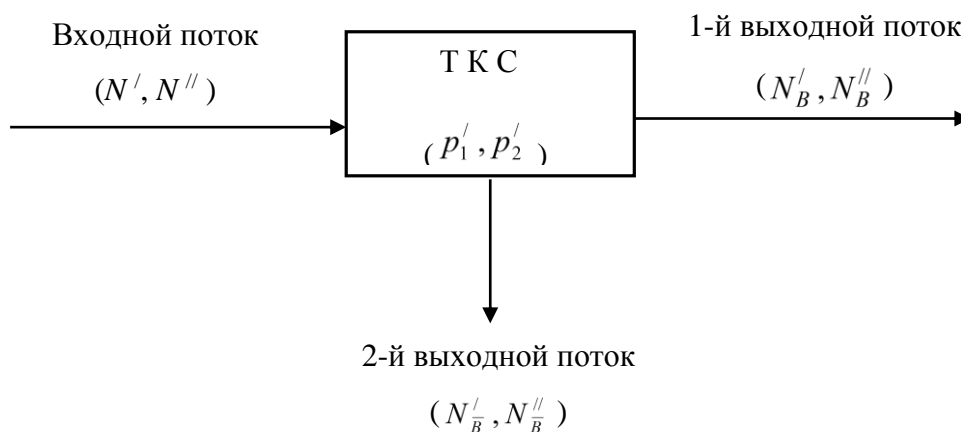


ОК – объект контроля, ИУ – измерительное устройство; УС – устройство сравнения, КС – контролирующая система;  $\vec{X}$  – контролируемый параметр (векторная величина)

Рис. 1. Структура измерительного контроля

Один из них  $p_1'$  (априорно-условный риск изготовителя) характеризует функционирование системы с точки зрения заведомо годного объекта и описывается вероятностью его забракования. Другой  $p_2'$  (априорно-условный риск заказчика) – с точки зрения заведомо негодного объекта и описывается вероятностью его принятия.

На рис. 2 представлена такая модель.



ТКС – типовая контролирующая система,  $p_1', p_2'$  – показатели ее функционирования,  $(N', N'')$  и  $(N_B', N_B'')$ ,  $(N_B', N_B'')$  – характеристические параметры входного и выходных потоков ТКС.

Рис. 2. Типовая КС.

Здесь  $(N'$  и  $N''$ ) – входные переменные ТКС (количества истинно годных и истинно негодных объектов ее входного потока);  $(N_B', N_B'')$  и  $(N_B', N_B'')$  – выходные переменные ТКС (количества истинно годных и истинно негодных объектов соответственно ее первого и второго выходных потоков);  $(p_1', p_2')$  – показатели

функционирования ТКС (априорно-условные риски изготовителя и заказчика).

Для построения структуры последовательного контроля, ее характеристик и аналитическим представлениям априорно-условных рисков изготовителя и заказчика рассмотрим характеристики входного и двух выходных потоков. Они исчерпывающе описывают функционирование последовательной контролирующей системы.

Необходимо выделить и проанализировать каждый из потоков порознь, установить связи между ними. Это позволит получить картину засоренности на выходе системы КС объектами противоположного качества и оценить результативность и качество последовательного контроля в целом.

**Характеристики потоков. Входной поток** Его можно рассматривать как неразличимую смесь двух качественно разных потоков, один из которых состоит только из «годных», а другой – только из «негодных» объектов. Обозначим их количества соответственно  $N'$  и  $N''$ . Полный объем входного потока  $N$  равен:

$$N = N' + N''.$$

За критерий качества входного потока может быть принята относительная доля в нем годных объектов. Если объем входного потока достаточно велик, относительную долю годных объектов естественно оценить вероятностью годности произвольного объекта потока:

$$p = P\{A\}$$

В реальной практике контроля вероятность  $p$  нередко близка к единице и для удобства сопоставления таких потоков по качеству, вместо вероятности  $p$ , удобнее пользоваться ее дополнением до единицы:

$$\bar{p} = 1 - p = P\{\bar{A}\},$$

трактуя  $\bar{p}$  как оценку потерь качества [10].

Показатель  $\bar{p}$ , будучи вероятностью «негодности» произвольно взятого объекта входного потока, определяет относительную долю в нем негодных объектов. Сами количества годных и негодных объектов найдутся как произведения вероятностей на объем  $N$  входного потока:

$$N' = pN, N'' = \bar{p}N = (1 - p)N.$$

Первый выходной поток КС. Это поток продукции (объектов), в отношении которой контроль принимает положительное решение. Признавая произвольный объект потока годным (событие  $B$ ), контроль выступает тем самым гарантом его качества [10]. Однако, гарантии контроля не сто процентны. «Признать годным» и «быть годным» – события неравнозначные. И только в случае «идеального» контроля они совпадают.

Определим характеристики (параметры) этого потока. Обозначим его объем через  $N_B$ , а количество его годных и негодных –  $N'_B$  и  $N''_B$  соответственно. Введем также в рассмотрение вероятность попадания в этот поток произвольного контролируемого объекта:

$$p_B = P\{B\}$$

Очевидно, объем  $N_B$  найдется как произведение:

$$N_B = p_B N.$$

Качество потока и его потери оцениваются условными вероятностями:

$$r = P\{A/B\},$$

$$\bar{r} = 1 - r = P\{\bar{A}/B\}$$

определяющими относительные доли его годных и негодных объектов. Сами количества годных  $N'_B$  и негодных  $N''_B$  объектов потока выражаются произведением объема  $N_B$ . соответственно на показатели  $r$  и  $\bar{r}$  :

$$N'_B = N_B \cdot r, N''_B = N_B \cdot \bar{r} = N_B \cdot (1 - r).$$

**Второй выходной поток КС.** Это поток забракованной, т.е. признанной контролем негодной продукции. В идеале он должен был состоять из всех негодных объектов входного потока, а его объем  $N_B$  совпадать с  $N''$ . Однако по причине неидеальности контроля в этот поток попадают, с одной стороны, не все негодные объекты, а с другой – часть годных объектов. Очевидно, объем  $N'_B$  этого потока может быть найден как разность объемов  $N$  и  $N_B$  или как произведение объема  $N$  на вероятность  $\bar{p}_B$

$$N_{\bar{B}} = N - N_B = N \cdot (1 - p_B) = N \cdot \bar{p}_B.$$

Так же, как и в предыдущем случае, помимо объема  $N_{\bar{B}}$ , введем в рассмотрение количества годных  $N'_{\bar{B}}$  и негодных  $N''_{\bar{B}}$  объектов потока и его показатели качества  $\bar{q}$  и потерь качества  $q$ :

$$\begin{aligned} \bar{q} &= P \cdot \{\bar{A} / \bar{B}\}, \\ q &= 1 - \bar{q} = P \cdot \{A / B\} \end{aligned}$$

Очевидно, выраженные через них количества годных  $N'_{\bar{B}}$  и негодных  $N''_{\bar{B}}$  объектов принимает вид:

$$N'_{\bar{B}} = N_{\bar{B}} \cdot \bar{q}, N''_{\bar{B}} = N_{\bar{B}} \cdot q.$$

Введены в рассмотрение несколько различных параметров (показателей), выступающих в качестве характеристик потоков КС. Для компактного их представления эти параметры вместе со своими символическими обозначениями и основными зависимостями, сведены в табл.1.

Таблица 1. Параметры потоков системы контроля (КС)

№	Параметры	Входной поток	Первый выходной поток	Второй выходной поток
1	Вероятность попадания объекта в поток	1	$p_B$	$\bar{p}_B = 1 - p_B$
2	Объем потока	$N$	$N_B = N \cdot p_B$	$N_{\bar{B}} = N \cdot \bar{p}_B$
3	Критерий качества или потерь качества потока			
	Вероятность годности объекта Вероятность негодности объекта	$p$ $\bar{p} = 1 - p$	$r$ $\bar{r} = 1 - r$	$q$ $\bar{q} = 1 - q$
4	Количество годных объектов в потоке	$N' = Np$	$N'_{\bar{B}} = N_B \cdot r$	$N'_{\bar{B}} = N_{\bar{B}} \cdot \bar{q}$
5	Количество негодных объектов в потоке	$N'' = N \cdot \bar{p}$	$N''_{\bar{B}} = N_B \cdot \bar{r}$	$N''_{\bar{B}} = N_{\bar{B}} \cdot q$

Приведенные параметры в своей совокупности исчерпывающе описывают потоки контролируемых объектов. Однако, лишь два из них (по каждому потоку) являются независимыми. Такие параметры информативны и могут рассматриваться как характеристики контролирующей системы

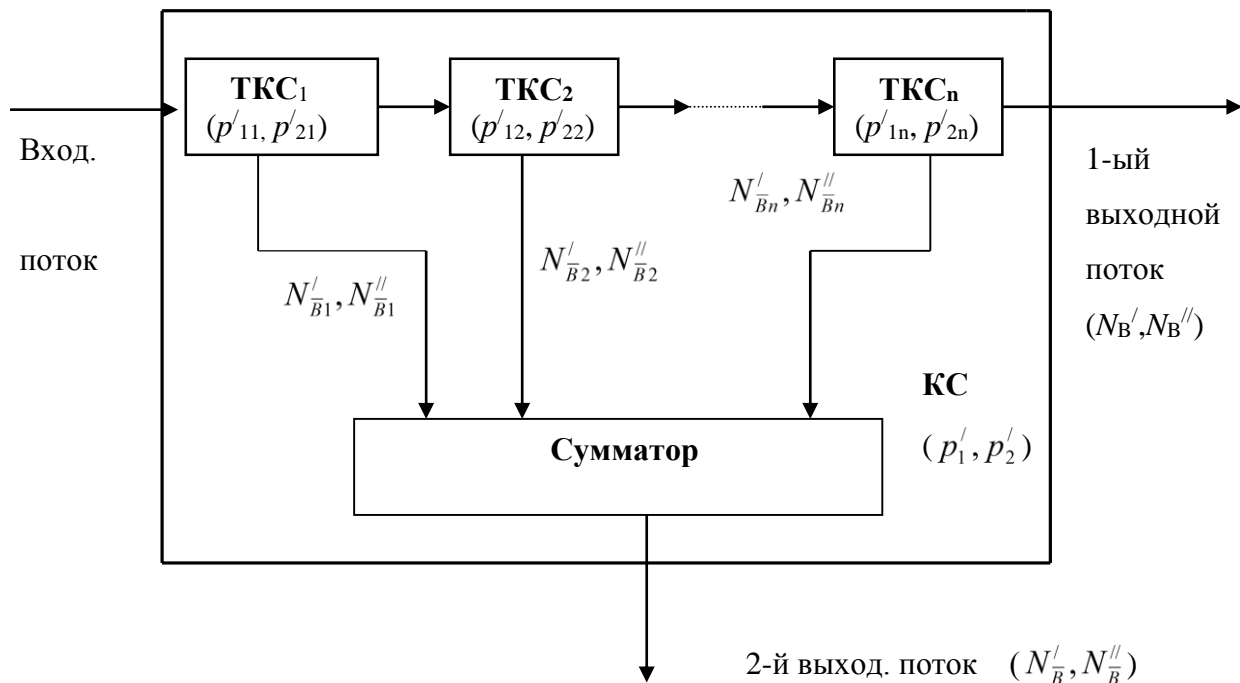
### 3. Структура последовательного контроля

Соответствующую ему контролируемую систему будем называть

последовательной КС. Она представляет собой последовательно-параллельное соединение двух, трех или более ТКС. Последовательно соединенными они оказываются по своим входам и первым выходам. Это *главный* канал прохождения потока объектов. Именно он представляет наибольший производственный интерес. В параллель соединены вторые выходы ТКС.

Рис. 3 иллюстрирует структуру последовательной КС. Она состоит из нескольких типовых контролирующих систем  $ТКС_i, i = 1, 2, \dots, n$ .

Первый выход (выходной поток) каждой предыдущей ТКС является входом (входным потоком) последующей. Исходный входной поток (контролируемая партия) поступает на вход первой ТКС. Первый выход последней ТКС служит первым выходом КС в целом. Вторые выходы (выходные потоки) всех ТКС объединены в один общий второй выход соединения.



КС – контролирующая система (составная);  $ТКС_i, p'_{1i}, p'_{2i}, i = 1, 2, \dots, n$  - типовая КС и ее параметры

Рис. 3. Структура последовательной КС.

#### 4. Опорные положения и зависимости

В работе [10] установлены некоторые общие закономерности числового контроля, которые принимаем за опорные положения исследований. Напомним их.

Любая КС может рассматриваться как линейный статический преобразователь входного потока контролируемых объектов в два выходных потока.

Для исчерпывающего описания функционирования КС достаточно располагать двумя вероятностными показателями – априорно-условным риском изготовителя и априорно-условным риском заказчика.

3. Каждый из информативных параметров выходных потоков КС, выбранный в качестве ее переменной, зависит только от одного – одноименного – информативного параметра входного потока КС и связан с ним пропорциональной зависимостью. Коэффициентами пропорциональности выступают априорно-условные риски или их дополнения до единицы.

При математическом раскрытии этих положений используем принятую в [10] символику. Через  $N, N_B$  и  $N_{\bar{B}}$  обозначим объемы соответственно входного, первого выходного и второго выходного потоков. Эти же символы со штрихом сверху присвоим количествам годных, а с двумя штрихами – количеству негодных объектов в соответствующих потоках. Априорно-условные риски изготовителя и заказчика обозначим символами  $p'_1$  и  $p'_2$ , а их дополнения до единицы – символами  $\bar{p}'_1$  и  $\bar{p}'_2$ :

$$\bar{p}'_1 = 1 - p'_1; \quad \bar{p}'_2 = 1 - p'_2. \quad (1)$$

В этих обозначениях указанные в положении 3 зависимости предстают в следующем виде:

$$N'_B = \bar{p}'_1 N'; \quad N''_B = p'_2 N''; \quad (2)$$

$$N'_{\bar{B}} = p'_1 N'; \quad N''_{\bar{B}} = \bar{p}'_2 N''. \quad (3)$$

Из них вытекает, что показатели  $\bar{p}'_1$  и  $p'_2$  выступают в роли коэффициентов передачи количеств соответственно годных и негодных объектов по первому выходу КС, а  $p'_1$  и  $\bar{p}'_2$  – по ее второму выходу. Отметим также, что лишь два из этих четырех показателей (в любых сочетаниях с разными нижними индексами) являются независимыми. Здесь нас в основном будут интересовать показатели  $p'_1$  и  $p'_2$ . Два других используются лишь для упрощения выкладок

Поскольку сумма количеств годных и негодных объектов потока дает его объем, то:

$$N = N' + N''; \quad N_B = N'_B + N''_B; \quad N_{\bar{B}} = N'_{\bar{B}} + N''_{\bar{B}}. \quad (4)$$

При достаточно большом объеме входного потока  $N$  (в пределе, стремящемся к бесконечности) справедливы соотношения:

$$N' = pN; \quad N'' = \bar{p}N = (1 - p)N, \quad (5)$$

в которых  $p$  и  $\bar{p}$  – априорные вероятности соответственно годности и негодности произвольно взятого объекта потока (контролируемой партии).

### 5. Характеристики последовательной КС

Обратимся к зависимости (2). Она справедлива для любых КС, в том числе и для ТКС. Выделим первую из этих зависимостей:

$$N'_B = N' \bar{p}'_1 \quad (6)$$

Последовательно применяя ее по отношению к каждой  $TKC_i$ ,  $i=1,2,\dots,n$  (см. рис 3), получим:

$$\begin{aligned} N'_{B1} &= N' \bar{p}'_{11}, \\ N'_{B2} &= N'_{B1} \bar{p}'_{12} = N' \bar{p}'_{11} \bar{p}'_{12}, \\ N'_{B3} &= N'_{B2} \bar{p}'_{13} = N' \bar{p}'_{11} \bar{p}'_{12} \bar{p}'_{13}, \\ N'_B &= N'_{Bn} = N'_{B,n-1} \bar{p}'_{1n} = N' \bar{p}'_{11} \bar{p}'_{12} \cdots \bar{p}'_{1,n-1} \bar{p}'_{1n}. \end{aligned} \quad (7)$$

С другой стороны, зависимость (5.6) справедлива для последовательной КС в целом, где  $\bar{p}'_1$  – один из ее показателей (дополнение априорно-условного риска до единицы). Сравнивая (6) с последней строкой (7), имеем:

$$\bar{p}'_1 = \prod_{i=1}^n \bar{p}'_{1i},$$

что при переходе к самим априорно-условным рискам изготовителя (см. (1)) дает:

$$p'_1 = 1 - \prod (1 - p'_{1i}). \quad (8)$$

Для нахождения второго показателя последовательной КС выпишем вторую зависимость (2):

$$N''_B = N'' p'_2.$$

Аналогично предыдущему случаю, последовательно применяя ее к каждой типовой КС, в итоге найдем:

$$N''_B = N''_{Bn} = N'' p'_{21} p'_{22} p'_{23} \cdots p'_{2n},$$

из чего (ср. с предыдущей записью) следует искомый результат:



$$p'_2 = \prod_{i=1}^n p'_{2i} \quad (9)$$

Таким образом, при последовательно-параллельном соединении двух или более типовых контролирующих систем (что, в частности, имеет место в последовательной КС) их априорно-условные риски заказчика и дополнения до единицы априорно-условных рисков изготовителя перемножаются, составляя соответствующие показатели (априорно-условный риск заказчика и дополнение априорно-условного риска изготовителя) соединения в целом.

Соотношения (8) и (9) являются точными аналитическими представлениями априорно-условных рисков изготовителя и заказчика, *исчерпывающе* описывающих функционирование последовательной КС. Они просты, физичны, наглядны, удобны при пользовании в инженерной практике. Зная их, нетрудно рассчитать все параметры выходных потоков КС (их объемы, степень засоренности объектами противоположного качества и др.), а также оценить результативность последовательного контроля в целом,

**Выводы.** Один из практических путей повышения результативности контроля – построение его по повторяющейся схеме, когда объект, признанный годным, подвергается повторным проверкам. В этом разделе такой контроль назван последовательным контролем. Несмотря на его широкое промышленное внедрение, теоретические разработки отстают от нужд практики. В частности, не установлены его определяющие характеристики, не предложены методики их расчета.

Исследования, предлагаемые в данной статье, по мнению авторов, устраняют этот пробел. Решения опираются на ранее установленные в статье [10] общие закономерности числового контроля:

- любая контролирующая система (КС) *исчерпывающе* описывается априорно-условными рисками изготовителя и заказчика;
- каждая выходная переменная КС связана с одноименными ей входными переменными пропорциональной зависимостью.

Выведены точные аналитические соотношения, связывающие *исчерпывающие* характеристики КС с соответствующими характеристиками составляющих ее структурных элементов. Они сводятся к предельно простому правилу: чтобы найти априорно-условный риск заказчика и дополнение до единицы априорно-условного риска изготовителя последовательной КС в целом, надо перемножить соответствующие показатели (априорно-условные риски заказчика и дополнения априорно-условных рисков изготовителя) всех входящих в нее элементов (ТКС). Показана состоятельность этого результата.

При достижении оговоренных в торговых соглашениях общих уровней рисков производителя и заказчика данный статистический подход позволяет оценить и вклад в общий качественный результат отдельных подсистем контроля (химического, физического, биологического...). Можно использовать "коридор допусков контроля" по отдельным подсистемам.

При условии критического приближения к границе допуска одной из подсистем можно комбинировать априорно-условный риск других подсистем. При критическом приближении к границе допуска контроля априорно-условного риска отдельной подсистемы можно компенсировать его вклад в общий риск

вариацией количественных изменений рисков других подсистем

Эта общая комбинация рисков разных подсистем позволит выйти в соответствии с полученным результатом исследования (8) и (9) на выполнение общего норматива заданных рисков изготовителя и заказчика в соглашениях. Речь не идет о нарушении отдельных нормативов, а лишь о новых возможностях общей компенсации отдельными подсистемами.

Предлагаемое решение позволяет качественно оценить всю цепочку товарной сельскохозяйственной продукции от ее производства - переработки - транспортировки до сбыта. Такой общий статистический подход позволит улучшить менеджмент качества продукции и повысить ее конкурентоспособность.

Полученный результат инвариантен по отношению к разным видам числового контроля (измерительный – не измерительный, однопараметрический – многопараметрический, прямой – косвенный и т.п.). Вытекающие из него аналитические зависимости удобны в инженерных расчетах и могут служить опорными соотношениями при оценке результативности последовательного и других сложных структур контроля.

### Список использованной литературы

1. ДСТУ ISO 9004 – 2001. Системи управління якістю. Настанови щодо поліпшення діяльності. – К.: Держстандарт України. – 2001. – С. 70.
2. Болычевцев А.Д. Последовательный контроль / А.Д. Болычевцев, Л.А. Болычевцева, В.А. Шлыков // Метрология. – 2004. - №9. – С.3 -16.
3. Болычевцев А. Д. Многоступенчатый измерительный контроль /А. Д. Болычевцев // Измерительная техника. – 1990. - № 8. – С. 15 – 17.
4. Дмитриченко М.И. Экспертиза качества и обнаружение фальсификации продовольственных товаров. Уч. пособие / М.И. Дмитриченко. // К., Х., Минск. – 2003. – с.152.
5. ДСТУ 2865 – 94. Контроль неруйнівний. Терміни та визначення. – К.: Держстандарт України. – 1995. – 52 с.
6. Володарський Є.Т. Метрологічне забезпечення вимірювань і контролю: Навч. посіб / Є.Т. Володарський, В.В. Кухарчук, В.О. Поджаренко, Г.Б.Сердюк// – Вінниця: Велес. – 2001. – 219 с.
7. Малайчук В.П. Інформаційно-вимірювальні технології неруйнівного контролю: Навч. посіб / В.П. Малайчук, О.В. Мозговий, О.М. Петренко // Дніпропетровськ: РВВ ДНУ. – 2001. – 240 с.
8. Ильенкова С.Д. Управление качеством. / Под редакцией С.Д. Ильенковой// – М.: Банки и биржа,1998.
9. Болычевцев А.Д. Числовой измерительный контроль повышенного качества / А.Д.Болычевцев // М: Измерительная техника. – 1990. - № 5. – С. 13-15.
10. Федюшин А.И. Об одном способе повышения достоверности числового измерительного контроля / А.И.Федюшин // Український метрологічний журнал. – 2004.- № 1. – С.14-17.
11. Болычевцев А.Д. Контроль как гарант качества продукции и требования к точности используемых измерительных средств / А.Д.Болычевцев// М: Метрология. – 2000. - №11. – С. 20-32.
12. Богданович Е.Н. Статистический приемочный контроль: учеб. пособие / Е.Н. Богданович, И.А. Пантыкина, Е.Н. Федорова. Воронеж: ФГБОУ ВПО

- «Воронежский государственный технический университет», - 2012. - 120 с.  
13. Dzirkal E.V. N.O. Demidovich`s sequential control method. *Dependability*. 2014;(3):137-150. (In Russ.) DOI:10.21683/1729-2646-2014-0-3-137-150

## Анотація

### ПОСЛІДОВНИЙ КОНТРОЛЬ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ПРОДУКЦІЇ

Пузік В.К., Пузік Л.М., Любимова Н.О.

*У статті наведені результати використання послідовного чисельного контролю якості сільськогосподарської продукції з метою підвищення її конкурентоспроможності. Проаналізовані першочергові задачі при побудові статистичної моделі вимірювального контролю, представлена типова контролююча система, структура послідовного контролю та надані її характеристики. Запропонований вид контролю суттєво знижує долю браку в загальній масі продукції. Отримано результати аналітичних залежностей зручні при інженерних розрахунках інших видів чисельного контролю.*

**Ключові слова:** сільське господарств, продукція, послідовний чисельний контроль, якість, конкурентоспроможність

## Abstrac

### SUCCESSIVE CONTROL OF AGRICULTURAL PRODUCE

V. Puzik, L. Puzik, N. Lyubymova

*This article proposes the use of consistent numerical control of the quality of agricultural products in order to increase its competitiveness. Its function provides for a set of activities, the development of methods and tools aimed at preserving the quality of agricultural products in the period of its storage and transportation in accordance with the requirements of the consumer.*

*From the professional and timely implementation of it directly depends on the competitiveness of agricultural enterprises in the international market.*

*One of the practical ways to increase the effectiveness of control is to construct it in a repeating pattern, when an object that is recognized as fit is subject to repeated inspections. The primary tasks in the construction of a statistical model of measurement control are analyzed, a typical monitoring system, a sequential control structure, and its characteristics are presented. The proposed control significantly reduces the share of rejects in the total mass of products. The obtained result of analytical dependencies is convenient for engineering calculations of other types of numerical control.*

*Precise analytical relationships are derived that relate the exhaustive characteristics of the coprocessor to the corresponding characteristics of its constituent structural elements.*

**Key words:** agriculture, products, serial numerical control, quality, competitiveness.

## РОЛЬ ҐРУНТОВОЇ РОДЮЧОСТІ І ОСНОВНИХ ЗАКОНІВ ЗЕМЛЕРОБСТВА У ЗЕРНОВИРОБНИЦТВІ ЗОНИ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ

**Гамаюнова В.В., д.с.-г.н., професор, Хоненко Л.Г., к.с.-г.н., доцент**  
(Миколаївський національний аграрний університет, м. Миколаїв, Україна)

**Глушко Т.В., к.с.-г.н, доцент, Музика Н.М., асистент**  
(ДВНЗ «Херсонський державний аграрний університет», м. Херсон, Україна)

*В статті наведено рівні врожайності зерна ряду сортів озимих культур: пшениці, ячменю, жита і тритикале залежно від попередника, фону живлення та умов вегетаційного періоду у роки вирощування. Встановлено, що внесення після збирання попередників мінеральних добрив у рекомендованих для зони досліджень дозах, дозволяє істотно збільшити зернову продуктивність озимих культур (на 22-35%) і особливо у несприятливі роки вегетації (на 162%) та практично нівелює значення попередника. Визначено, що на удобрених фонах накопичена волога та опади вегетаційного періоду використовуються озимими зерновими культурами до 40% ефективніше, це дуже важливо для зони Південного Степу України і дозволяє стабілізувати зерновиробництво та підтримувати родючість ґрунту.*

**Актуальність досліджень.** У світі відомо, що 40% валового продукту України припадає на галузь сільського господарства. Зона ж південного Степу відома як житниця високоякісних хлібів зернових культур до того ж переважно озимої групи. Україна володіє найбагатшим у світі ресурсом – родючими ґрунтами. Одержання високих рівнів урожаїв сільськогосподарських культур за сприятливої і оптимальної забезпеченості ґрунтів доступними елементами живлення в цій зоні зумовлюється кліматичними умовами та чітким дотриманням агротехнічних заходів. Для зони Степу України характерний достатній температурний режим для виробництва практично всіх сільськогосподарських культур. Обмежувальним фактором перш за все тут виступає забезпеченість рослин вологою, нестача якої не дозволяє їм повною мірою використати свій потенціал та сформувати високу продуктивність і особливо у найбільш посушливі несприятливі роки [1-3].

Донедавна в зоні посушливого Степу України вирощували значні об'єми зернових, причому до 80-85% виробленого зерна, переважно озимих культур характеризувалося високими показниками якості та відносилося до продовольчої групи. Технологія їх вирощування була добре відпрацьована і її чітко дотримувались у господарствах. Сталі рівні врожаїв зерна рослини формували по кращих попередниках, за внесення оптимальних доз удобрення, добору сучасних, продуктивних сортів з проведенням відповідного захисту рослин від

шкідливих організмів та інших факторів [4, 5]. За дотримання усіх елементів агротехніки і основних законів землеробства найповніше зберігається родючість ґрунтів – основний засіб сільськогосподарського виробництва.

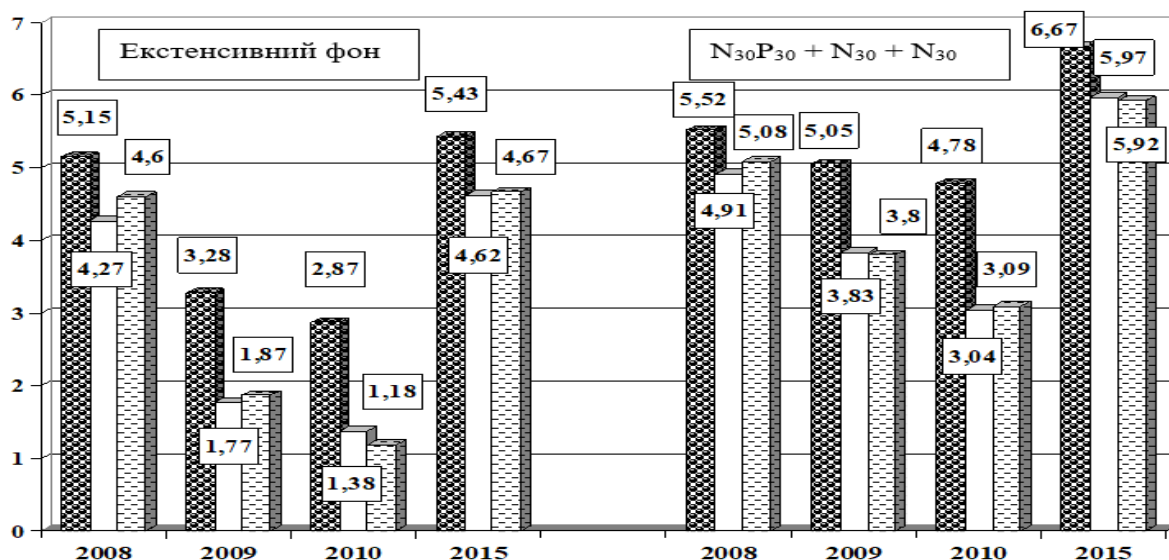
Адже добре відомо, що родючий ґрунт, який містить достатню кількість елементів живлення та органічної речовини, здатен не лише накопичувати і утримувати значну кількість вологи, а й забезпечувати заощадливе використання її рослинами на формування сталого рівня продуктивності та зменшує неефективність втрати вологи на випаровування проте, в останні десятиріччя родючість більшості ґрунтових відмін в Україні істотно змінилася. Вони втрачають значну кількість гумусу, органічної речовини, в них знижується вміст основних елементів живлення, погіршуються фізичні властивості й зокрема їх здатність накопичувати та утримувати вологу [6, 7]. Органіку на поля практично не вносять, або застосовують у недостатніх нормах через суттєве зменшення поголів'я тварин у громадському секторі, більша кількість яких зосереджена у приватних господарствах. Згідно раніше визначених нормативів для збереження існуючої родючості ґрунтів необхідно на кожний гектар сівозмінної площі вносити по 7-8 т/га органічних добрив у богарному землеробстві та по 12-15 т/га – на зрошуваних землях. На сучасному етапі господарювання застосовувати рекомендовані дози органіки у вигляді гною неможливо. Проте певною мірою наблизитись до цих нормативів можливо шляхом обґрунтованого чергування сільськогосподарських культур у сівозміні, що підтверджено і нашими попередніми дослідженнями [8, 9]. Доцільно в якості органічних добрив у ґрунт заробляти усі післяжнивні рештки та побічну продукцію, яку не використовують як корм, а також післяжнивно висівати сидеральні культури.

Сівозміна передбачає зниження чисельності шкідників, бур'янів, сприяє накопиченню органічної речовини, що підвищує водопроникність і водоутримуючу здатність ґрунту, збагачує його біологічним азотом за рахунок введення в сівозміну бобових культур, тощо. Крім того за обґрунтованого чергування сільськогосподарських рослин з різними біологічними особливостями, масою, розміщенням і глибиною проникнення кореневої системи, збільшується вміст гумусу, водоутримуюча здатність ґрунту, покращується його структурний стан, зростає забезпеченість елементами живлення тощо. Загалом запровадження науково обґрунтованого чергування сільськогосподарських культур дозволяє знизити витрати на вирощування сільськогосподарських культур на 15-20% за рахунок вище вказаних позитивів, головними з яких є підтримання ґрунтової родючості, зволоження та поживного режиму.

Забезпеченість рослин елементами живлення впродовж вегетаційного періоду в свою чергу сприяє їх кращому розвитку, накопиченню надземної біомаси і листкової поверхні, активізації фотосинтетичних процесів, істотному підвищенню рівня врожайності сільськогосподарських культур, зокрема зернових та покращенню якості зерна. За оптимізації поживного режиму значно ефективніше використовуються запаси ґрунтової вологи та опадів, що

випадають за вегетацію сільськогосподарських культур на формування їх урожайності. До того ж значення попередника визначають і оцінюють саме за наявністю елементів живлення та вологи залишених у ґрунті після збирання для наступних культур [10, 11].

**Результати дослідження.** Нашими дослідженнями, проведеними на чорноземі південному впродовж 2007-2010 та 2013-2016 рр. у навчально-науково-практичному центрі Миколаївського НАУ визначено роль попередника, погодних умов року вирощування, сортових особливостей культур та їх удобрення на врожайність зерна районованих сортів озимих рослин: пшениці, ячменю, жита та тритикале. Зокрема, за вирощування п'яти сортів пшениці озимої впродовж чотирьох років, вищою зернова продуктивність їх формувалася за розміщення культури по чорному парові, що ілюструє рис. 1. Значення цього попередника більшою мірою проявляється позитивно у несприятливі за умовами зволоження та перезимівлі роки, як то наприклад було, у 2009-2010 рр. вегетації. По природному (неудобреному) фоні чорного пару отримали 2,87 т/га зерна, тоді як по кукурудзі на силос – 1,38, а стерньовому попереднику – 1,18 т/га. За внесення мінеральних добрив по зазначених досліджуваних нами попередниках відповідно зібрано зерна – 4,78; 3,04 і 3,09 т/га, або прирости врожаю під впливом удобрення склали 1,91; 1,66 і 1,91 т/га та 66,6; 120,3 та 166,9%. Це свідчить, що по збіднених попередниках віддача від внесених добрив підвищується.



*Рис. 1 Урожайність зерна пшениці озимої у роки досліджень залежно від попередника та фону живлення (середнє по сортах), т/га*

Примітки:

■ чорний пар □ кукурудза на силос ▨ пшениця озима

Таблиця 1 - Урожайність зерна озимих культур залежно відпопередника і фону живлення, т/га

Культура, сорт (фактор А)		Попередник (фактор В)											
		Чорний пар				Пшениця озима				Кукурудза на силос			
		2014р.	2015р.	2016р.	2014- 2016рр.	2014р.	2015р.	2016р.	2014- 2016рр.	2014р.	2015р.	2016р.	2014- 2015рр.
Без добрив – фон попередника (фактор С)													
Ячіль озимий	Метелиця	2,80	5,14	5,03	4,32	2,16	4,88	4,80	3,95	2,12	4,76	4,73	3,87
	Основа	2,96	5,02	4,87	4,28	2,21	4,94	4,85	4,00	2,16	4,84	4,80	3,93
Тритикале озиме	Ратне	2,22	4,08	4,02	3,44	1,90	4,31	4,25	3,48	1,86	3,96	4,20	3,34
	Інтерес	2,08	4,04	3,97	3,36	1,87	4,08	4,03	3,33	1,79	3,97	4,17	3,31
Жито озиме	Княже	1,98	4,01	3,93	3,31	1,80	3,97	3,91	3,23	1,78	3,88	3,71	3,12
	Слобожанець	1,95	3,94	3,87	3,25	1,65	3,86	3,78	3,10	1,64	3,68	3,60	2,97
Середнє по культурах і сортах		2,33	4,37	4,28	3,66	1,97	4,34	4,27	3,52	1,89	4,18	4,20	3,42
N <sub>30</sub> P <sub>30</sub> до сівби + N <sub>30</sub> на початку виходу рослин у трубку (фактор С)													
Ячіль озимий	Метелиця	3,24	5,80	5,72	4,92	3,43	5,62	5,58	4,88	3,47	5,59	5,53	4,86
	Основа	3,41	5,97	5,49	4,96	3,49	5,77	5,62	4,96	3,54	5,62	5,58	4,91
Тритикале озиме	Ратне	2,96	5,36	5,10	4,47	2,78	5,03	4,90	4,24	2,73	4,99	4,87	4,20
	Інтерес	2,77	5,21	5,12	4,37	2,69	4,94	4,71	4,11	2,61	4,91	4,70	4,07
Жито озиме	Княже	2,55	4,97	4,73	4,08	2,41	4,65	4,60	3,89	2,38	4,64	4,57	3,86
	Слобожанець	2,47	4,73	4,70	3,97	2,34	4,52	4,60	3,82	2,31	4,53	4,54	3,79
Середнє по культурах і сортах		2,90	5,34	5,14	4,46	2,86	5,09	5,00	4,32	2,84	5,05	4,97	4,28
НІР <sub>05</sub> , т/га	по фактору А	0,08	0,11	0,10					по фактору АС	0,13	0,15	0,14	
	по фактору В	0,07	0,09	0,08					по фактору ВС	0,12	0,14	0,14	
	по фактору С	0,11	0,14	0,13					по фактору АВС	0,14	0,17	0,16	
	по фактору АВ	0,09	0,12	0,11									

За даними рисунка 1 також можна стверджувати, що у сприятливі роки й особливо за вирощування на удобрених фонах істотної різниці між попередниками й особливо непаровими не визначено.

Аналогічним чином досліджувані попередники та фон живлення вплинули й на рівні врожайності зерна сортів інших озимих культур: ячменю, жита та тритикале (табл.1).

Встановлено, що дещо вищою зернова продуктивність досліджуваних нами культур у розрізі взятих на вивчення сортів формується за розміщення після чорного пару. По інших попередниках, а саме після кукурудзи на силос та стерньового, урожайність зерна отримали практично однакових рівнів. За внесення по природному (екстенсивному) фоні попередника мінеральних добрив урожайність зерна істотно зростає: у середньому за роки досліджень, по озимих культурах і сортах (без пшениці) за вирощування по пару з 3,66 т/га до 4,46 т/га (на 21,9%), по кукурудзі на силос з 3,42 до 4,28 т/га (на 25,1%), а по пшениці озимій - з 3,52 до 4,32 т/га (на 22,7%).

Враховуючи значний об'єм досліджень та важливість накопичення, утримання і підвищення ефективного використання вологи, яка в зоні Південного Степу України виступає основним лімітуючим фактором і знаходиться в першому мінімумі щодо впливу на продуктивність сільськогосподарських культур, ми визначили сумарне водоспоживання досліджуваних культур у розрізі сортів за їх вирощування у роки з різними умовами вегетації, а саме – забезпеченістю вегетаційного періоду опадами та запасами вологи в ґрунті на період сівби, які також дещо різнилися залежно від попередників і перш за все погодних умов років вирощування.

Коефіцієнт водоспоживання за роками істотно різнився. Максимальна кількість вологи на формування одиниці врожаю (1т зерна з відповідною кількістю соломи) витрачається після стерньового попередника – 1296 м<sup>3</sup>у середньому по культурах і сортах. У разі внесення мінеральних добрив зазначений показник склав 996 м<sup>3</sup>/т або зменшився в середньому на 30,1%.

Аналогічно коефіцієнти водоспоживання змінювалися і при вирощуванні п'яти сортів пшениці озимої. На удобрених фонах цей показник істотно знижувався – залежно від умов вирощування та добору сорту на 40-42%.

Із досліджуваних нами озимих культур більш ефективно використовується волога пшеницею і ячменем, порівняно з житом та тритикале, що очевидно можна пояснити рівнями врожайності зерна, які були сформовані досліджуваними нами озимими зерновими. У розрізі попередників істотної різниці на ефективність водоспоживання нами не визначено, хоч дещо менші його показники забезпечує чорний пар. Проте, на нашу думку, в останні роки кількість площ під парами доцільно зменшувати. Адже чорний пар має бути удобреним – угноєним з розрахунку 30-40 т/га. Тільки за таких умов пар буде накопичувати вологу та мінералізувати органічну речовину тобто збагачуватись на доступні для рослин елементи живлення. Як ми вже зазначали, за відсутності напівперепрілого гною пар не здатен виконувати свою функцію. До того ж не вкритий рослинністю ґрунт більше нагрівається та втрачає вологу й особливо, якщо на полі є бур'яни, які виснажують і висушують ґрунт більш істотно, ніж культурні рослини. Тому мабуть, доцільніше використовувати зайняті сидеральні пари, що особливо важливо за зміни кліматичних умов.



Ми вже зазначали, що за оптимізації живлення рослин запаси ґрунтової вологи та опадів вегетаційного періоду використовуються значно ефективніше, ніж без добрив. Це встановлено багатьма вченими та підтверджено нашими дослідженнями.

**Висновки.** Таким чином, для збереження родючості ґрунту, отримання сталої продуктивності озимих зернових культур – пшениці, ячменю, жита і тритикале доцільно їх вирощувати після рекомендованих попередників, за можливості вносити помірні рекомендовані для зони дози мінеральних добрив, що в свою чергу дозволяє істотно підвищити не лише урожайність зерна, його основні показники якості, а і ефективність використання вологи рослинами впродовж вегетації безпосередньо на формування врожаю, за недопущення її непродуктивних втрат на надмірне випаровування. Зазначене є виключно важливим для зони посушливого Південного Степу України і особливо за зміни кліматичних умов. Адже саме цей регіон вважають зоною нестійкого та ризикованого землеробства. Проте незважаючи на це і на непередбачувані негативні зміни погодних умов, які все частіше повторюються, за дотримання основних законів землеробства та агротехнічних вимог продуктивність сільськогосподарських культур формується сталою, а родючість ґрунтів при цьому не погіршується, а підтримується в рівноважному стані.

### Список використаних джерел

1. Гамаюнова В.В. Значення попередника у формуванні зернової продуктивності озимих культур в умовах Степу України/ В.В.Гамаюнова, А.О.Литовченко, Н.М.Музика // Вісник ЖНАЕУ.-№1(53), т.1.-Житомир, 2016.-С. 80-87.
2. Лебедь Е.М. Черные пары и стабильность земледелия в Степи Украины / Е.М.Лебедь, И.Е.Бабенко, В.С.Кружилин, А.П.Коваленко, Н.Н.Попов // Земледелие.-1984.-№5.-С.18-20.
3. Адаменко Т.В. Кліматичні умови України та можливі наслідки потепління клімату / Т.В. Адаменко / Агронаом. – 2007. – № 1(15). – С. 8-11.
4. Нетіс І.Т. Посухи та їх вплив на посіви озимої пшениці. – Херсон: Айлант, 2008. – 252 с.
5. Сайко В.Ф. Наукові основи стійкого землеробства в Україні / В.Ф. Сайко // Вісник аграрної науки. – 2011. - № 1. – С. 5-12.
6. Бомба М.Я. Проблеми родючості ґрунтів: стан і перспективи відновлення у ХХІ столітті / М.Я. Бомба // Сільський господар. – 2001. – № 9–10. – С.20–23.
7. Національна доповідь “Про стан родючості ґрунтів України” // Посібник українського хлібороба. – 2011. – С.41–69.
8. Гамаюнова В.В. Современные подходы к увеличению эффективности удобрений под сельскохозяйственные культуры в земледелии южной Степи Украины // В.В. Гамаюнова, О.Ш. Искакова, В.Ф. Дворецкий, Н.Н.Музыка, И.С. Москва // Научно-практический журнал ФГБНУ «РосНИИ ПМ»: Пути повышения эффективности орошаемого земледелия. Вып 4(60). 2015. – С. 75-80.
9. Namaiunova V., Hlushko T., Honenko L. Preservation of soil fertility as basis for improving the efficiency of management in the Southern Steppe of Ukraine's scientific development and achievements. volume 4. London 2018. P13-

27. Includes bibliographical references and index ISBN 978-1-9993071-0-3
10. Єрмолаєв М.М. водний режим чорнозему типового в короткоротаційних зернових сівозмінах / М.М. Єрмолаєв, Л.І. Шиліна, Д.В. Літвінов / зб.наук.праць Інституту землеробства УААН. – К.: ЕКМО, 2005. – С.-161-166. – (Спецвипуск)
11. Гамаюнова В.В. Формування продуктивності пшениці озимої залежно від умов вирощування в Південному Степу / В.В. Гамаюнова, І.В. Смірнова // Збірник наукових праць ННЦ «Інститут землеробства НААН». – К.,2015. – Вип. 4 – С. 46-52.

## Аннотация

### **РОЛЬ ПОЧВЕННОГО ПЛОДОРОДИЯ И ОСНОВНЫХ ЗАКОНОВ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ В ЗЕРНОПРОИЗВОДСТВЕ ЗОНЫ ЮЖНОЙ СТЕПИ УКРАИНЫ**

Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Глушко Т.В., Музыка Н.М.

*В статье приведены уровни урожайности зерна ряда сортов озимых культур: пшеницы, ячменя, ржи и тритикале в зависимости от предшественника, фона питания и условий вегетационного периода в годы выращивания. Установлено, что внесение после уборки предшественников минеральных удобрений в рекомендованных для зоны исследований дозах, позволяет существенно увеличить зерновую продуктивность озимых культур (на 22-35%) и особенно в неблагоприятные годы вегетации (до 162%) и практически нивелирует значение предшественника. Определено, что на удобренных фонах накопленная влага и осадки вегетационного периода используются озимыми зерновыми культурами до 40% эффективнее, это очень важно для зоны Южной Степи Украины и позволяет стабилизировать зернопроизводство и поддерживать плодородие почвы.*

## Abstract

### **THE ROLE OF SOIL FERTILITY AND THE BASIC LAWS OF AGRICULTURE IN THE GRAIN PRODUCTION ZONE OF THE SOUTHERN STEPPE OF UKRAINE**

Gamayunova V.V., Honenko L.G., Glushko T.V., Musica N.M.

*The article presents the levels of grain yield of a number of varieties of winter crops: wheat, barley, rye and triticale, depending on its predecessor, nutritional background and growing season conditions during the growing years. It has been established that the introduction of mineral fertilizers after harvesting the precursors at the doses recommended for the zone allows a substantial increase in the grain productivity of winter crops (by 22-35%) and especially in unfavorable vegetation years (up to 162%) and practically levels the value of the precursor. It was determined that, on fertilized backgrounds, the accumulated moisture and precipitation of the vegetation period are used by winter grain crops up to 40% more efficiently, it is very important for the zone of the Southern Steppe of Ukraine and allows stabilizing grain production and maintaining soil fertility.*

## ЭНЕРГОЕМКОСТЬ И МЕТАЛЛОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЗАПЫЛЁННОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ СЕПАРАТОРОМ СВС-25М

Харченко С.А., д.т.н., доцент, Гаек Е.А., ассистент

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства имени Петра Василенко)*

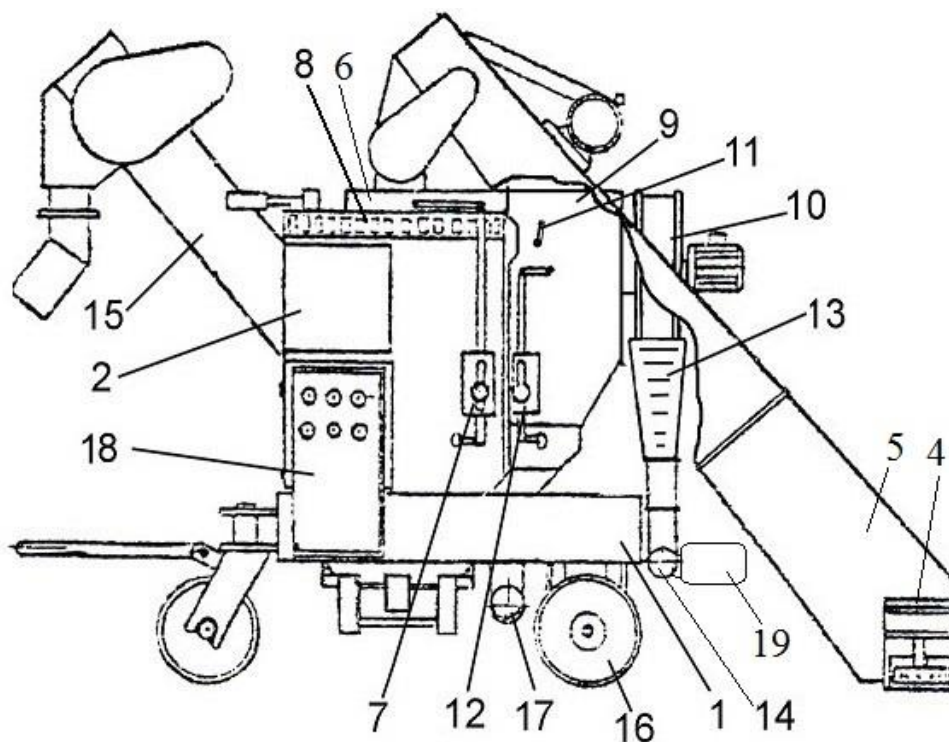
*В данной статье предложены исследования энергоёмкости и металлоёмкости процесса очистки запылённого воздушного потока модернизированным сепаратором СВС-25М производства ОАО "Вибросепаратор". Испытания модернизированного сепаратора ворохоочистителя СВС-25 с разработанным циклоном проведены в условиях опытного поля "Центральное" Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко (Харьковской обл.).*

*После очистки ЗС легкие примеси оседают в пылеосадочной камере, а пыль поступает в аспирационную систему. Очистка запылённого воздушного потока проходит два этапа очистки: отделение крупнодисперсных частиц более 200 мкм и выше – жалюзийно-инерционным уловителем; очистка от мелкодисперсной части размером 150–1 мкм разработанным циклоном. Выделенные частицы пыли и примеси накапливаются в бункере накопителе после чего удаляются с аппарата. Установлено, что производительность сепаратора с разработанным циклоном увеличилась с 22 т/час на 20-23,2% и составляет 28,6 т/час. Эффективность очистки воздушного от легких примесей и пыли разработанным циклоном при загрузке 28,6 т/ч составляет 91...93,8 %, что на 30...32,8 % выше серийного. Применение разработанного циклона в сепараторе СВС-25 снижает удельные энерго- и металлоёмкость, на 5,17 %; на 4,77 % соответственно.*

**Ключевые слова:** *энергоёмкость, металлоёмкость, циклон, частицы пыли, воздушный поток*

**Введение.** Испытания модернизированного сепаратора ворохоочистителя СВС-25М с разработанным циклоном проведены в условиях опытного поля "Центральное" Харьковского национального технического университета сельского хозяйства имени Петра Василенко (Харьковской обл.) в период с июня по сентябрь 2018 г. Сепаратором произведена очистка озимой пшеницы урожая 2017 и 2018 гг. в количестве 223 т. Для дальнейшей проверки в условиях длительной эксплуатации сепаратором также очищены зерновые урожая 2017-2019 гг. Конструктивная схема и производственные испытания модернизированного сепаратора СВС-25М представлены на рис.1 [1].

После очистки крупных примесей в пылеосадочной камере 9 запылённый воздушный поток поступает через пылеотделитель инерционный жалюзийный 13 поступает на доочистку в разработанный ротационный циклон 19.



1- рама; 2- блок виброцентробежный; 3- скребковый питатель левый; 4- скребковый питатель правый; 5- скребковый конвейер наклонный; 6- конвейер винтовой; 7- дозатор; 8 - канал кольцевой пневмосепарирующий; 9- пылесадочная камера; 10- вентилятор; 11, 12- клапаны дополнительный и основной; 13- пылеотделитель инерционный жалюзийный; 14- пневмотранспортер; 15- транспортер чистого зерна; 16- транспортер отходов; 17- колесный ход; 18- пульт управления; 19 –циклон разработанный

Рис.1. Конструктивная схема модернизированного сепаратора СВС-25

После очистки ЗС легкие примеси оседают в пылесадочной камере, а пыль с воздушным потоком поступает в аспирационную систему. Очистка запылённого воздушного потока делится на два этапа: отделение крупнодисперсных частиц более 200 мкм и выше – жалюзийно-инерционным уловителем и очистка от мелкодисперсных частиц 150–1 мкм разработанным циклоном. Выделенные фракции накапливаются в бункере накопителе после чего удаляются с аппарата.

Кинематические параметры сепаратора не варьировали, приняты паспортными из технической характеристики: мощность установленных электродвигателей – 9,37 кВт·час; удельный расход электроэнергии – 0,38 кВт·час/т [2].

Конструктивные параметры разработанного циклона приняты с учётом проведенных теоретических и экспериментальных исследований: частота вращения ротора  $\omega = 130 - 170$  рад/с, угол наклона лопастей завихрителя  $\alpha = 18 - 22^\circ$ , количество дисков доочистителя  $N = 5 - 7$  шт., ширина открытия жалюзи  $b = 12 - 17$  мм и расстоянием между дисками доочистителя  $h = 1,3 - 1,7$  мм. [3]. При этом эффективность очистки воздушного потока от дисперсных частиц 150–1 мкм составила 91...93,8 %. Однако наряду с эффективностью основной характеристикой подобных систем есть удельные затраты энергии и

металла на единицу обработанной продукции. Это требует проведения дополнительных исследований.

#### **Анализ последних достижений и публикаций.**

Известны воздушные системы зерноочистительных машин (ЗОМ), включающие вентилятор и две аспирации, каждая из которых имеет пневмосепарирующий канал с питающим устройством и осадочную камеру [4]. При этом каналы обрабатывают зерновую смесь всасывающим потоком дважды: до поступления ее на решетный стан и после схода с него.

Недостатком данных машин является высокая энергоемкость процесса пневмосепарации, так как очистка воздуха, выходящего из пневмосистем, от мелкодисперсных частиц пыли производится в воздушных системах (ЦВС) или циклонах, имеющих значительное аэродинамическое сопротивление. Кроме того, отмеченные выше ЗОМ могут работать только в стационарных условиях.

Недостатком известных устройств является также значительная энергоемкость процесса пневмосепарации, так как очистка запыленного воздуха производится в пылеотделителе (фильтре), имеющем высокое аэродинамическое сопротивление. Кроме того, часть частиц пыли через фильтрующую поверхность может поступать наружу, что ухудшает санитарно-гигиенические условия обслуживающего персонала. Другим недостатком устройств является невозможность регулирования скорости воздуха в аспирационных системах независимо друг от друга, что приводит к снижению качества продуктов разделения. Наряду с этим устройство имеет сложную разветвленную аспирационную сеть, что увеличивает габаритные размеры и металлоемкость, усложняет конструкцию и эксплуатацию машины [5].

#### **Цель и постановка задач исследования.**

Целью исследования является снижение затрат энергоёмкости и металлоёмкости процесса очистки зерноочистительных машин путём внедрения разработанного циклона.

#### **Изложение основного материала.**

Испытания модернизированного сепаратора-ворохоочистителя проводили в соответствии с: ОСТ 70.10.2. - 83 "Испытания сельскохозяйственной техники. Зерноочистительные машины и агрегаты, зерноочистительно-сушильные комплексы. Программа и методы испытаний"; РТМ 8.53.00-64-84 "Сепараторы зерноочистительные. Программа и методика испытаний"; СОУ 74.3-37-147:2004 "Випробування сільськогосподарської техніки. Зерноочисні машини та агрегати. Зерноочисно-сушильні комплекси" [6].

Состав ЗС и удаляемых легких примесей определен согласно ДСТУ 4138–2002 и ГОСТ 28419–97 (табл. 1). Для испытаний сепаратор-ворохоочиститель был загружен с бесперебойной подачей смеси (рис. 3, а), и далее производили её очистку. Время работы сепаратора на каждом режиме составляло 10 минут, что гарантировало достоверность результатов. Из очищенной ЗС (рис. 3, б) отбирали пробу, в которой определяли количество легких примесей и полученную чистоту. Для определения дисперсного состава использовали решётный классификатор с набором решет (рис. 2). С учётом особенностей зерновой пыли использовали решета с размерами 25мкм, 50мкм и 75мкм.

Табл. 1 Фракционный состав дисперсных частиц

d, мкм	<1	1-5	5-10	>10	всего, %
Перед началом исследований	8,3	16,6	24,8	50,3	100
После предварительной очистки	8,3	16,1	22,0	21,5	67,9



Рис. 2. Определение дисперсного состава лёгких примесей и пыли с помощью набора лабораторных решет с размером 25мкм, 50мкм и 75мкм

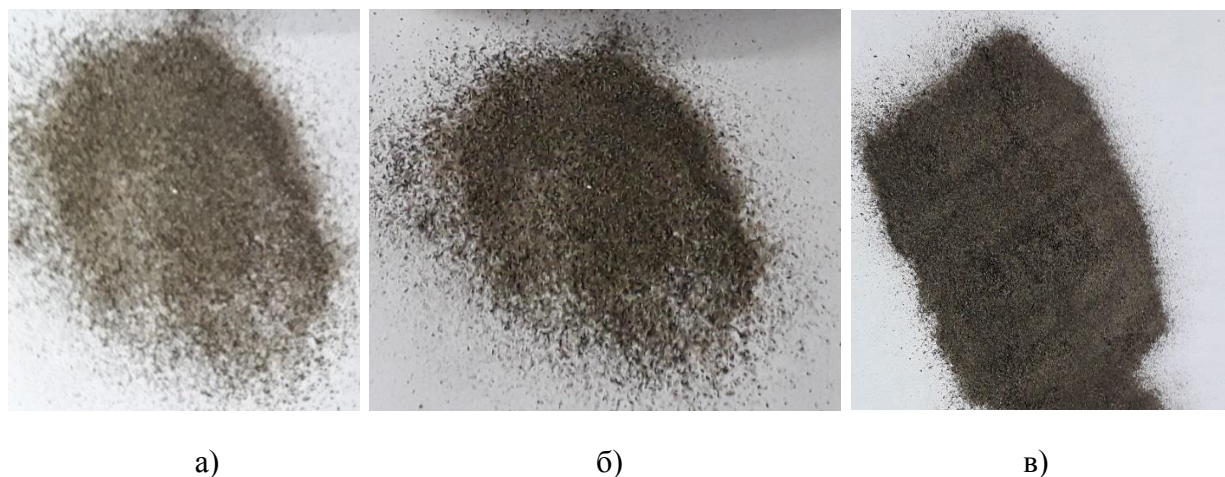


Рис. 3. Изображения частиц пыли естественного состава после их разделения на лабораторных решетках: а) 25 мкм; б) 50 мкм; в) 75 мкм

За время работы в 2018 г. модернизированным сепаратором очищено около 223 тонн имеющегося зернового материала.

Установлено, что производительность сепаратора с разработанным циклоном увеличилась на 20-23,2% и составила 28,6 т/час. Ежегодный экономический эффект от применения сепаратора-ворохоочистителя с

разработанным циклоном на исследовательском поле "Центральное" составил около 44 239 тыс. грн.

Определение физико-механических характеристик смеси проводили согласно ДСТУ 4138-2002 "Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості [7].

По результатам производственных испытаний установлено эффективность очистки воздушного от легких примесей и пыли разработанным циклоном при загрузке 28,6 т/ч составляет 91...93,8 %, что на 20-23,2% выше серийного;

Так, как энергопотребление является одной из важных характеристик при выборе сепаратора, то проведены исследования по замеру потребляемой сепаратором мощности.

Потребляемую сепаратором мощность целесообразно разделить на следующие составляющие части:

а) затраты мощности, расходуемые при отсутствии в сепараторе зернового материала (холостой ход);

б) затраты мощности, расходуемые на рабочий режим серийной конструкции;

в) затраты мощности, расходуемые на рабочий режим с разработанным циклоном.

Определение затрат мощности позволяет определить расход энергии на работу разработанного циклона.

Для измерения потребляемой мощности использовали приборы, изображенные на рис. 4.

Токосяемные клещи (рис. 4) – аналоговый прибор. Цифровые приборы имеют меньшую цену деления и удобнее в использовании. По аналоговому прибору, который проходил сертификацию, тарировали цифровые, и в расчетах использовали их показания.

Приборами измеряли напряжение и силу тока на холостом ходу и при паспортных загрузках сепаратора. Расчет производили по формуле [8, 9]:

$$P = 3 \cdot I_{\phi} \cdot U_{\phi} \cdot \cos \varphi, \quad (1)$$

где:  $I_{\phi}$  – фазный ток, А;  $U_{\phi}$  – фазное напряжение, В;  $\varphi$  – угол сдвига фаз между током и напряжением.

Данные измерений представлены в табл. 2.



а)



б)

Рис. 4. Электроизмерительные приборы которые использовали для измеряемой потребляемой мощности: а) клещи токосъемные Ц4505М; б) мультиметр цифровой DT9208A

Таблица 2. Показания приборов и рассчитанная потребляемая мощность

	Напряжение, В	Сила тока, А	Потребляемая мощность, кВт
Электродвигатель вентилятора на холостом ходу	221	6,3	3,59
Электродвигатель вентилятора при паспортной загрузке сепаратора (25 т/ч)	217	7,3	4,09
Сепаратор на холостом ходу	221	15	8,4
Сепаратор в целом при паспортной загрузке (25 т/ч)	217	16,7	9,37

При испытаниях для привода вентилятора использовали электродвигатель АИР 112М4У3 (50 Гц; Y;  $I_n$  11,4 А; 380 В; 1430 об/мин; 5,50 кВт; КПД 85,5%;  $\cos\phi$  0,86; S1; кл. изол. F; IP 54).

Общие показатели эффективности работы сепаратора и его удельных затрат энергии и металла (табл.3).

Как видно из табл.3, разница в потребляемой мощности сепаратора на холостом ходу и при паспортной загрузке составляет 1 кВт, а вентилятора – 0,5 кВт. При достигнутой максимальной производительности сепаратора 28 т/ч удельное потребление электроэнергии составляет 0,172 кВт·ч/т.

Представленные данные по потреблению затрат мощности и энергии на процесс очистки ЗС на базовом (СВС-25) и модернизированном (СВС-25М) сепараторах позволяют провести полную оценку эффективности использования зерновых сепараторов.



Таблица 3. Распределение затрат мощности на процесс очистки запылённого воздушного потока от частиц дисперсной фазы

Производительность сепаратора, т/час	Эффективность процесса очистки воздушного потока, %	Удельная		Потребляемая мощность, кВт	
		Металлоемкость, кг/т·час	Энергоемкость, кВт·час/т	на холостой ход	на рабочий режим
СВС-25					
25	61	4,40	0,174	3,63	4,34
СВС-25М					
28,6	93,8	4,19	0,165	3,95	4,73

Полученные результаты (табл. 4) позволяют снизить удельные энерго- и металлоемкость, соответственно: с 0,174 кВт·час/т до 0,165 кВт·час/т (на 5,17 %); с 4,4 кг/т·час до 4,19 кг/т·час, т.е. на 4,77 %, а применение разработанного циклона в конструкции СВС-25 позволит увеличить производительность зерноочистительной машины на 20-23,2%.

**Выводы.** Проведенными испытаниями подтверждена высокая эксплуатационная надежность разработанного циклона и установлено:

– производительность сепаратора с 22 т/час повысилась на 20-23,2% и составила 28,6 т/час;

– удельные энерго и металлоемкости соответственно, снижены: с 0,174 кВт·час/т до 0,165 кВт·час/т (на 5,17 %); с 4,4 кг/т·час до 4,19 кг/т·час, т.е. на 4,77 %.

### Список использованной литературы

1. Харченко С.О., Гаек Е.А. Способ повышения эффективности процесса очистки воздушного потока и разработка циклона аспирационных систем зерноочистительных машин/ Харченко С.О., Гаек Е.А. // Вісник ХНТУСГ: Механізація сільськогосподарського виробництва. – Харків:ХНТУСГ, 2013. – С.87-92.
2. Сепаратор-ворохоочиститель самоходный СВС-25. Паспорт. – Житомир: Облполиграфиздат, 2009. – 35 с.
3. Гаек Е.А. Оптимизация конструктивно-кинематических параметров разработанного циклона аспирационных систем зерноочистительных машин / Е.А. Гаек // Інженерія природокористування: Журнал ХНТУСГ. 2015. № 1(3). С.123-127.
4. Окнин В. С., Горбачев Н.В., Терехин А.А., Соловьев В.М. Машины для послеуборочной обработки зерна. -М.: Агропромиздат, 1987, -238 с.
5. Сычугов Н.П.; Сайтов В.Е., Патент В07В4/02, А01F12/44 Пневмосепарирующее устройство зерноочистительной машины №2189869 27.09.2002.
6. Гаек Е. А. Оптимизация конструктивно-технологических параметров разработанного циклона аспирационных систем зерноочистительных машин / Е. А. Гаек // Інженерія природокористування. — 2015. — № 1 (3). — С. 123-127.
7. Сепараторы зерноочистительные. Программа и методика испытаний: РТМ 8.53.00-64-84. – [дата введения 1985-03-01] – М.: Министерство заготовок СССР, 1984. – 45 с.
8. Насіння сільськогосподарських культур. Методи визначення якості. ДСТУ 4138–2002. – [Чинний від 2004-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2003. – 173 с.
9. Евсюков А.А. Электротехника: – М.: Просвещение, 1979. – 249 с.

## Аннотація

### ЕНЕРГОЄМНІСТЬ І МЕТАЛОЄМНІСТЬ ПРОЦЕСУ ОЧИЩЕННЯ ЗАПИЛЕНОСТІ ПОВІТРЯНОГО ПОТОКА МОДЕРНІЗОВАНИМ СЕПАРАТОРОМ СВС-25М

Харченко С.О., Гаєк Є.А.

У даній статті запропоновано дослідження енергоємності і металоємності процесу очищення запиленого повітряного потоку модернізованим сепаратором СВС-25М виробництва ВАТ "Вибросепаратор". Випробування модернізованого сепаратора ворохоочисника СВС-25 з розробленим циклоном проведені в умовах дослідного поля "Центральне" Харківського обласного управління сільськогосподарського господарства (Харківська обл.). Після очищення ЗС легкі частини осідають в пилеосадковій камері, а пил поступає в аспіраційну систему. Очистка запиленого повітряного потоку виходить на два етапи очищення: відділення крупноспецифічних частинок більш 200 мкм і вище - жалюзійно-інерційним улавлувачем; очищення від мілкодисперсних часток розміром 150–1 мкм розробленим циклоном. Виділені частки пилу осідають в бункері накопичувача після чого видаляються. Встановлено, що продуктивність сепаратора з розробленим циклоном збільшується з 22 т / год на 20-23,2% і становить 28,6 т / год. Ефективність очищення повітря від легких зразків розробленим циклоном при завантаженні 28,6 т / ч становить 91... 93,8%, що на 30... 32,8% вище серійного. Використання розробленого циклону в сепараторі СВС-25 знижує питомі енерго- і металоємність на 5,17%; на 4,77% відповідно.

**Ключові слова:** енергоємність, металоємність, циклон, частинки пилу, повітряний потік.

## Abstract

### ENERGY CAPACITY AND METALLIC CAPACITY OF THE PROCESS OF CLEANING THE FORMED AIR FLOW WITH THE MODERNIZED SEPARATORS SVS-25M

S. Kharchenko, E. Gaek

*In this paper, studies of energy intensity and metal capacity of a dust-cooled air purification process with a modernized SVS-25M separator produced by OJSC Vibrosperator are proposed. Tests of the modernized separator SVS-25 with a developed cyclone were conducted under the conditions of the experimental field "Central" of the Kharkov National Technical University of Agriculture named after Petr Vasilenko (Kharkiv region.). After cleaning the AP light impurities are deposited in the dusting chamber, and the dust enters the aspiration system. Cleaning of dusty air flow passes two stages of purification: the separation of coarse particles over 200 microns and above is a louver-inertial trap; cleaning from a fine particle size of 150-1 μm by a developed cyclone. Dedicated particles of dust and impurities accumulate in the hopper of the drive and after that they are removed from the apparatus. It has been established that the productivity of the separator with the developed cyclone increased from 22 t / h to 20-23.2% and is 28.6 t / h. The efficiency of air purification from light impurities and dust by a developed cyclone at loading of 28.6 t / h is 91 ... 93.8%, which is 30 ... 32.8% higher than the serial. The application of the developed cyton in the separator SVS-25 reduces the specific energy and metal capacities by 5.17%; by 4.77% respectively.*

**Key words:** energy intensity, metal capacity, cyclone, dust particles, air flow.

## АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ

**Мельник В.И., д.т.н., проф., Сыровицкий К.Г., ст. преподаватель,  
Фатеева Н.Ю., магистрант**

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко)*

*В статье предложена классификация распылителей для химической защиты растений. Рассмотрена связь параметров распылителя с его конструктивными особенностями и режимами работы, описан метод контроля технического состояния распылителя.*

**Актуальность.** Химическая защита растений основана на использовании различных органических и неорганических соединений, токсичных для вредных организмов.

Химические средства защиты отличаются широкой применимостью. Их можно применять против большинства вредителей, болезней и сорных растений на всех сельскохозяйственных культурах и разных угодьях, а также обрабатывать ими склады, теплицы, элеваторы и другие сооружения.

Особенно эффективно применение химических средств в садоводстве, где пестициды позволяют избавиться от чрезвычайно опасных вредителей, улучшить качество продукции и значительно повысить сборы плодов.

Химические средства защиты растений в общей системе мер борьбы с вредителями, болезнями растений и сорняками по объему применения занимают важное место и имеют много преимуществ.

**Постановка проблемы.** Износ распылителей является естественным процессом. Срок эксплуатации распылителя ограничен, а при неправильном использовании распылителей износ существенно увеличивается. На износ влияют следующие факторы: рабочее давление, абразивность рабочей жидкости, износостойкость материала распылителя.

Экономичность и экологичность химической защиты растений неразрывно связаны с точностью внесения средств защиты растений. Обеспечить её можно только исправной техникой. Подвергая технику регулярным проверкам, опытные практики давно убедились в том, что скрытые дефекты крайне негативно сказываются на результатах опрыскивания. Последствия неправильной дозировки средств защиты растений проявляются в снижении урожайности. Растениям наносится ущерб, зачастую приводящий к полной их гибели. Кроме того, они влекут за собой лишние расходы и приводят к загрязнению окружающей среды и продуктов питания.

Большинству полевых опрыскивателей приходится обрабатывать площади в 2000 га/год и более. При таких нагрузках на технику износ узлов и агрегатов может стать серьёзной проблемой, из-за чего рекомендуется их ежегодная проверка.

К самым частым дефектам, связанным с распылением, относятся: износ и засорение распылителей, влекущие за собой отклонение от требуемой нормы внесения и изменение характера распределения жидкости по обрабатываемой поверхности. Своевременное обнаружение скрытых дефектов и их устранение может стать решающим фактором для успешной работы в «горячую пору». [1]

**Решение поставленной задачи.** Чтобы понять как зависят рабочие характеристики распылителя от его конструкции, параметров и технического состояния необходимо изучить их взаимосвязь. Для этого рассмотрим представленную на рис. 1 классификацию распылителей.

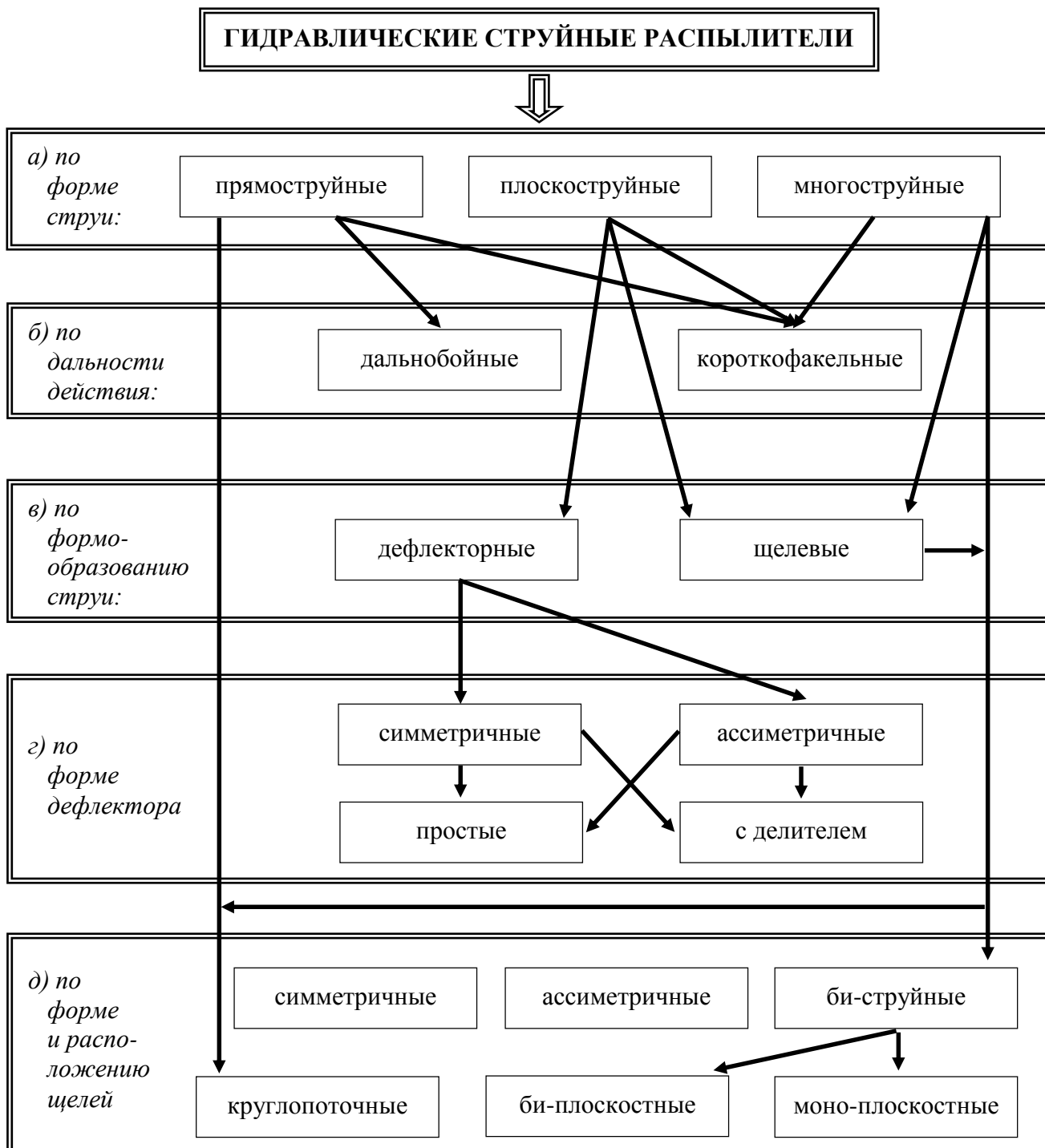


Рис. 1 – Классификация гидравлических струйных распылителей

Прямоструйные распылители делятся на дальнобойные и короткофакельные. Они образуют факел распыла в виде тонкой струи или заполненного конуса, и представляют собой насадку с сужающимся к выходу, снабженным калиброванным отверстием, каналом. Короткофакельные распылители с факелом в виде заполненного конуса применяют в полеводстве (рис. 2а). Насадки с факелом распыла в виде тонкой струи называют дальнобойными (рис. 2б). Они имеют большую дальность действия, работают при больших давлениях и расходах рабочей жидкости.

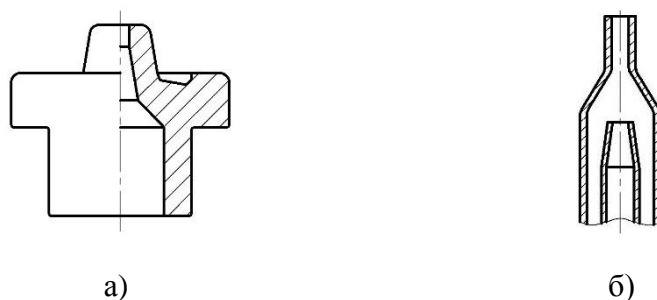


Рис. 2 – Распылитель прямоструйный:  
а – короткофакельный; б – дальнобойный

Плоскоструйные распылители объединяют в себе также две группы. К первой группе относятся дефлекторные распылители (рис. 3а). У таких распылителей на пути истекающей из калиброванного отверстия жидкости предусмотрен отражатель для распыления и дробления последней. На высоту распыления таких распылителей также влияет центрирование. Для равномерного поперечного распределения необходимо простое перекрытие факелов распыла. Они имеют большой угол распыла в  $140^\circ$  и мало подвержены засорению.

Ко второй группе плоскоструйных распылителей относятся щелевые распылители, у которых диспергирование жидкости и формирование факела распыла происходит за счет прохода её через щелевидное отверстие (рис. 3б). Таких отверстий может быть несколько. По отношению к каналу, по которому подводится жидкость, они могут располагаться как симметрично, так и асимметрично [2].

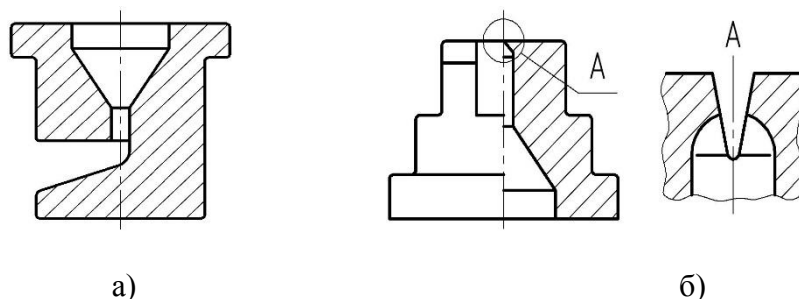


Рис. 3 – Распылитель плоскоструйный:  
а – дефлекторный; б – щелевой

По форме дефлектора распылители делятся на симметричные и ассиметричные (рис. 4). Последние зачастую используются как концевые распылители на штанге опрыскивателя и имеют ассиметричный факел распыла рабочей жидкости. Это позволяет обрабатывать прибрежные границы водоёмов,

окраины поля или биотопа, внесения гербицидов под лист на пропашных культурах, в садоводстве, виноградарстве, сохранения чувствительных, соседних к полю культур.

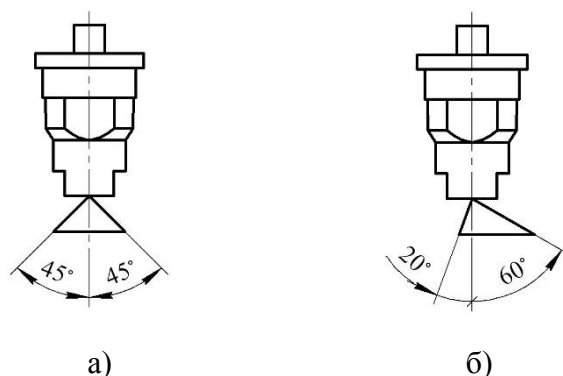


Рис. 4 – Схема факела распыла дефлекторных распылителей:  
а – симметричные; б – ассиметричные

Симметричные и ассиметричные дефлекторные распылители подразделяются на простые распылители и с делителем. Простой тип распылителя – это дефлекторный распылитель, у которого отбивающая поверхность изготовлена криволинейной с радиусом  $R$  (рис. 5а). Варьируя величину радиуса  $R$  кривизны отбивающей поверхности такого распылителя можно достигать весомых изменений характера распределения рабочей жидкости по обрабатываемой поверхности [3]. Так же, как и простые типы распылителей, распылители с делителем позволяют изменять характер распыла рабочей жидкости. Отличаются более точной отбивающей способностью дефлектора (рис. 5б) [3].

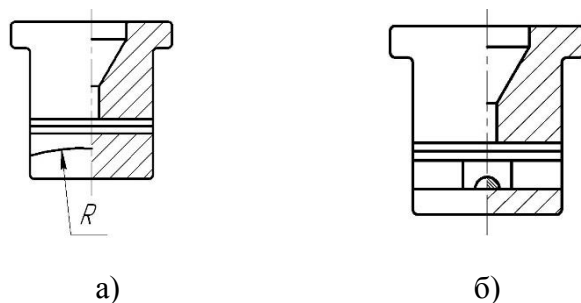


Рис. 5 – Конструкция дефлекторного распылителя:  
а – простой; б – с делителем

По форме щелей распылители щелевого типа подразделяются на симметричные, ассиметричные и би-струйные. Последние в свою очередь разделяются на би-плоскостные и моно-плоскостные (рис. 6а).

В би-плоскостных распылителях за счёт раздвоения факела образуется большее количество капель, чем у «обычного» распылителя, что способствует улучшению густоты покрытия. Один факел распыла располагается под углом  $30^\circ$  по ходу движения, второй –  $30^\circ$  в обратном направлении (рис. 5б). Особенно хорошо подходят для обработки вертикальных поверхностей, таких как стебель, колос.

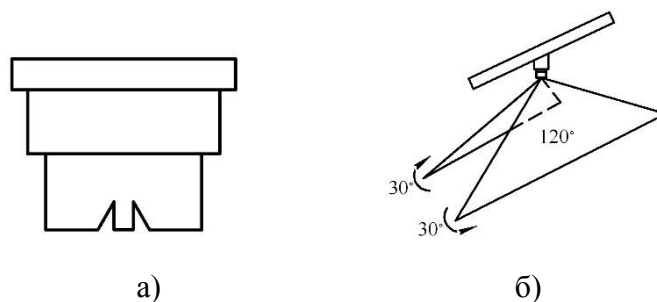


Рис. 6 – Распылитель би-плоскостной:  
а – общий вид; б – принцип работы

Одним из самых недооцениваемых факторов, которые могут отрицательно сказаться на эффективности химзащиты растений, является характер распределения рабочей жидкости. Равномерность распределения рабочей жидкости по всей длине штанги или ширине захвата распылителя – это важный компонент для достижения максимальной эффективности химикатов при минимальной стоимости и минимальном загрязнении участков, не требующих обработки. Поэтому для достижения максимальной эффективности оператор должен следить за качеством распределения распыления [2].

В основу методики и аппаратуры для испытаний распылителей положены стандарты ISO 5682-1:1996 и 5682-2:1997, которые в настоящее время приняты в России [4, 5] и Украиной. Ими нормируются методы испытаний и оценки характеристик распределения рабочей жидкости гидравлическими распылителями, используемыми в растениеводстве для химической защиты растений и внесения удобрений.

Распределение распыления можно измерить различными способами. У компании Spraying Systems Co.® и некоторых производителей распылителей, а также исследовательских и экспериментальных станций есть испытательные стенды для распыления, в которые собирается распыляемая жидкость насадок, располагающихся на стандартизированной или реальной штанге. Эти пробники оснащены несколькими каналами, расположенными перпендикулярно направлению распыления. По каналам распыляемая жидкость стекает в сосуды для дальнейшего измерения и анализа. В контролируемых условиях можно выполнить очень точные измерения распределения для оценки и усовершенствования насадок. Измерения распределения можно провести на реальном сельскохозяйственном распылителе.

Для статических измерений по всей ширине штанги опрыскивателя измерительный стенд размещается под штангой в зафиксированном положении, а небольшой измерительный стенд перемещается по всей штанге. Любая система измерительного стенда представляет собой электронную систему измерения количества воды в каждом канале и расчета объемов. При тестировании качества распределения пользователь получает важную информацию о положении насадок на штанге. Если требуется более подробная информация о качестве распыления, можно использовать динамическую систему – распыление окрашенной жидкости-индикатора. Этот метод можно также применять, если необходимо измерить распределение по всей ширине штанги. В настоящие

время всего несколько измерительных устройств во всем мире можно использовать для проведения стационарного тестирования.

При проведении этих тестов штанга распылителя обычно встряхивается или перемещается для имитации реальных полевых условий и условий распыления. Большинство устройств измерения распределения представляют данные, означающие равномерность по всей длине штанги распылителя. Эти данные могут быть очень показательными даже при визуальном наблюдении. Однако для сравнения широко применяется статистический метод. Этот метод называется «Коэффициент вариации» (Кв). В Кв собраны все данные измерительного стенда и суммированы в простое процентное соотношение, означающее количество вариаций в данном распределении. Для крайне неравномерного распределения в точных условиях Кв может составить 7%. В некоторых европейских странах насадки должны соответствовать очень жестким спецификациям для Кв, а в других странах может требоваться тестирование равномерности распределения рабочей жидкости один раз в один или два года. Эти условия отражают большое значение качества распределения и его влияние на эффективность для растениеводства [2].

Для оценки и контроля технического состояния распылителя авторами был разработан стенд для испытания распылителей, который представляет собой матрицу с пробирками, на которой закреплены две стойки с подвижной балкой. Распылитель крепится к центральной части, перемещаемой по высоте балки. Под этой балкой и распылителем располагается поворотное отводное устройство. Рабочая жидкость подается к распылителю через специальный канал. В конструкцию стенда также входит компрессор с ресивером, который частично заполняется рабочей жидкостью. На ресивере имеется манометр для измерения давления и кран, который служит для коммутирования подачи рабочей жидкости в канал. В процессе испытания распылителя сначала включали компрессор, который доводит давление до нормы. В это время отводное устройство располагали под распылителем. Как только рабочее давление достигнуто, компрессор выключали и открывали подачу жидкости через канал к распылителю. Когда распылитель выходил на установившийся режим работы, включали секундомер и быстро отворачивали отводное устройство в сторону. По истечении минуты времени отводное устройство также быстро возвращали назад, а подачу жидкости прекращали. Далее каждую из пробирок взвешивали и вычитали собственный вес. Полученные данные заносили в таблицу [7].

**Выводы.** Правильный подбор типа распылителя и его техническое состояние весьма существенно сказывается на качестве, экологичности и эргономичности работ по химзащите растений. Предлагаемая классификация распылителей облегчает осуществление выбора распылителя в соответствии с технологической задачей. Изготовление распылителей предполагает высокую точность, поэтому использование суспензий или механических методов очистки могут привести к серьезным изменениям в параметрах распределения жидкости распылителем. Предлагаемый стенд для испытаний распылителей может использоваться как для контроля за техническим состоянием серийных распылителей, так и в процессе разработки новых конструкций.



## Список использованных источников

1. Lechler: Распылители для сельского хозяйства: Каталог. - 2010. - 68 с.
2. TeeJet technologies. 51-RU. Каталог. - Спреинг Системс Ко. - 2011. - 148 с.
3. Мельник В.І. Розпилювач для стрічкового внесення гербіцидів / В.І. Мельник, А.А. Гаврюшенко // Праці / Таврійський державний агротехнологічний університет – Мелітополь: ТДАТУ, 2008. – Вип. 8. –Т. 6. – С. 90 – 95.
4. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 1. Методи випробування насадок для розприскування (ISO 5682-1:1996, IDT): ДСТУ ISO 5682-1:2005. – [Чинний від 2007-01-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 12 с.
5. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 2. Методи випробування гідравлічних обприскувачів (ISO 5682-2:1997, IDT): ДСТУ ISO 5682-2:2005. – [Чинний від 2006-07-01]. – К.: Держспоживстандарт України, 2005. – 12 с.
6. Мельник В.И. Стенд для испытания малорасходных гидравлических распылителей полевых сельскохозяйственных машин / В.И. Мельник, М.А. Цыганенко, А.Н. Шкрегаль // Механізація сільськогосподарського виробництва: Вісник Харківського державного технічного університету сільськогосподарства. - Харків: ХДТУСГ, 2002. - Вип. 11 - С. 121 - 127.
7. Мельник В.И. Внутрипочвенное внесение жидкостей в растениеводство: Монография. – Харьков: «Міськдрук», 2010, - 439 с.: ил.

## Анотація

### АНАЛІЗ КОНСТРУКЦІЙ РОЗПИЛЮВАЧІВ

Мельник В.І., Сировицький К.Г., Фатєєва Н.Ю.

*У статті запропонована класифікація розпилювачів для хімічного захисту рослин. Розглянутий зв'язок параметрів розпилювача з його конструктивними особливостями і режимами роботи, описаний метод контролю технічного стану розпилювача.*

## Abstract

### ANALYSIS OF NEBULIZERS CONSTRUCTIONS

V. Melnik, K. Sirovitskiy, N. Fateeva

*In the article classification of nebulizers is offered for chemical defence of plants. The association of parameters of nebulizer is considered with his structural features and office hours, the method of control of the technical state of nebulizer is described. In the article classification of nebulizers is offered for chemical defence of plants.*

**ОПТИМІЗАЦІЯ КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ ЗБИРАЛЬНО-  
ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ  
МАШИН ЗАСОБАМИ EXCEL**

**Флегантов Л.О., к.ф.-м.н., Овсієнко Ю.І., к.п.н.**

*(Полтавська державна аграрна академія)*

*У статті розглядається математична модель функціонування і алгоритм оптимізації кількісного складу збирально-транспортного комплексу сільськогосподарських машин (ЗТК), що включає певну кількість збиральних агрегатів (збиральних комбайнів) і транспортних агрегатів (транспортних засобів (ТЗ) та змінних причепів). Робота ЗТК, що моделюється на основі системного підходу, представлена, як випадковий процес «загибелі-народження». Розглянуто стаціонарний режим роботи ЗТК, критерієм оптимізації визначена мінімізація фінансових втрат від позапланового простою техніки, що виникає у робочому процесі внаслідок дії випадкових причин. Алгоритм оптимізації ЗТК оснований на використанні математичної моделі замкненої системи масового обслуговування  $M|M|t|l$ , параметри якої розраховуються виходячи з експлуатаційних показників технічних компонентів (складових) ЗТК, характеристик транспортної інфраструктури підприємства, урожайності культури та з урахуванням кількох різних варіантів організації збирально-транспортних робіт (робота без змінних причепів, робота виключно із змінними причепами, комбінований спосіб). Подається математичне обґрунтування моделі стаціонарного функціонування ЗТК та основні розрахункові формули. На основі побудованої моделі розглянуто модельну задачу, розв'язок якої включає визначення вхідних параметрів моделі ЗТК, розрахунок ймовірностей можливих станів системи та відшукування оптимальної кількості ТЗ у складі ЗТК. Відповідні розрахунки виконано для ЗТК у складі: комбайни КСС-2,6 і трактори Т-150, трактори МТЗ-80 і причепи 2-ПТС-4М. Запропонована модель та алгоритм оптимізації ЗТК реалізовані у статті засобами електронних таблиць Excel і можуть бути використані для створення комп'ютерного або мобільного додатку для застосування у практичній роботі інженерів аграрного виробництва.*

Математичні методи оптимізації і моделювання технологічних процесів і систем мають велике значення для ефективного вирішення повсякденних завдань, що виникають у практиці сучасних інженерів агропромислового виробництва. Аграрні підприємства, що систематично використовують методи математичного моделювання для аналізу й оптимізації власних виробничих процесів і систем, підвищують свою ефективність і здобувають ринкові переваги, зокрема, за рахунок зниження собівартості виробленої продукції, реалізації можливостей оптимального управління і планування, прогнозування результатів господарчої діяльності, тощо [12].

**Постановка проблеми у загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями.** Сьогодні очевидним є обмежений характер застосування математичних методів у практичній діяльності інженерів аграрного виробництва. Це, на нашу думку, зумовлене, насамперед, великим різноманіттям та відносною складністю таких методів, а також відсутністю зручних спеціалізованих програмних засобів їх практичної реалізації. Виробничі системи і процеси, що застосовуються в аграрному виробництві мають випадковий характер, і тому, у загальному випадку, описуються найбільш складними для побудови і практичної реалізації динамічними стохастичними математичними моделями, серед яких можна виділити, зокрема, особливий клас математичних моделей, відомих, як моделі масового обслуговування (або моделі черг). Ці моделі, ґрунтуючись на теоретичних засадах теорії ймовірностей, у той же час широко використовують різноманітні методи лінійної алгебри, математичного аналізу, теорії диференціальних рівнянь тощо. Такі моделі мають доволі універсальний характер і тому до цього часу набули поширення у різних сферах, дозволяючи ефективно вирішувати практичні питання раціональної організації стохастичних систем. Зокрема, вони застосовуються для оптимізації мереж зв'язку, транспортних мереж, розбудови інфраструктури населених пунктів, організації роботи підприємств громадського харчування, торгівельного, медичного обслуговування, а також вирішення багатьох задач, пов'язаних із енергозабезпеченням, машино-використанням, надійністю і ремонтом в агропромисловому виробництві [11]. З розвитком комп'ютерних технологій ці моделі поступово впроваджуються у повсякденну практику аграрного виробництва, де на тлі багатьох важливих практичних проблем, одним з найбільш актуальних є завдання оптимізації сільськогосподарських виробничих комплексів, типовим прикладом яких є збирально-транспортний комплекс сільськогосподарських машин (ЗТК).

**Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано розв'язання даної проблеми і на які посилається автор.** Теоретичним основам вивчення і моделювання систем масового обслуговування присвячено багато наукових праць, серед яких можна виділити фундаментальні роботи [5] і [3], що знаменують, відповідно, перші узагальнення та сучасний стан цієї теорії. Масштабні дослідження практичних задач у цьому напрямку стримувалися тим, що реалізація, прорахунок варіантів і аналіз результатів, одержаних за допомогою методів теорії масового обслуговування, вимагають, зазвичай, значного обсягу обчислень. У період заснування і наступного етапу розвитку теорії масового обслуговування засоби комп'ютерної техніки ще не набули такого значного поширення, як сьогодні. Тому, на початку ця теорія знайшла численні практичні застосування, в основному, у більш наукоємних і рентабельних галузях: у сфері зв'язку, транспортного сполучення, частково, у промисловості, виробництві тощо. Застосуванням теорії масового обслуговування в аграрній сфері були присвячені лише окремі публікації [6-9]. Також до перших спроб у напрямку застосування теорії масового обслуговування у галузі сільського господарства належать окремі результати, представлені в [12].

З розвитком аграрного виробництва в Україні, яке сьогодні визнається, як пріоритетна галузь економіки, ці методи знов стають актуальними. Посібник [11] був спробою систематизувати і узагальнити деякі з напрацьованих в цьому напрямку практичних результатів, розглядаючи їх крізь призму математичної теорії, та запропонувати зручні алгоритми оптимізації деяких найбільш важливих у практичному розумінні (з точки зору автора) сільськогосподарських виробничих комплексів і процесів на основі методів теорії масового обслуговування.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми, яким присвячується стаття.** На цей час, незважаючи на значну кількість публікацій, присвячених задачам оптимізації систем масового обслуговування, проблема описання спеціалізованих математичних моделей, що використовують загальні підходи теорії масового обслуговування, а також комп'ютерних алгоритмів їх реалізації, націлених на практичне застосування в галузі аграрного виробництва, залишається, у більшості, поза увагою дослідників і практиків-фахівців у галузі аграрної інженерії. Тому на сьогодні важливим і актуальним завданням є представлення і описання таких математичних моделей і алгоритмів, що були б придатними для повсякденного практичного використання, і на основі яких було б можливим, зокрема, створення спеціалізованих програмних засобів для фахівців-практиків аграрної сфери.

**Формулювання мети статті (постановка завдання).** Метою даної статті є представлення математичного методу моделювання і оптимізації технологічних процесів і систем на прикладі визначення оптимального кількісного складу збирально-транспортного комплексу сільськогосподарських машин із використанням комп'ютерної реалізації математичної моделі замкненої системи масового обслуговування (з чергою, без резерву) у середовищі електронних таблиць Excel.

Розглянемо змістову постановку задачі [11]. Планується виконання збиральних робіт збирально-транспортним комплексом (ЗТК) у складі якого є  $m$  однотипних збиральних комбайнів,  $R$  змінних причепів і  $n$  транспортних засобів (ТЗ) однакової з причепами вантажності, що перевозять зібрану масу на деяку відстань від поля до місця зважування і розвантаження продукції. Внаслідок випадковості, притаманній будь-якому робочому процесу, під час виконання збирально-транспортних робіт можуть виникати непередбачені затримки, що призводять до незапланованого простою комбайнів або транспортних засобів: при недостатній кількості транспортних засобів простоюватимуть комбайни, а при їх надлишковій кількості, простоюватимуть самі транспортні засоби. Необхідно визначити оптимальну кількість  $n_{opt}$  транспортних засобів у складі ЗТК, при якій загальні втрати від випадкових простоїв техніки будуть мінімальними.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** Як зазначається у роботі [10]: «Сенс системного підходу при дослідженні процесів в техніці полягає в розгляді будь-якого технічного об'єкту, як системи взаємопов'язаних елементів, що

утворюють єдине ціле». Виходячи з цього, можна уявити роботу ЗТК, як функціонування технічної системи, всередині якої реалізується випадковий процес обслуговування, під час якого транспортні агрегати (ТА) у випадкові моменти часу вимагають і отримують обслуговування з боку збиральних агрегатів (ЗА).

Дійсно, у процесі роботи ЗТК збиральні агрегати (ЗА) розвантажують зібране у транспортні засоби (ТЗ), що перевозять зібране до місця зважування, розвантаження і зберігання. Ретельне планування й чітка організація роботи ЗТК не здатні врахувати вплив усіх можливих випадкових факторів. Внаслідок цього відбуватимуться неконтрольовані затримки, як під час збирання, так і під час транспортування продукції. В результаті, збиральна техніка неодмінно буде простоювати деякий час, очікуючи на розвантаження, коли всі транспортні засоби будуть зайняті, а транспортна техніка, у свою чергу, також буде простоювати зайве, очікуючи на завантаження, коли збиральний агрегат внаслідок випадкових причин, не готовий виконати їх вимогу про завантаження. Отже, при недостатній кількості ТА у складі ЗТК, виникатимуть простоя ЗА, а при зайвій кількості ТА будуть простоювати, очікуючи завантаження, самі ТА. Тому, загальні втрати від простою техніки складаються з втрат від простою ТА і ЗА.

Зрозуміло, що такі непередбачувані затримки спричиняють зайві грошові витрати, що певним чином збільшує собівартість виробленої продукції, зменшує конкурентоспроможність підприємства. Крім того, прогнозування втрат, що виникають за рахунок незапланованого простою техніки, без застосування математичних моделей є практично неможливим.

Критерій оптимізації роботи ЗТК, відповідний поставленому завданню, виразимо цільовою функцією, що визначає загальні втрати від простою техніки в розрахунку на один комбайн, грн./год.:

$$\Phi(n) = \frac{1}{m}(C_n n_0 + C_m m_0), \quad (1)$$

де:  $C_n$  – середня вартість втрат від простою одного ТА, грн./год.;  $C_m$  – середня вартість втрат від простою одного ЗА, грн./год.;  $n_0$  – середня кількість ТА, що простоюють;  $m_0$  – середня кількість ЗА, що простоюють.

Побудова математичної моделі. Для описання випадкового процесу роботи ЗТК будемо математичну модель на зразок математичної моделі замкненої системи масового обслуговування (СМО) [3, 5], призначеної для обслуговування  $n$  об'єктів, що у випадкові моменти часу звертаються за обслуговуванням, яка має  $m$  каналів (пристроїв) обслуговування ( $m \leq n$ ). Можна показати, що кожен з  $n$  об'єктів обслуговування (ТА) є джерелом найпростішої течії вимог [3, 5] з інтенсивністю  $\lambda$  одиниць за годину, а час обслуговування на кожному пристрої обслуговування (ПО), у якості яких виступають ЗА, має показниковий розподіл з інтенсивністю  $\mu$  одиниць за годину, тобто є неперервною випадковою

величиною із функцією розподілу  $F(t)=1-e^{-\mu t}, t>0$  [4]. У позначеннях Кендалла [11], така система кодується символами  $M|M|m|l$ , де  $M$  – позначає марківську (найпростішу) течію обслуговування [5];  $m$  – кількість каналів обслуговування (ОП) у системі;  $l = n - m$  – максимально можлива довжина черги на обслуговування.

Процес функціонування ЗТК представимо графічною схемою (графом), що описує послідовні переходи системи з одного стану до іншого у випадкові моменти часу (рис. 1).

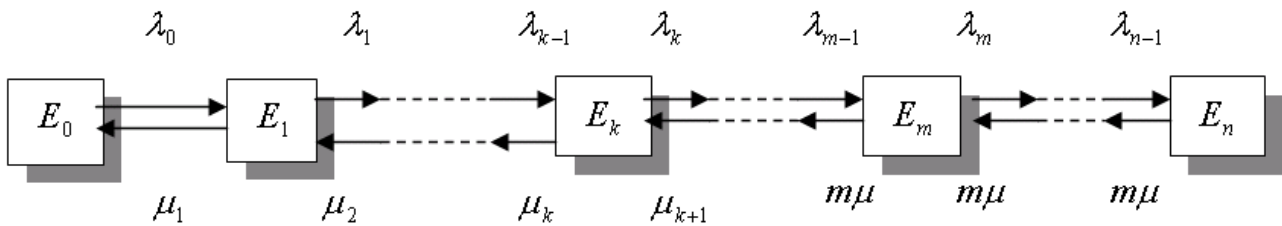


Рис. 1 – Графічна схема процесу функціонування ЗТК [11]

На схемі (рис. 1)  $E_k$  означає стан системи, коли в ній перебуває (обслуговується або очікує на обслуговування)  $k$  вимог,  $0 \leq k \leq n$ . Перехід  $E_k \mapsto E_{k+1}$  означає, що до системи, де знаходиться  $k$  вимог, надійшла ще одна вимога від одного з  $n - k$  джерел, що знаходяться поза системою; інтенсивність цього переходу, під якою розуміємо середню кількість таких переходів за одиницю часу,  $\lambda_k = (n - k)\lambda$ ,  $k = 0, n$ . У свою чергу, перехід  $E_k \mapsto E_{k-1}$  означає, що одна з  $k$  вимог, що перебували у системі, була обслужена і покинула систему. Оскільки, система має  $m$  каналів, то одночасно в ній можуть обслуговуватися не більше, ніж  $m$  вимог. Тому, інтенсивність переходу

$$E_k \mapsto E_{k-1} \text{ буде } \mu_k = \begin{cases} k\mu, & k = \overline{1, m-1}; \\ m\mu, & k = \overline{m, n} \end{cases}.$$

У нашому випадку  $E_k$  означає такий стан системи (ЗТК), коли  $k$  з  $n$  наявних ТА є вільними і готовими для завантаження (обслуговування). Очевидно, що при  $k > m$  ( $k - m > 0$ ), тобто, коли система перебуває у стані  $E_{k > m}$ , виникатимуть простоя ТА. При цьому, кількість ТА, що простоюють, буде рівною  $k - m$ . Аналогічно, коли система перебуває у стані  $E_{k < m}$ , тобто при  $m > k$  ( $m - k > 0$ ), простоюватимуть  $m - k$  ЗА.

Кількість вимог у системі  $k$  є дискретною випадковою величиною. Отже,  $k - m$  і  $m - k$  також є дискретними випадковими величинами. Якщо  $p_k = P(E_k) = P(k)$  – ймовірність перебування системи у стані  $E_k$ , то  $n_0$  і  $m_0$  у формулі (1) можна визначити, як математичні сподівання відповідних випадкових величин [4, 5]:

$$n_0 = M(k - m) = \sum_{k=m}^n (k - m) p_k; \quad m_0 = M(m - k) = \sum_{k=0}^m (m - k) p_k \quad (2)$$

**Розрахунок  $p_k$ .** У загальному випадку ймовірності  $p_k$  є функціями часу  $p_k = p_k(t)$ , для яких можна записати [5]:

$$\begin{cases} \frac{dp_0}{dt} = -\lambda n p_0 + \mu p_1, & k = 0; \\ \frac{dp_k}{dt} = \lambda(n-k+1)p_{k-1} - (\lambda(n-k) + k\mu)p_k + k\mu p_{k+1}, & k = \overline{1, m-1}; \\ \frac{dp_k}{dt} = \lambda(n-k+1)p_{k-1} - (\lambda(n-k) + m\mu)p_k + m\mu p_{k+1}, & k = \overline{m, n-1}; \\ \frac{dp_n}{dt} = \lambda p_{n-1} - m\mu p_n, & k = n. \end{cases} \quad (3)$$

Однак, у стаціонарному режимі функціонування ЗТК, ймовірності  $p_k$  є не залежать від часу, і тому описуються однорідною системою лінійних алгебраїчних рівнянь [11]:

$$\begin{cases} \lambda n p_0 - \mu p_1 = 0, & k = 0; \\ \lambda(n-k+1)p_{k-1} - (\lambda(n-k) + k\mu)p_k + k\mu p_{k+1} = 0, & k = \overline{1, m-1}; \\ \lambda(n-k+1)p_{k-1} - (\lambda(n-k) + m\mu)p_k + m\mu p_{k+1} = 0, & k = \overline{m, n-1}; \\ \lambda p_{n-1} - m\mu p_n = 0, & k = n. \end{cases} \quad (4)$$

З (3), з урахуванням умови нормування  $\sum_{k=0}^n p_k = 1$  знайдемо:

$$p_0 = \left( \sum_{k=0}^{m-1} \frac{n!}{(n-k)! k!} \frac{\rho^k}{k!} + \sum_{k=m}^n \frac{n!}{(n-k)! m! m^{k-m}} \frac{\rho^k}{m!} \right)^{-1}$$

$$p_k = \frac{n!}{(n-k)!} \rho^k p_0 \begin{cases} \frac{1}{k!}, & k = \overline{1, m-1}; \\ \frac{m^{m-k}}{m!}, & k = \overline{m, n} \end{cases}, \quad \rho = \frac{\lambda}{\mu} \quad (5)$$

**Визначення параметрів  $\lambda$  і  $\mu$ .** Параметр  $\lambda$  у (4) означає інтенсивність течії заявок на обслуговування ТА з боку ЗА. Він визначається емпірично, як  $\lambda = \frac{1}{t_\lambda}$ , де  $t_\lambda$ , год. – середній час, за який ТА виконує один повний цикл операцій:

(а) рух із вантажем від поля до місця зважування і розвантаження; (б) зважування; (в) розвантаження; (г) зворотний рух без вантажу до місця завантаження (або до місця заміни порожнього причепа на завантажений

причеп) [8, 9]. Отже,  $t_{\lambda} = t_v + t_z + t_r + t_p$ , де  $t_v = \frac{S_g}{v_{vg}} + \frac{S_d}{v_{vd}}$  – середній час руху з вантажем від поля, год.;  $t_z$  – середній час зважування, год.;  $t_r$  – середній час розвантаження, год.;  $t_p = \frac{S_g}{v_{pg}} + \frac{S_d}{v_{pd}}$  – середній час руху без вантажу (порожнім), год., де  $s_g$  – шлях, що проходить ТА по полю (грунтом), км;  $s_d$  – шлях, що проходить ТА по дорозі, км;  $v_{vg}$ ,  $v_{pg}$ ,  $v_{vd}$ ,  $v_{pd}$  – швидкість руху ТА з вантажем і порожнім, по ґрунту і по дорозі відповідно, км.

Аналогічно,  $\mu = \frac{1}{t_{\mu}}$  означає інтенсивність течії обслуговування ТА з боку

ЗА: де  $t_{\mu}$ , год. – середній час, необхідний для обслуговування (завантаження) ТА, що прибуває на поле за черговим вантажем. Розрахунок параметру  $\mu$  змінюється, залежно від того, який зі способів обслуговування ТА (в залежності від кількості змінних причепів  $R$ ) реалізується на практиці.

Якщо транспортування відбувається без використання змінних причепів ( $R = 0$ ), тобто все зібране завантажується безпосередньо у ТА, то  $t_{\mu} = t_1 = \frac{Q}{W_k U}$ , де  $Q$  – вантажопідйомність транспортного засобу, т;  $W_k$  – нормативна продуктивність ЗА, га/год.,  $U$  – урожайність культури, т/га.

Якщо робота відбувається виключно з причепами ( $R = m$ ), тобто зібране завантажується тільки у змінні причепа, то  $t_{\mu} = t_2 = t_1 + t_{zp}$ , де  $t_{zp}$  – середній час заміни причепа.

Найбільш загальним випадком є комбінований спосіб ( $0 < R < m$ ), коли частина ТА обслуговується по першому і другому способам, а інші очікують обслуговування (завантаження) у черзі. В цьому випадку  $t_{\mu} = t_3 = \frac{m}{\frac{m-R}{t_1} + \frac{R}{t_2}}$ .

З урахуванням цього:

$$n_0 = \begin{cases} n_{0z} + \tilde{m}, & R = 0; \\ n_{0z}, & R = m; \\ n_{0z} + n_{0c}, & 0 < R < m, \end{cases} \quad (6)$$



де:  $\tilde{m} = m - m_0$  – середня кількість ЗА, що працюють;  $n_{0\pm} = \sum_{k=1}^{n-m} kp_{k+m}$  – середня кількість ТЗ, що простоюють у черзі;  $n_{0\zeta} = \sum_{k=1}^{m-R} kp_{k+R}$  – середня кількість ТЗ, що завантажуються.

Таким чином, формули (1) – (6) дозволяють виконати розрахунок значень  $n_0$  і  $m_0$  для різної кількості транспортних засобів  $n$ . Множина допустимих значень  $n$ , визначається нерівністю [11]:

$$\frac{m}{\rho} \leq n \leq \frac{m}{\rho}(1 + \rho) \quad (7)$$

Таким чином, для відшукування  $n_{\text{opt}}$  необхідно обчислити значення цільової функції (1) при всіх допустимих значеннях  $n$ , і з одержаних значень визначити найменше, що відповідає  $n = n_{\text{opt}}$ .

**Комп’ютерна реалізація моделі.** Реалізація даного підходу вимагає значного обсягу однотипних обчислень. Тому математична модель (1) – (7) може бути реалізована засобами електронних таблиць. В нашому випадку, для виконання розрахунків ми обрали електронні таблиці Excel.

На малюнку (рис. 2) представлений блок введення вхідних параметрів моделі на робочому аркуші Excel. Експлуатаційні характеристики подані для ЗА у складі – силосозбиральний комбайн КСС-2,6 і трактор Т-150, та для ТА – трактор МТЗ-80 з причепом 2-ПТС-4М. Інші параметри моделі мають ілюстративний характер.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	Флегантов Л.О., Овсієнко Ю.І.								
2	<b>Оптимізація кількісного складу збирально-транспортного комплексу (ЗТК)</b>								
3									
4	m=	5 од.	Vвг=	8 км/год.	Cn=	800 грн/год			
5	R_=	2 од.	Vпг=	11 км/год.	Cm=	210 грн/год			
6	Sд=	4 км	Vвд=	15 км/год.					
7	Sг=	0,5 км	Vпд=	18 км/год.					
8									
9	U=	20 т/га	tз=	0,03 год.					
10	Q=	4 т	tp=	0,10 год.	tv=	0,329167 год.			
11	Wk=	0,98 га/год.	tзп=	0,15 год.	tp=	0,267677 год.			

Рис. 2 – Блок введення вхідних параметрів моделі.

Наступний малюнок (рис. 3) показує результати розрахунків допоміжних параметрів ЗТК для вихідних параметрів моделі, представлених вище (рис. 2).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
13	T_лямбда=	0,726843 год.		мю=	4,069683	од./год.	n_min=	15 од.	
14	лямбда=	1,375812 од./год.		ро=	0,338064		n_max=	20 од.	
15									
16	<b>1) без причепів</b>			<b>2) виключно з причепами</b>			<b>3) комбінований спосіб</b>		
17	T_мю1=	0,204082 год.		T_мю2=	0,354082	год.	T_мю3=	0,245719 год.	
18	мю1=	4,9 од./год.		мю2=	2,824207	од./год.	мю3=	4,069683 од./год.	

Рис. 3 – Результати розрахунків допоміжних параметрів ЗТК.

Таблиця 1, що представлена на малюнку (рис. 3), містить результати розрахунку ймовірностей можливих станів ЗТК, виконаних згідно формул (5), для всіх допустимих значень  $n$ , що визначаються за допомогою (7).

	A	B	C	D	E
20	<b>Таблиця 1 - Значення ймовірностей <math>P_k</math> стану ЗТК</b>				
21	k	n			
22		15	16	17	18
23	0	0,0095	0,0065	0,0044	0,0029
24	1	0,0483	0,0353	0,0254	0,0179
25	2	0,1226	0,0955	0,0729	0,0544
26	3	0,2072	0,1721	0,1397	0,1103
27	4	0,1961	0,1746	0,1512	0,1268
28	5	0,1724	0,1652	0,1533	0,1372
29	6	0,1399	0,1452	0,1451	0,1391
30	7	0,1040	0,1178	0,1275	0,1317
31	8		0,0876	0,1035	0,1158
32	9			0,0770	0,0939
33	10				0,0699
34	Сума	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000

Рис. 4 – Результати розрахунку ймовірностей станів системи (ЗТК).

Результати підсумкових розрахунків, виконаних за формулами (1), (2), (6) представлені у таблиці 2 (рис. 5).

	A	B	C	D	E
36	<b>Таблиця 2 - Числові характеристики системи</b>				
37	$\Phi(n)$	163,9150	158,5874	160,7171	169,5711
38	n	15	16	17	18
39	$n_0$	1,5837	2,0226	2,5222	3,0873
40	$m_0$	0,6087	0,4602	0,3424	0,2494
41	$m_{\sim}$	4,3913	4,5398	4,6576	4,7506
42	поз	0,2072	0,1721	0,1397	0,1103
43	поч	1,3765	1,8505	2,3824	2,9770

Рис. 5 – Результати розрахунку числових характеристик системи.

За даними таблиці 2 можна зробити висновок, що мінімальні загальні втрати за рахунок простою техніки в розрахунку на один комбайн – мінімальне значення цільової функції (1) буде рівним  $\Phi_{\min} = \Phi(16) = 158,59$  грн. Отже, якщо склад ЗТК налічує  $m = 5$  комбайнів і  $R = 2$  змінних причепів, а шлях від поля до місця зважування і розвантаження складає  $s_d = 4$  км, то, при значеннях інших параметрів системи, заданих вище, оптимальна кількість ТЗ в складі ЗТК становить  $n_{i\delta} = 16$  од.

Цей висновок ілюструє стовпчикова діаграма (рис. 6), що відображає значення цільової функції  $\Phi(n)$  залежно від кількості транспортних засобів  $n$  (рис. 11):

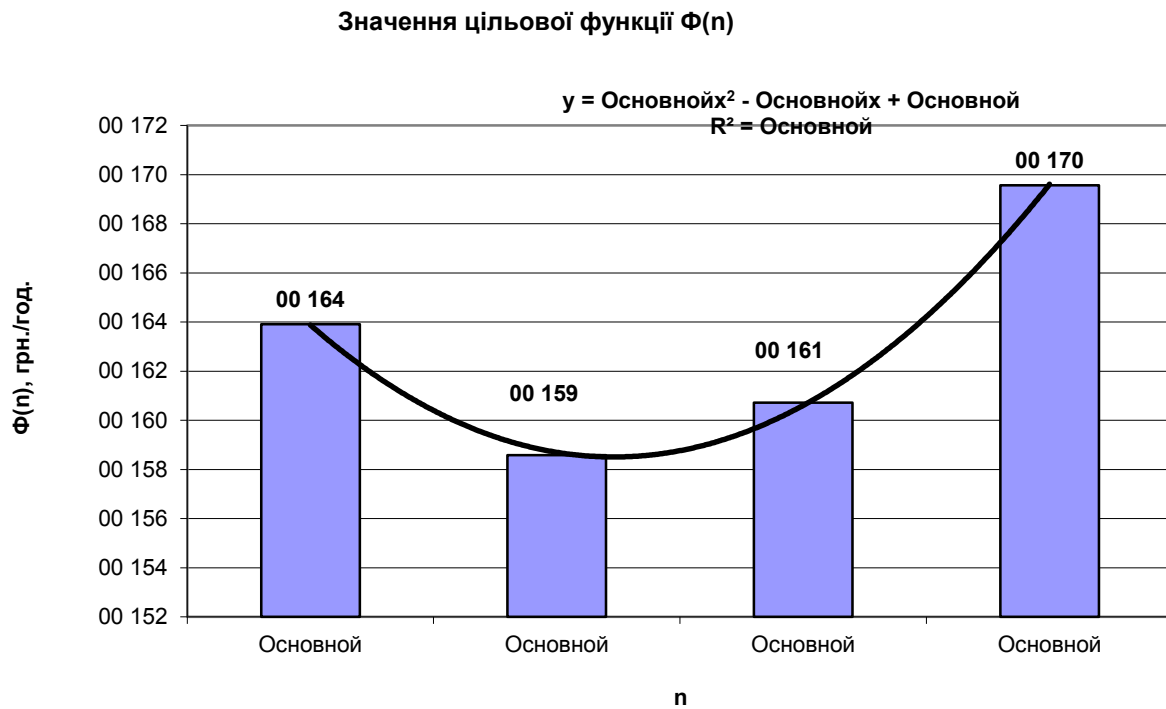


Рис. 6 – Залежність значень цільової функції  $\Phi(n)$  від кількості транспортних засобів у складі ЗТК.

**Висновки з даного дослідження і перспективи подальших розробок у даному напрямку.** Таким чином, математична модель, представлена у даній статті, дозволяє сформулювати алгоритм оптимізації кількісного складу ЗТК, що можна представити, як послідовність наступних кроків:

1. Зафіксувати кількісні параметри ЗТК, експлуатаційні характеристики складових ЗТК, параметри транспортної інфраструктури підприємства, урожайність культури тощо (рис. 2).
2. Сформулювати критерій оптимізації у вигляді цільової функції (1).
3. Згідно (7) знайти область визначення функції (1) – множину допустимих значень параметру оптимізації.
4. Емпіричним шляхом (за даними спостережень) визначити параметри інтенсивності вхідної течії і течії обслуговування, що характеризують робочий процес ЗТК.
5. За формулами (5), обчислити ймовірності можливих станів ЗТК і виконати розрахунки за формулами (2) і (6).
6. Обчислити значення цільової функції (1) для всіх допустимих значень параметру оптимізації  $n$ .

Запропонований алгоритм оптимізації кількісного складу збирально-транспортного комплексу є простим для реалізації в електронних таблицях і може бути без обмежень застосований у практичній роботі спеціаліста з енергозабезпечення збирально-транспортних робіт в аграрних підприємствах. Змінюючи вхідні параметри моделі відповідно до характеристик наявних засобів

енергозабезпечення та транспортної інфраструктури господарства, можна виконувати оперативні розрахунки оптимального складу ЗТК.

Використовуючи дану модель можна виконувати розрахунки для типових конфігурацій ЗА і ТА для різних культур та різних параметрів транспортної інфраструктури аграрних підприємств. Запропонована модель та алгоритм оптимізації ЗТК, що реалізовані у даній статті засобами електронних таблиць Excel, можуть бути використані безпосередньо для створення комп'ютерного або мобільного додатку для допомоги у практичній роботі інженерів аграрного виробництва.

### Список використаних джерел

1. Arifin, Moh Zainal. Applications of Queuing Theory in the Tobacco Supply / Moh Zainal Arifin, Banun Diyah Probawati, Sri Hastuti // Agriculture and Agricultural Science Procedia, Volume 3, 2015, Pages 255-261.
2. Pardo, María José. Optimizing a priority-discipline queueing model using fuzzy set theory / María José Pardo, David de la Fuente // Computers & Mathematics with Applications, Volume 54, Issue 2, July 2007, Pages 267-281.
3. Ross, Sheldon M. Queueing Theory // Introduction to Probability Models (Twelfth edition), 2019, Pages 507-589.
4. Вентцель Е.С. Теория вероятностей и ее инженерные приложения / Е.С. Вентцель, Л.А. Овчаров. – М.: Наука, 1988. – 480 с.
5. Гнеденко В.В. Введение в теорию массового обслуживания / В.В. Гнеденко, И.Н. Коваленко. – М.: Наука, 1987. – 336 с.
6. Гунер Л.И. Алгоритм оптимизации состава системы технического обслуживания машин комплекса / Л.И. Гунер // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1983. – № 9. – с. 16-19.
7. Гунер Л.И. Единство посевных и уборочных комплексов / Л.И. Гунер // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1981. – № 6. – с. 35-38.
8. Гунер Л.И. Системный анализ работ уборочно-транспортного комплекса / Л.И. Гунер // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1979. – №9. – с. 4-7.
9. Добролюбов В.К. Оптимизация состава уборочно-транспортных групп по заготовке силоса / В.К. Добролюбов // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1984. – № 11. – с. 6-9.
10. Запорожець М.І. Система «машина-поле» : навчальний посібник / М.І. Запорожець, І.А. Дудніков, Р.М. Харак. – Полтава: ТОВ «Рік», 2015. – 248 с.
11. Флегантов Л.О. Математичні моделі масового обслуговування у практиці інженерів сільського господарства : навчальний посібник / Л.О. Флегантов. – Полтава: «ІнтерГрафіка», 2006. – 124 с.
12. Франс Дж. Математические модели в сельском хозяйстве / Дж. Франс, Дж.Х.М. Торнли. – Агропромиздат, 1987. – 400 с.

## Аннотация

# ОПТИМИЗАЦИЯ КОЛИЧЕСТВЕННОГО СОСТАВА УБОРОЧНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСА СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН С ПОМОЩЬЮ EXCEL

Флегантов Л.А., Овсиенко Ю.И.

*В статье рассматриваются математическая модель работы и алгоритм оптимизации количественного состава уборочно-транспортного комплекса сельскохозяйственных машин (УТК), включающего определенное количество единиц уборочной техники (например, зерноуборочных комбайнов) и транспортных единиц (транспортные средства (ТС) и сменные прицепы). Работа УТК, которую мы моделируем на основе системного подхода, представлена, как случайный процесс типа «смерть-рождение». Рассматривается стационарный режим работы УТК, критерием оптимизации системы является минимизация финансовых потерь от незапланированных простоев оборудования, возникающих в процессе работы по случайным причинам. Алгоритм оптимизации УТК основан на использовании математической модели замкнутой системы массового обслуживания  $M|M|t|l$ , параметры которой рассчитываются исходя из показателей эффективности технических компонентов УТК, характеристик транспортной инфраструктуры предприятия и урожайности с учетом некоторых возможных вариантов организации уборочно-транспортных работ (работа без сменных прицепов, работа исключительно со сменными прицепами, комбинированный метод). Представлено математическое обоснование модели стационарного функционирования УТК и основные расчетные формулы. На основе построенной модели рассмотрена практическая задача, решение которой включает в себя определение входных параметров стохастической модели УТК, вычисление вероятностей возможных состояний системы и определение оптимального количества ТС в УТК. Расчеты проведены для УТК в составе: комбайны КСС-2.6 агрегатируются с тракторами Т-150, тракторы МТЗ-80 - с прицепами 2-ПТС-4М. Предложенная модель и алгоритм оптимизации УТК реализованы с использованием электронных таблиц Excel, и могут быть использованы для создания компьютерного или мобильного приложения для применения в практической работе инженеров аграрного производства.*

## Abstract

### OPTIMIZATION THE HARVEST-TRANSPORT COMPLEX QUANTITATIVE COMPOSITION OF AGRICULTURAL MACHINES BY MEANS OF EXCEL

Leonid Flehantov, Yuliia Ovsienko

*The article discusses the mathematical model of operation and the algorithm for optimizing the quantitative composition of the harvest-transport complex of agricultural machines (HTC) includes a certain number of harvesting units (for example combine harvesters) and transport units (vehicles (VHC) and exchangeable trailers). The work of the HTC, we model on the basis of a systematic approach, is presented as a random “death-birth” type process. The stationary operation mode of the HTC is considered, the optimization criterion of the system is the minimization of financial losses from unplanned downtime of equipment that occurs in the work process due to random reasons. The algorithm for optimizing is based on the use of a mathematical model of a closed queuing system  $M | M | m | l$ , the parameters of which are calculated based on the performance indicators of technical components of HTC, characteristics of the transport infrastructure of an enterprise and crop yield, taking into account some possible options for organizing harvest-transport works (work without exchangeable trailers, work exclusively with exchangeable trailers, combined method). The mathematical substantiation of the model of the stationary functioning of the HTC and the main calculation formulas are presented. On the basis of the constructed model, a problem is considered, the solution of which includes determining the input parameters of the stochastic HTC model, calculating the probabilities of possible states of the system, and finding the optimal number of vehicles in the HTC. The calculation was made for the HTC consisting of: KSS-2.6 combines are aggregated with tractors T-150, tractors MTZ-80 - with trailers 2-PTS-4M. The proposed model and algorithm for optimizing the HTC are implemented in this article using Excel spreadsheets and can be used to create an application / mobile application to assist in the practical work of agricultural production engineers.*

## ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ

**Власовец В.М., Кобеньяк О.В., Убайтаева М.С-У.**

*(Харьковский национальный технический университет сельского хозяйства  
имени Петра Василенко)*

*Выполнен анализ возможности неразрушающего контроля качества магнитным методом пальцев траков и колеччатых осей из стали 38ХСА. Приведены рекомендации по ограничению применения метода вихревых токов для контроля данных деталей.*

**Актуальность.** Конструкционные стали нашли широкое применение при изготовлении деталей машин, используемых в сельском хозяйстве. Среди них особое место занимают доэвтектоидные хромо-кремнистые стали, в частности сталь 38ХСА. Эта сталь, обладая высоким уровнем механических свойств не содержит дефицитных легирующих элементов. Основными недостатками такой стали являются склонность к отпускной хрупкости II-го рода и к обезуглероживанию поверхностного слоя при термической обработке. Традиционные испытания материалов сопряжены с разрушением детали и не обеспечивают возможность 100% контроля. Поэтому важным и актуальным для условий производства является обеспечение контроля деталей с помощью альтернативных – магнитных методов.

**Цель исследований** – оценить возможность контроля твердости деталей из стали 38ХСА неразрушающим методом с использованием вихревых токов.

**Физическая сущность исследуемого метода.** При использовании данного неразрушающего метода о качестве деталей судят по свойствам вихревого тока, индуктивно возбуждаемого в исследуемой детали полем переменного тока промышленной частоты.

Магнитный поток внутри катушки датчика формируется из взаимодействующих магнитных потоков: полесоздающей (силовой) катушки  $\Phi_k$  и вихревых токов  $\Phi_v$ , формируемых внутри исследуемой детали.

Магнитный поток полесоздающей катушки численно равен:

$$\Phi_k = 0,4I_n \frac{d_k}{l_{эф}} \mu \quad (1)$$

При постоянном режиме питания датчика  $\Phi_k$  зависит от отношения поперечного сечения  $d_k$  к эффективной длине  $l_{эф}$  исследуемой детали и магнитной проницаемости  $\mu$ .

Магнитная проницаемость чувствительна к изменению структуры, прочности и химического состава сплава.



Магнитный поток  $\Phi_k$  оказывает существенное влияние на вихревые токи. Чем больше магнитный поток, тем сильнее аккумулируются вихревые токи в испытуемом металле или сплаве. Величина вихревого тока и, следовательно, возбуждаемого магнитного потока зависит также и от удельного сопротивления, поперечного сечения исследуемой детали и от магнитной проницаемости.

Электрическая удельная проводимость или удельное электрическое сопротивление отображает локальное нарушение сплошности (трещины, волосовины, закаты, плены и т.п.) и гомогенности структуры (обезуглероживание, неравномерное распределение фаз, вызванное ликвацией химических элементов или неоптимальными режимами термической обработки и т.п.), если они соответствующим образом расположены относительно направлений вихревого тока.

Вихревые токи в исследуемой детали и эталоне возбуждаются с помощью намагничивающих обмоток датчика. При этом в индикаторных обмотках будет возбуждаться ЭДС, определяемая характером вихревых токов. Характер вихревых токов определяется магнитными и электрическими свойствами исследуемой детали, которые зависят как от состояния структуры ( $\mu$ ), так и от появления нарушений сплошности ( $\rho$ ).

Следовательно, ЭДС индикаторной обмотки, развиваясь под действием вихревых токов, зависит от многих факторов, что может осложнить процесс контроля в производственных условиях. Установление взаимнооднозначного соответствия между контролируемыми свойствами детали и той или иной характеристикой вихревого тока в дефектоскопе достигается:

- выбором оптимальной частоты или тока режима питания датчика;
- конструктивным оформлением датчика и методом эталонирования;
- методическим приемом проведения испытания.

Изменения магнитной проницаемости и геометрических размеров исследуемых деталей приводят к отклонению амплитуды, а изменение электросопротивления – к изменению фазы ЭДС. Это позволяет обеспечить контроль структуры, независимо от наличия трещин, изменения химического состава и свойств металла детали. При исследовании частота намагничивающего тока остается постоянной, а удельная электропроводность зависит от марки сплава и структуры исследуемой детали. Поэтому для повышения возможности отдельного контроля различных свойств можно выбрать такой максимальный токовый режим, а, следовательно, и величину напряженности намагничивающего поля, при котором магнитная проницаемость была бы достаточно большой величины и компенсировала бы электрическое сопротивление. Это условие может быть выполнено лишь в том случае, если удельная электропроводность не менее 7-10 м/ом мм<sup>2</sup>.

Глубина проникновения магнитного потока и глубина развития вихревых токов  $\delta$  при возбуждении их полем промышленной частоты  $f$  зависит от удельного электросопротивления  $\rho$  и магнитной проницаемости  $\mu$ :

$$\delta = 503 \sqrt{\frac{\rho}{\mu f}} \quad (2)$$

Магнитная проницаемость является не постоянной величиной, а экстремальной функцией (с одним максимумом), зависящей от напряженности магнитного поля. Поэтому глубина проникновения магнитного потока  $\Phi_k$  и глубина развития вихревых токов могут возрастать как при увеличении, так и при уменьшении тока питания датчика вследствие уменьшения магнитной проницаемости.

Глубина проникновения магнитного потока и глубина развития вихревых токов также зависят от геометрических факторов исследуемых деталей. Глубина проникновения возрастает у коротких деталей, так как интегральная магнитная проницаемость в результате размагничивающего влияния свободных концов исследуемых деталей сильно снижается по сравнению с истинной магнитной проницаемостью сплава или металла.

С помощью данного метода можно исследовать и контролировать лишь верхние слои исследуемых деталей в пределах эффективной глубины проникновения вихревых токов и если электрическое сопротивление не слишком велико. При средних условиях проведения испытаний эффективная глубина проникновения равна 3-4 мм, но в ряде случаев возможен подбор режимов, позволяющий контролировать толщины вплоть до 8 мм.

Различие в магнитной проницаемости детали и эталона в простейшем случае на дисплее дефектоскопа отображается синусоидальной кривой с различными амплитудами. Различие в электрической проводимости отображается смещением синусоиды в горизонтальном направлении. Двум физическим параметрам соответствует два - геометрических. Такой характер кривых соответствует случаю, когда изменение магнитной проницаемости и электропроводности исследуемой детали под влияние внешнего поля происходит в области линейных изменений. В большинстве практических случаев магнитные и электрические параметры являются нелинейными функциями, вследствие чего кривые на дисплее принимают сложные формы и переходят из класса двухпараметровых в класс кривых с большим числом геометрических параметров. Такого рода кривые после гармонического анализа можно представить в виде многопараметрового семейства кривых.

Выбор эталонов, типа датчиков и фиксаторов, а также настройка дефектоскопа на необходимый режим контроля определяется в процессе исследования для каждой детали, в зависимости от поставленной задачи.

**Экспериментальная часть.** Для определения возможности неразрушающего контроля качества термической обработки стали 38ХСА с использованием вихревых токов было проведено исследование пальцев звена гусеницы и коленчатых осей.

Пальцы звена гусеницы по принятому технологическому процессу проходят объемную закалку при температуре  $910 \pm 10^\circ\text{C}$  в течении 60 мин., среда охлаждения – масло, последующий отпуск при температуре  $425 \pm 25^\circ\text{C}$  в течении 80 мин., среда охлаждения - вода. Структура нормально обработанных деталей – троостосорбит.

Для установления допусков на контроль и определения погрешности измерений было произведено градуирование прибора. Для этого выбрали интервал из шести температур (1 - без отпуска, 2 –  $400^\circ\text{C}$ , 3 –  $450^\circ\text{C}$ , 4 -  $500^\circ\text{C}$ , 5 –

550°C, 6 – 630°C). Градуирование производили на трех образцах при каждой температуре (табл.1).

Таблица 1. Исследуемый интервал температур стали 38ХСА

Номера образцов	Температура закалки, °С	Температура отпуска, °С	Твердость <sup>1</sup> , HRC
1, 2, 3	910	без отпуска	59
4, 5, 6	910	400	49
7, 8, 9	910	450	47
10, 11, 12	910	500	46
13, 14, 15	910	550	43
16, 17, 18	910	630	36

Примечание. 1. Приведено принятое среднее значение измерения трех образцов, соответствующее измеряемому диапазону. 2. Согласно ТУ на коленчатую ось твердость годных деталей составляет 40-47 HRC (структура металла - сорбит), пальцев звена гусеницы 38-45HRC (структура металла на нижнем пределе троостосорбит, на верхнем - троостомартенсит). 2. Химический состав изменялся в пределах марочного состава стали 38ХСА (ГОСТ 4543) и составил, %: 0,38-0,42С, 1,10-1,30 Si, 0,40-0,53 Mn, 1,32-1,59 Cr, 0,004-0,020 S, 0,016-0,021 P, до 0,20 Cu, до 0,25 Ni.

Твердость образцов измеряли на шлифованных поверхностях. Разброс по твердости для каждой температуры отпуска лежит, в основном, в пределах погрешности измерения. При градуировании было выявлено и учтено влияние:

- допусков на размеры деталей по диаметру и длине;
- допусков на химический состав стали;
- допусков на температуру закалки стали.

Погрешность измерения из-за влияния этих факторов устанавливали по дополнительным образцам.

Для обеспечения максимальной чувствительности контроля детали укладывали в датчиках всегда в одинаковом положении. Для выбора этого положения искали при малой чувствительности экстремум амплитуды сигнала, в котором переменное электрическое взаимодействие между катушкой и деталью было максимальным. Найдя положение, фиксировали деталь соответствующим упором. С помощью ручек компенсаторов настраивали прибор таким образом, чтобы при максимальной чувствительности прибора получить приблизительно ровную линию на экране дисплея.

Далее был выбран такой режим работы прибора для контроля деталей, чтобы магнитная проницаемость была достаточно большой величины, компенсировала электрическое сопротивление и определялась возможностью контроля твердости по величине магнитной проницаемости, влияющей на амплитуду вихревых токов. Таким образом, по изменению амплитуды кривой вдоль вертикальной шкалы дисплея определяли твердость деталей.

Положение датчиков в процессе контроля было строго постоянным. Чтобы избежать влияния внешних магнитных полей на показания дефектоскопа в радиусе 800 мм вокруг него не было ферромагнитных тел.

На серии деталей, термообработанных по разным режимам устанавливали границы сортировки, при этом на экране была получена совокупность кривых,

дающих некоторую полосу разброса, по которой судили о возможности контроля.

**Результаты и их обсуждение.** Результаты исследования пальцев звена гусеницы и коленчатых осей из стали 38ХСА представлены на рис.1,2.

В диапазоне температур отпуска 400-630°C наблюдается однозначная зависимость между твердостью и температурой отпуска для данной стали. Как показывают осциллографические кривые исследованных образцов стали 38ХСА для нескольких максимальных значений тока поля 0,12; 0,6; 1,5 и 1,8 А (см. рис.1 для пальцев звена гусеницы и рис.2 для коленчатых осей) корреляция показаний прибора и твердости в данном диапазоне температур отсутствует.

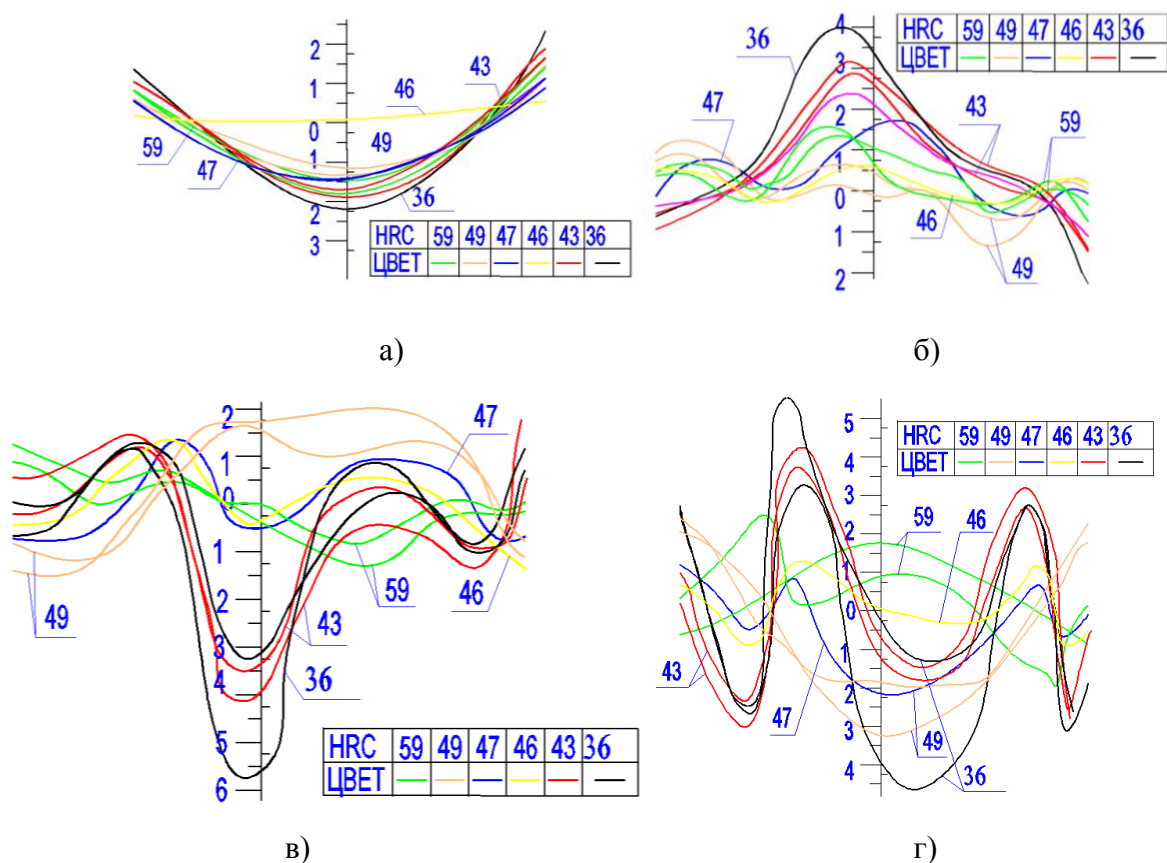


Рис. 1. Изменение амплитуды кривых пальцев звена гусеницы из стали 38ХСА в зависимости от твердости при токе поля: а - 0,12 А; б - 0,6 А; в - 1,5 А; г - 1,8 А.

Длительные испытания при больших токах возбуждения поля из-за действия вихревых токов вызывают значительный разогрев детали-эталона, вследствие чего появляется погрешность при измерении, обусловленная изменением при нагреве физических характеристик эталонного образца. Учитывая влияние этого фактора и влияние на показания прибора химического состава, а также большого разнообразия различных структурных составляющих допускается сдвиг пределов изображенных на рисунках на 1-2 деления в ту и другую сторону от установленных границ.

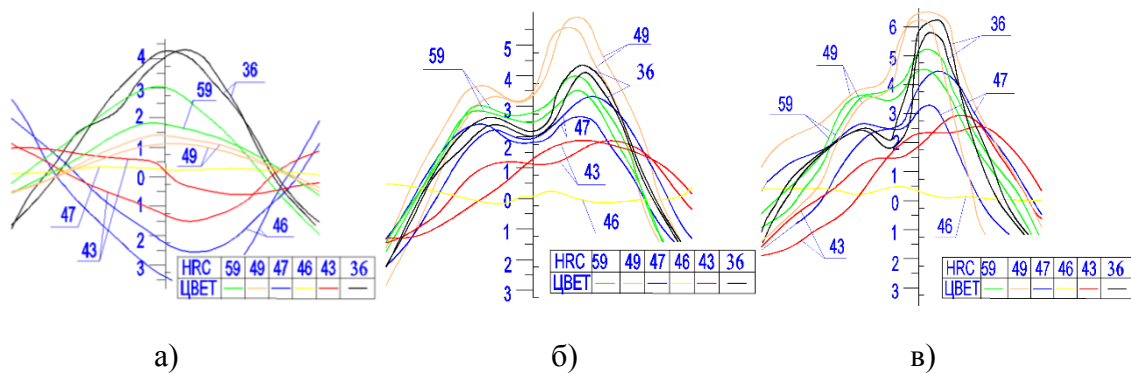


Рис. 2. Изменение амплитуды кривых коленчатых осей из стали 38ХСА в зависимости от твердости при токе поля: а - 0,12 А; б – 0,6 А; в – 1,0 А.

### Выводы:

1. Для контроля качества коленчатых осей и пальцев звена гусеницы, изготовленных из стали 38ХСА и подвергнутых согласно технологическому процессу объемной закалке при температуре  $910 \pm 10^\circ\text{C}$  с последующим отпуском при различных температурах для получения различных структур – троостомартенсита, троостосорбита и сорбита отпуска применение метода вихревых токов на данном приборе не представляется возможным.

### Список использованных источников

1. Мельгуй М.А., Шидловская Є.А. Новые физические методы и средства контроля промышленных изделий. – Мн.: БГУ, 1978. с.30

### Анотація

## ОЦІНКА МОЖЛИВОСТІ МАГНІТНОГО КОНТРОЛЮ ЯКОСТІ ДЕТАЛЕЙ ІЗ СТАЛІ 38ХСА

Власовец В.М, Кобеньяк О.В., Убайтаєва М.С-У.

*Виконано аналіз можливості неруйнівного контролю якості магнітним методом пальців траків та колінчастих осей з вуглецевої сталі. Надані рекомендації щодо обмежень застосування методу віхрових струмів до контролю вищезгаданих деталей.*

### Abstract

## ESTIMATION OF MAGNETIC CHECKING FEATURE OF QUALITY OF DETAILS FROM HROMOSELICON STEEL

Vlasovets V.M., Kobenyak O.V., Ebaitaieva M.S-U.

*The analysis of nondestructiv checking feature of quality is executed by the magnetic method of fingers of trakov and knee axes from hromoselicon steel. Recommendations on limitation of application of method of vortical currents for the control of the given details are resulted.*

## ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЧІСУЮЧОГО БАРАБАНУ ЖНИВАРКИ

**Козаченко О.В., д.т.н., проф., Дьяконов С.О., к.т.н., доц.,  
Гончаров В.В., асп.**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства  
імені Петра Василенка)*

**Пахучий А.М., ст. викл.**

*(Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва)*

*При розробці жниварок для збирання сільськогосподарських культур методом обчисування рослин на корені важливим завданням є вибір та обґрунтування конструктивно-режимних параметрів барабану, основними з яких є діаметр, кількість рядів гребінок і їх форма, частота обертання тощо. Вибір раціональних значень наведених параметрів зумовлює якість протікання технологічного процесу з урахування фізико-механічних властивостей обчисаного вороху. В програму досліджень входило аналіз руху компонентів обчисаного вороху льону олійного по поверхні гребінки, що розташована радіально до барабана. Показано, що на частинку обчисаного вороху діє сила тяжіння, відцентрова сила, сила Коріоліса та сила тертя. За результатами теоретичних досліджень процесу взаємодії незв'язаних частинок вороху льону олійного з гребінкою барабану жниварки обчисуючого типу, на основі законів динаміки вирішено диференціальне рівняння їх руху по поверхні гребінки та отримано залежність їх загальної швидкості від частоти обертання обчисуючого барабану. Отримане диференціальне рівняння можна використовувати для аналізу переміщення компонентів обчисаного вороху по поверхні гребінки пристрою в залежності від режимних параметрів обчисуючого барабану жниварки.*

**Постановка проблеми.** Прогноз розвитку технічних засобів для збирання сільськогосподарських культур прямим комбайнування вказують на те, що одним з перспективних напрямків є технологія збирання методом обчисування рослин на корені. Особливістю даної технології є зменшення частки стеблової маси, яка подається на молотильні-сепаруючі пристрої комбайнів, що зумовлює зменшення їх навантаження при виконанні технологічного процесу. При комбайновому збиранні рослин методом обчисування, внаслідок суттєвого зниження витрат енергії, що витрачається на перетирання соломи та зниження навантаження на соломотряс, знижується витрата палива та збільшується продуктивність збиральних машин [1-5].

На сьогодні провідні фірми-виробники випускають одно та двобарабанні жниварки обчисуючого типу, які використовують для збирання зернових та інших сільськогосподарських культур за означеною технологією [6-8].

Застосування у виробничих умовах певної конструкції жниварки визначається, в першу чергу, особливостями збираємої культури та обраною технологією виробництва. Однак, не дивлячись на ряд суттєвих переваг обчисування, його впровадження стримується внаслідок недостатньої адаптації серійних жниварок до різноманіття характеристик сільськогосподарських культур і умов, в яких відбувається процес збирання. Причина такого положення полягає як у недосконалому існуючих конструкцій жниварок, так й у недостатньому рівні вивчення і розроблення теорії процесу обчисування на корені із врахуванням фізико-механічних характеристик рослин сільськогосподарських культур.

Однією з перспективних сільськогосподарських культур, що вирощуються в Україні слід вважати льон олійний. Це зумовлено попитом на льняну олію, яка широко застосовується у харчовій промисловості, при виготовленні лік тощо та високою рентабельністю його виробництва [9,10].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження в напрямку підвищення ефективності жниварок обчисуючого типу при збиранні сільськогосподарських культур вказують на те, що основна увага приділяється вибору і обґрунтуванню раціональних параметрів обчисуючого барабану [11-14]. В роботі [11] розглянуто рух частинок обчисаного вороху по гребінці, що нахилена назад на кут  $\alpha$ . Отримано диференціальне рівняння для аналізу переміщення частинок зерносоломистого вороху по гребінці від колової швидкості і розмірів барабану, що запобігає передчасне скидання з гребінки. При цьому, автором не враховано сила тяжіння частинки вороху, яка, на думку автора, є незначною у порівнянні з іншими силами, що визначають динаміку взаємодії компонентів вороху із гребінкою барабану. В [12] теоретично обґрунтовано продольний профіль гребінки бітера-відбивача, що забезпечує раціональний напрям переміщення частинок вороху із врахуванням конструктивно-технологічних параметрів двобарабанного пристрою для збирання зернового сорго обмолотом на корені. При цьому, поставлена умова, що профіль гребінки бітера-відбивача повинен забезпечити раціональний напрям польоту частинок – по дотичній до кола обчисуючого барабану радіуса  $R_0$ . Встановлені раціональні параметри: внутрішній радіус барабана 0,2м; зовнішній – 0,35м;  $\omega = \omega_0 = 40$  рад/с;  $Z = Z_0 = 6$ ;  $V_m = 1,8$  м/с. В [13] запропонована математична модель процесу взаємодії обчисуючого барабану з ворохом сорго. Авторами встановлено, що на формування раціонального напрямку польоту частинок вороху значний вплив мають геометричні параметри обчисуючого барабану, а також кут відхилення гребінки від радіального положення  $\gamma$ . В [14] теоретично обґрунтовано конструктивні параметри обчисуючого барабану, режими роботи установки та розміри гребінок для збирання сої. Радіус барабана прийнято  $R_0 = 0,23$  м;  $Z = 8$ ;  $n = 237,9 - 497,8$  об/хв;  $V_m = 1,18 - 2,47$  м/с (прийнято за характеристикою трактора МТЗ). Авторами не враховано залежність максимальної швидкості частинок вороху від частоти обертання барабану. В [15], з урахуванням сил, що діють на гребінку в момент обчисування рослини, обґрунтовано раціональний профіль гребінки обчисуючого барабану, що зумовлює зменшення енергоємності процесу обчисування рослин. При цьому, як стверджують автори, отриманий профіль гребінки дозволяє зменшити витрати

енергії на 10%. В [16] теоретично обґрунтовано раціональні значення барабану, а саме: внутрішній радіус - 0,22м; зовнішній радіус – 0,28м; кількість обчисуючих гребінок – 8 шт. Ці дані дещо відрізняються від отриманих результатів досліджень інших дослідників, що спонукає до більш детального розгляду процесу взаємодії компонентів вороху з обчисуючим барабаном жнивarki.

**Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми яким присвячується стаття.** Не враховано залежність максимальної швидкості частинок вороху від частоти обертання барабану, що залежить від детального розгляду процесу взаємодії компонентів вороху з обчисуючим барабаном жнивarki.

**Мета статті.** Теоретично дослідити динаміку взаємодії компонентів вороху льону олійного із гребінкою від режимних параметрів обчисуючого барабану жнивarki.

**Виклад основного матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів.** В процесі виконання технологічної операції обчисування рослин льону олійного, на обчисуючій гребінці з'являються окремі незв'язані частинки, які складають обчисаний ворох: насіння, коробочки із насінням, лушпиння коробочок, часточки стебла, пиловидні частинки тощо.

Тому розглянемо динаміку взаємодіє вищезгаданих частинок із обчисуючою гребінкою. Для цього складемо розрахункову схему (рис.1).

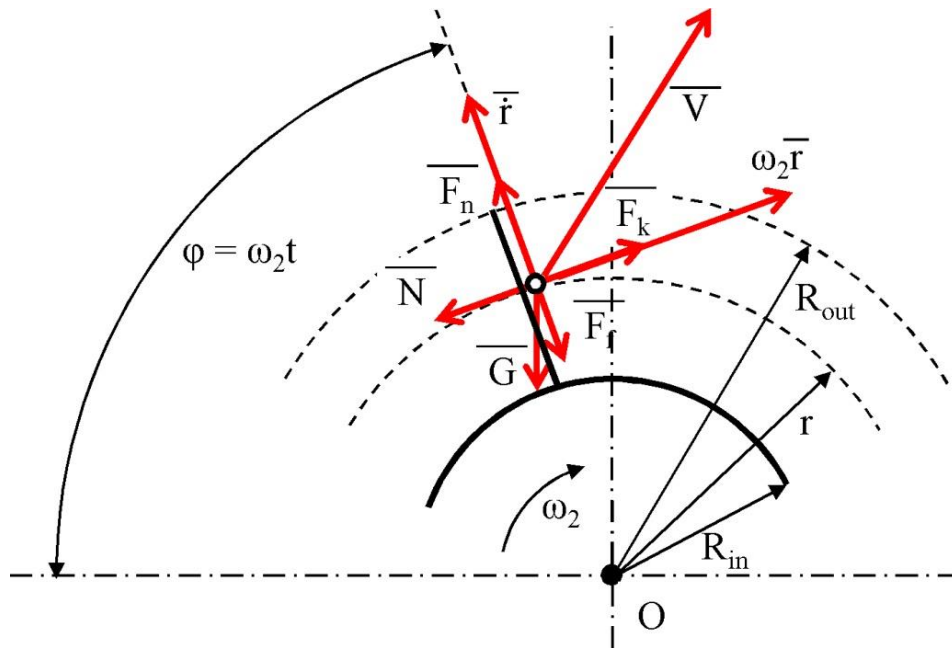


Рисунок 1 – Взаємодія частинки вороху з обчисуючою гребінкою

Диференціальне рівняння руху частинки по поверхні обчисуючою гребінки в загальному вигляді має вид [17]:

$$m_p \ddot{r} = F_i, \quad (1)$$

де:  $r$  – координата частинки на гребінці, м.



На частинку діють наступні сили:

1) Сила тяжіння:

$$G = m_p g, \quad (2)$$

де:  $m_p$  – маса частинки, кг;  $g$  – прискорення вільного падіння,  $\text{м/с}^2$ .

Проекція цієї сили на гребінку:

$$G_n = m_p g \sin(\varphi + \varphi_0), \quad (3)$$

де:  $\varphi$  – поточний кут повороту гребінки, рад;  $\varphi_0$  – початковий кут нахилу гребінки, рад.

2) Відцентрова сила:

$$F_n = m_p \omega_2^2 r, \quad (4)$$

де:  $\omega_2$  – кутова швидкість обчисуючого барабану, рад/с;

3) сила Коріоліса:

$$F_k = 2m_p \omega_2 \dot{r}, \quad (5)$$

де  $\dot{r}$  – відносна швидкість частинки  $\text{м/с}$ ;

4) сила тертя:

$$F_f = fN, \quad (6)$$

де:  $f$  – коефіцієнт тертя частинки о гребінку;  $N$  – нормальна реакція поверхні лопаті, Н:

$$N = F_k + G \cos(\varphi + \varphi_0). \quad (7)$$

Підставивши в (7) вирази (3) і (5), а отриманий результат в (6), отримаємо:

$$F_f = f(2m_p \omega_2 \dot{r} + m_p g \cos(\varphi + \varphi_0)). \quad (8)$$

Підставивши вирази сил з (3), (4) і (7) в (1), замінивши  $\varphi$  на  $\omega_2 t$ , після

перетворень отримаємо диференціальне рівняння руху частинки по поверхні гребінки:

$$\ddot{r} + 2f\omega_2\dot{r} - \omega_2^2 r = -g(\sin(\omega_2 t + \varphi_0) + f \cos(\omega_2 t + \varphi_0)). \quad (9)$$

Загальне рішення цього рівняння:

$$r = (C_1 + C_2 e^{2\omega_2 t \sqrt{1+f^2}}) e^{-\omega_2 t (f + \sqrt{1+f^2})} + \frac{g}{\omega_2^2} \frac{f \cos(\omega_2 t + \varphi_0) + \frac{1}{2}(1-f^2) \sin(\omega_2 t + \varphi_0)}{(1+f^2)}. \quad (10)$$

Узявши похідну за часом від останнього виразу, визначаємо швидкість руху частинки по гребінки:

$$\dot{r} = \omega_2 ((C_2 e^{2\omega_2 t \sqrt{1+f^2}} - C_1) \sqrt{1+f^2} - (C_1 + C_2 e^{2\omega_2 t \sqrt{1+f^2}}) f) e^{-\omega_2 t (f + \sqrt{1+f^2})} + \frac{g}{\omega_2} \frac{f \sin(\omega_2 t + \varphi_0) - \frac{1}{2}(1-f^2) \cos(\omega_2 t + \varphi_0)}{(1+f^2)}. \quad (11)$$

Початковими умовами (при  $t = 0$ ) будуть такі:

$$\xi_0 = R_{in}; \quad \xi'_0 = 0 \quad (12)$$

Використовуючи початкові умови, визначаємо постійні інтегрування:

$$C_1 = \frac{1}{2\sqrt{1+f^2}} \left[ \left( R_{in} - \frac{g}{\omega_2^2} \frac{f \cos \varphi_0 + \frac{1}{2}(1-f^2) \sin \varphi_0}{1+f^2} \right) (\sqrt{1+f^2} - f) - \frac{g}{\omega_2^2} \frac{f \sin \varphi_0 - \frac{1}{2}(1-f^2) \cos \varphi_0}{1+f^2} \right]; \quad (13)$$

$$C_2 = \frac{1}{4(1+f^2)} \left[ 2R_{in} (f\sqrt{1+f^2} + f^2 + 1) - \frac{g}{\omega_2^2} \left( (\sqrt{1+f^2} + 2f) \cos \varphi_0 - (f\sqrt{1+f^2} + f^2 - 1) \sin \varphi_0 \right) \right]. \quad (14)$$

Як видно з рис. 1 загальну швидкість частинки обчисаного вороху можна визначити за формулою:

$$V = \sqrt{\dot{r}^2 + (\omega_2 r)^2}, \quad (15)$$

при цьому кут її нахилу до горизонтальної осі складає:

$$\delta = \frac{\pi}{2} - \omega_2 t + \operatorname{arctg} \frac{\dot{r}}{\omega_2 r}. \quad (16)$$

Час вильоту частинки з області обчисуючого барабану знайдемо з рівняння  $r = R_{out}$  (при цьому початковий кут згідно складає  $\varphi_0 = 0$ ):

$$R_{out} = (C_1 + C_2 e^{2\omega_2 t \sqrt{1+f^2}}) e^{-\omega_2 t (f + \sqrt{1+f^2})} + \frac{g}{\omega_2^2} \frac{f \cos \omega_2 t + \frac{1}{2}(1-f^2) \sin \omega_2 t}{(1+f^2)}, \quad (17)$$

$$C_1 = \frac{1}{2\sqrt{1+f^2}} \left[ \left( R_{in} - \frac{g}{\omega_2^2} \frac{f}{1+f^2} \right) (\sqrt{1+f^2} - f) + \frac{g}{2\omega_2^2} \frac{(1-f^2)}{1+f^2} \right],$$

$$C_2 = \frac{1}{4(1+f^2)} \left[ 2R_{in} (f\sqrt{1+f^2} + f^2 + 1) - \frac{g}{\omega_2^2} (\sqrt{1+f^2} + 2f) \right].$$

Вирішуючи спільно рівняння (10), (11), (15), (16), (17) з використання програмного пакету Wolfram Mathematica отримуємо залежність загальної швидкості частинки від частоти обертання обчисуючого барабану (рис. 2).

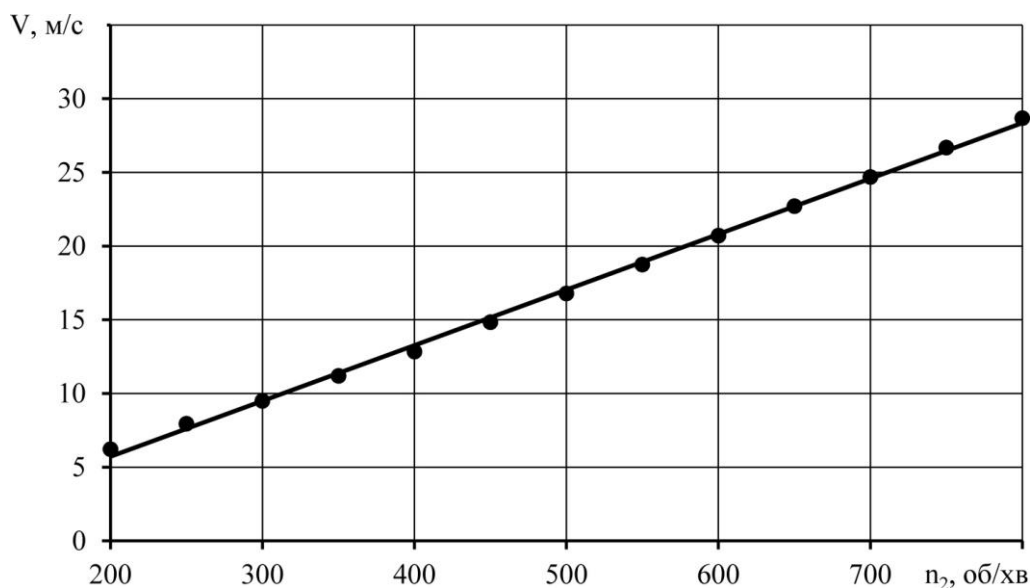


Рисунок 2 – Залежність загальної швидкості частинки  $V$  вороху від частоти обертання обчисуючого барабану  $n_2$

Аналіз рисунка 2 вказує на те, що залежність загальної швидкості частинки обчисаного вороху від частоти обертання барабану носить лінійний характер. Спостерігається суттєве зростання значення показника швидкості руху в усьому досліджуваному інтервалі зміни частоти обертання обчисуючого барабану. Так при частоті обертання барабану 200 об/хв загальна швидкість частинок вороху становить 6,5 м/с. Збільшення частоти обертання барабану до 800 об/хв зумовлює збільшення швидкості руху частинок до 27,8 м/с. Слід зазначити, що при обертанні обчисуючого барабану між ним та внутрішньою поверхнею кожуха утворюється повітряний потік, який, з врахуванням початкової швидкості компонентів вороху, буде визначати їх траєкторію польоту в напрямку інтегрованого шнеку жнивarki і впливати на якість протікання процесу в її області. Враховуючи цей факт, є важливим використання отриманих результатів дослідження при подальшому моделюванні аеродинамічних процесів та процесу сепарації компонентів вороху в області жнивarki для вибору і обґрунтування її раціональних конструктивно-режимних параметрів.

Таким чином, за результатами теоретичних досліджень процесу взаємодії незв'язаних частинок вороху льону олійного з гребінкою обчисуючого барабану на основі законів динаміки, вирішено диференціальне рівняння їх руху по поверхні гребінки та отримано залежність їх загальної швидкості  $V$  від частоти обертання обчисуючого барабану  $n_2$ .

**Висновок з даного дослідження і перспективи подальших розробок у даному напрямку.** Залежність загальної швидкості компонентів обчисаного вороху льону олійного від частоти обертання барабану носить лінійний характер. Збільшення частоти обертання барабану з 200 об/хв до 800 об/хв зумовлює зростання загальної швидкості частинок майже у чотири рази, а саме, з 6,5 м/с до 27,8 м/с.

Отримані результати дослідження доцільно враховувати при вивченні та моделюванні аеродинамічних процесів та процесу сепарації компонентів вороху при збиранні льону олійного для обґрунтування раціональних параметрів жнивarki обчисуючого типу.

## Список використаних джерел

1. Погорельый Л.В., Коваль С.Н. Прогноз развития технологий и техники для уборки зерновых культур на первую четверть XXI века. Перспективные технологии уборки зерновых культур, риса и семян трав: сб. док. междунар. науч.- технич. конф. г.Мелитополь: ТГАТА, 2003. С. 17-21.
2. Сысолин П.В., Иваненко И. Проблемы и перспективы внедрения в Украине технологии уборки зерновых колосовых культур методом очесывания колосков. Техника АПК. 2008. № 5. С.24-29.
3. Леженкин А.Н., Кравчук В.И., Кушнарев А.С., Леженкин А.Н. Технология уборки зерновых методом очеса растений на корню: состояние и перспективы. Дослідницькое. 2010. С. 40-44.
4. Леженкин А.Н. Механизация уборки зерновых культур с использованием очесывающих устройств: монография. СПб.: СПбГАУ, 2005. 332с.
5. Yuan, J., Lan, Y., Development of an Improved Cereal Stripping Harvester. Agricultural

Engineering International: the CIGRE journal. Manuscript PM 07 009., 2007. Vol. IX. September. Режим доступа: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.504.7187&rep=rep1&type=pdf>.

6. Очесывающие жатки "Славянка". Режим доступа: [http://ukragroserv.com.ua/каталог/очесывающая\\_жатка](http://ukragroserv.com.ua/каталог/очесывающая_жатка).
7. The CVS range is suitable for harvesting Wheat, Durum, Barley, Oats, Flax and other small grain crops. Режим доступа: [http://www.shelbourne.com/3/products/1/harvesting/31\\_stripper%20header/32\\_cvs](http://www.shelbourne.com/3/products/1/harvesting/31_stripper%20header/32_cvs).
8. Очесывающая жатка «ОЗОН» – 2017. Режим доступа: <http://penzmash.ru/root/1504-2/>
9. Мищенко Л. Особенности выращивания льна масличного. Режим доступа: <http://www.apk-inform.com/ru/oilprocessing/59032#.V-JuSBBkiUk>.
10. Тараймович И.В. Особенности технологии уборки льна масличного в условиях Западного полесья Украины. Режим доступа: <http://technology.snauka.ru/2013/06/2107>.
11. Савин Ю.С. Выбор основных параметров барабана очесывающего устройства. Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2017. №2 (53). С.100-104.
12. Шабанов Н. П. Овчаренко Ф. А. Обоснование профиля гребенок битера – отражателя двухбарабанного очесывающего устройства. Ученые записки Крымского ИПУ. 2012. Вып. 35. Технические науки. С. 75-78.
13. Овчаренко Ф.А., Ковязин А.С. Математическая модель процесса взаимодействия очесывающего барабана с ворохом сорго. Збірник наукових праць ПФ НУБіП України. «Кримський агротехнологічний університет» (технічні науки). 2010. №135. Симферополь. С.110-128.
14. Кувшинов А.А., Мазнев Д.С., Ширяев В.М. Конструктивные параметры очесывающего барабана и режимы работы ЛПУ на уборке сои методом очеса. Современные технологии и техническое обеспечение производства и переработки сельскохозяйственных культур. 2016. Вып. 23. С.78-83.
15. Дьяконов С.О., Пахучий А.М. К обоснованию профиля гребенки очесывающего барабана. Вісник ХНТУСГ ім. П.Василенка. 2017. Вып. 181. С. 236-241.
16. Козаченко О. В., Пахучий А. М., Дьяконов С.О., Гончаров В.В. Обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів обчисуючого барабану жнивварки. Інженерія природокористування. 2019. Вып. 1 (11). С. 75-85.
17. Кильчевский Н. А. Курс теоретической механики. Т.1. М.: Наука, 1977. 480 с.

## **Аннотация**

### **ИССЛЕДОВАНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОЧЕСЫВАЮЩЕГО БАРАБАНА ЖАТКИ**

Козаченко А.В., Дьяконов С.А., Пахучий А.Н., Гончаров В.В.

*При разработке жаток для уборки сельскохозяйственных культур методом очеса растений на корню важной задачей является выбор и обоснование конструктивно-режимных параметров барабана, основными из которых являются диаметр, количество рядов гребенок и их форма, частота вращения и тому подобное. Выбор рациональных значений приведенных*

параметров обуславливает качество протекания технологического процесса с учетом физико-механических свойств очесанного вороха. В программу исследований входило анализ движения компонентов очесанного вороха льна масличного по поверхности гребенки, расположенной радиально к барабану.

Показано, что на частицу очесанного вороха действует сила притяжения, центробежная сила, сила Кориолиса и сила трения. По результатам теоретических исследований процесса взаимодействия несвязанных частиц вороха льна масличного с гребенкой барабана жатки очесывающего типа, на основе законов динамики решено дифференциальное уравнение их движения по поверхности гребенки и получена зависимость их общей скорости от частоты вращения очесывающего барабана.

Полученное дифференциальное уравнение можно использовать для анализа перемещения компонентов очесанного вороха по поверхности гребенки устройства в зависимости от режимных параметров очесывающего барабана жатки.

## **Abstract**

### **INVESTIGATION OF OPERATING PARAMETERS OF THE HEADER STRIPPING DRUM**

Kozachenko A., Dyakonov S., Pakhuchyi A., Goncharov V.

*When designing harvesters for harvesting crops by the method of counting plants at the root, an important task is the selection and justification of the design-mode parameters of the drum, the main of which are the diameter, the number of rows of combs and their shape, rotation frequency and the like.*

*The choice of rational values of the above parameters determines the quality of the flow of the process, taking into account the physical and mechanical properties of the number of heaps. The research program included an analysis of the movement of the components of the shabby heap of oil flax along the surface of the comb located radially to the drum.*

*It is shown that the force of gravity, the centrifugal force, the Coriolis force and the friction force act on a particle of the numbering heap. According to the results of theoretical studies of the interaction of uncoupled particles of oil flax heap with a comb of a combing-type header, the differential equation of their movement along the comb surface was solved on the basis of the laws of dynamics and the dependence of their total velocity on the frequency of rotation of the comb was obtained.*

*The resulting differential equation can be used to analyze the movement of the components of the heap around the device's comb, depending on the operating parameters of the header combing drum.*

## ГІБРИДИЗАЦІЯ ЗЕРНОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ

**Панкова О.В., к.с.-г.н., доцент**

*(Харківський національний технічний університет сільського господарства імені Петра Василенка)*

*У статті наведено результати гібридизації пшениці ярої м'якої з житом ярим залежно від метеорологічних умов. Відмінності погодних умов оцінювали за гідротермічним коефіцієнтом Г.Т. Селянінова (ГТК). Узагальнені результати свідчать, що в зоні Лісостепу України основним фактором, який визначає рівень реалізації потенціалу генотипу, є погодний.*

**Ключові слова:** пшениця яра м'яка, жито яре, гібридизація, схрещування, зав'язуваність, гібридні зернівки.

**Вступ.** Віддалена гібридизація - метод створення принципово нових рослин, які об'єднують у своїй спадковій основі найбільш цінні риси і ознаки дикорослих і культурних рослин - продуктів тривалої еволюції природного та штучного добору. Багато сортів пшениці, що вирощуються в Україні, вже не задовольняють потреби сучасного агровиробництва, особливо за стійкістю до хвороб і несприятливих умов погоди – посухи, низьких і високих температур. У зв'язку з цим віддалена гібридизація є одним з перспективних шляхів створення сортів інтенсивного типу з широкою екологічною пластичністю, високим урожаєм і якістю. Саме тому експериментальна віддалена гібридизація стала необхідною та актуальною в селекції пшениці.

**Аналіз літературних джерел, постановка проблеми.** Однією з провідних проблем біологічної науки сучасності є збагачення флори і фауни методом створення нових форм і сортів рослин, які найбільш повно відповідають запитам людини. Важливе значення у вирішенні цих завдань належить віддаленій гібридизації, методу, який дозволяє значно збагатити генофонд культурних рослин і створити особливо широкий формотворчий процес, при якому виникають унікальні форми, які значно відрізняються від тих, що існували раніше [5]. Однак цей метод пов'язаний з численними труднощами на шляху його практичного використання: низький рівень статевої сумісності при схрещуваннях та життєздатності гібридних зернівок, низька продуктивність або повна стерильність гібридів першого покоління; значні порушення в процесі мікро- і макроспорогенезу, що призводить до тривалого процесу стабілізації гібридних популяцій [6]. На процес формування зернівок впливають як внутрішні фактори, а саме генетичні [1, 7-8], так і зовнішні, а саме погодні умови [4, 10].

Панфілова О. С. У своїй роботі констатує, що нестача вологи у 2005 році на початку вегетації і опади, що випали пізно (наприкінці червня) оказали негативний вплив на зав'язуваність зерен. У 2006 році, навпаки, рясні опади травня, початку червня і тепла погода в червні надали сприятливий дію на завязуваність і формування гібридних зерен [9].

Хлебова Л.П. [11] в своїй роботі встановила, що варіювання результатів схрещуваності на третину визначається умовами гібридизації (30,7%). Наші дослідження також підтвердили ці дані.

**Мета і задачі дослідження.** Метою нашої роботи було дослідити вплив погодних умов різних років досліджень на гібридизацію пшениці м'якої ярої з житом ярим.

**Матеріали та методи.** Польові дослідження проводили у 2008-2010 рр. на дослідному полі Харківського національного аграрного університету ім. В. В. Докучаєва. Досліди закладали і проводили у відповідності до вимог методики дослідної справи за Б. А. Доспеховим [4]. Вихідним матеріалом були представники родини Poaceae: *Triticum aestivum* L. ( $2n=42$ ); *Secale cereale* L. ( $2n=14$ ). Види, які використовувалися в експериментах, представлені сортами пшениці м'якої ярої Героїня, Харківська 26, Харківська 28. Жито яре у дослідях представлено сортами Gazelle, Rogo. При досягненні рослинами фази колосіння проводили схрещування за загальноприйнятою методикою. У кожному варіанті запилювали по 10 колосків (200 квіток) при чотири-разовому повторенні. Запилення примусове. Відсоток зав'язування визначали підрахуванням кількості зернівок, що сформувалися по відношенню до кількості запилених квіток. Варіантами дослідів були показники відсотків гібридних зернівок, що зав'язалися за трьома роками дослідів.

Інформаційною базою для аналізу впливу погодних умов була метеостанція ХНАУ ім. В. В. Докучаєва. З метою оцінки комплексного впливу атмосферних опадів і температури повітря ми використали гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова за вегетаційний період пшениці ярої (ГТК).

**Обговорення результатів.** У Місцевість, в якій розміщене дослідне поле університету, відноситься до підзони нестійкого зволоження північно-східного Лісостепу України. Вегетаційний період основних сільськогосподарських культур у цій зоні характеризується нестійким зволоженням. Сума активних температур (вище + 10 оС) – 2600-2700 оС. Середня багаторічна кількість опадів становить 511 мм, більша їх частина випадає під час вегетації сільськогосподарських культур. Харківський ґрунтово-кліматичний район характеризується дуже частими посухами, сухими східними вітрами, значними перепадами температури і відносною вологістю повітря у літній період, що у кінцевому результаті призводить до значних коливань врожаю зерна пшениці ярої та ячменя ярого.

Роки досліджень різнилися між собою за погодними умовами, що дозволило дати об'єктивну оцінку. З одного боку це ускладнює процес аналізу, а з іншого, дає можливість ширше дослідити багатосторонність зв'язку між погодними умовами і продуктивністю зернових культур.

Гідротермічний коефіцієнт вегетаційного періоду пшениці ярої у 2008 році характеризувався чотирма надмірно вологими ( $ГТК > 1,5$ ), двома достатньо вологими ( $ГТК$  в межах 1,0-1,5), чотирма дуже сильно посушливими ( $ГТК < 0,4$ ) (рис. 1) [2].



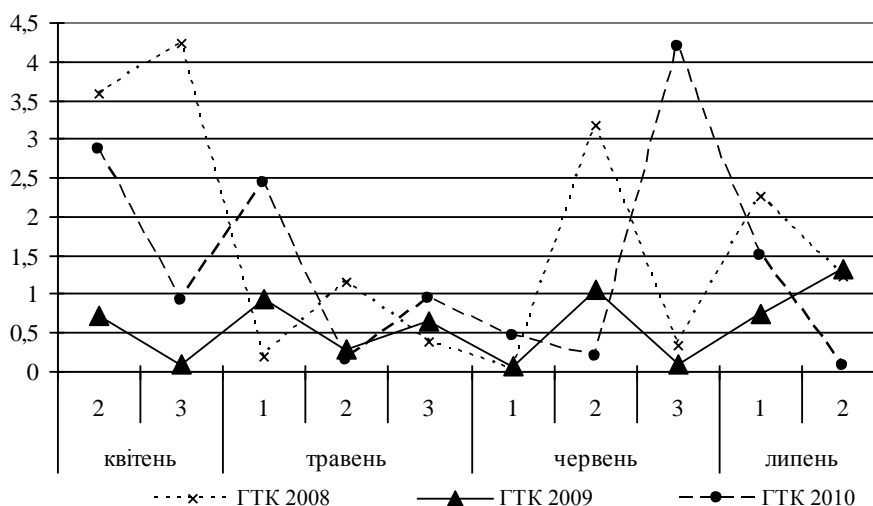


Рис. 1. Динаміка гідротермічного коефіцієнта Г. Т. Селянінова за вегетаційний період пшениці ярої (Дослідне поле ХНАУ, 2008-2010 рр.)

У 2008 році у період сівба – сходи ГТК дорівнював 3,58-4,24, що було достатньо для початкових фаз росту і розвитку рослин. Гідротермічний коефіцієнт Г. Т. Селянінова (ГТК) у цілому за вегетаційний період дорівнював 1,7 що визначає умови вегетації як помірно вологі (ГТК<1,6). Отже, погодні умови вегетаційного періоду 2008 р. були сприятливими для росту та розвитку рослин пшениці ярої, що також як і для проходження гібридизації (табл. 1). Так, частка сформувалися гібридного насіння в 2008 р коливалась у межах 3,3 – 6,5 % (табл. 1).

Гідротермічний коефіцієнт вегетаційного періоду пшениці ярої у 2009 році дорівнювали 0,6, що визначає умови вегетації як середньо посушливі. Слід відмітити, що вегетаційний період характеризувався двома достатньо вологими (ГТК в межах 1,0-1,5), трьома слабкої посухи (ГТК у межах 0,7-0,9), однієї середньої посухи (ГТК=0,6), чотири дуже сильної посухи (ГТК<0,4). У період сівба – сходи ГТК дорівнював 0,09-0,94 і був достатнім для початкових фаз росту і розвитку пшениці ярої (рис. 1).

Таблиця 1 - Зав'язуваність гібридних зернівок при схрещуванні *Tt. aestivum* x *Secale cereale*, 2008-2010 рр.

Комбінація схрещувань		Зав'язуваність за роки, %		
Материнська форма	Батьківська форма	2008 р.	2009 р.	2010 р.
Героїня	Gaselle	6,3	3,5	1,5
Харківська 28	Gaselle	4,8	3,5	1,8
Харківська 26	Gaselle	6,5	5,5	3,3
Героїня	Rogo	3,5	3,5	1,0
Харківська 28	Rogo	3,3	3,0	1,0
Харківська 26	Rogo	6,5	4,3	2,5

Середньо посушливі метеорологічні умови 2009 року вплинули на гібридизацію пшениці ярої з житом ярим, що проявилось у зниженні

зав'язуваності гібридних зернівок порівняно з 2008 р. Показано, що зав'язуваність у 2009 р. становила – 3,0 – 5,5 %.

Веgetаційний період пшениці ярої у 2010 р. характеризувався трьома надмірно вологими (ГТК>1,5), однією достатньо вологою (ГДК=1,48), двома слабкої посухи (ГДК у межах 0,7-0,9) однією сильною посухи (ГДК=0,46), трьома дуже сильною посухи (ГДК<0,4). Початок періоду сівба – сходи протікав у вологих та прохолодних умовах, коли ГТК дорівнював 0,91-2,86. У подальшому температура повітря швидко підвищувалась, а кількість опадів була незначною, що призвело до погіршення гідротермічних умов. Розглядаючи гідротермічний коефіцієнт веgetаційного періоду 2010 року, слід відмітити, що гістограма має три показники надмірної вологи (ГТК>1,5) в декадах: друга квітня – 2,86, перша травня – 2,42, третя червня – 4,18; та сім сухих (ГТК<0,5) декади: друга травня – 0,14, перша червня – 0,46, друга червня – 0,2, друга липня – 0,07 (рис. 1).

У 2010 році в період веgetації в умовах високої температури повітря і недостатності опадів ростові процеси пшениці та жита були ослаблені, загальне і продуктивне кушіння знижене. Це на нашу думку могло негативно вплинути на проведення гібридизації. Так, кількість гібридних зернівок становила 1,0 – 3,3 %.

**Висновки.** Таким чином, нами було досліджено вплив погодних умов різних років досліджень на гібридизацію пшениці ярої з житом ярим. 2008 році у цілому був сприятливим для росту і розвитку рослин. 2009 та 2010 роки характеризувався підвищеною температурою повітря і малою кількістю опадів, що на нашу думку призвело до зниження ефективності гібридизації. Процент зав'язавшихся зернівок в 2009 році в 1-2 рази, в 2010 в 2-4,2 разів менше ніж в 2008 році. Ми можемо констатувати різницю між результатами гібридизації трьох років дослідів, що на нашу думку, пояснюється залежністю від погодних умов.

## Список використаних джерел

1. Голик В. С. Селекция *Triticum durum* Desf / В. С. Голик. – Х., 1996. – 387 с.
2. Грабовський М.Б. Вплив гідротермічних умов веgetації на урожайність гібридів кукурудзи різних груп стиглості в умовах центрального Лісостепу України / М. б. Грабовський, Т. О. Грабовська, С. В. Ображій // Агробіологія. – 2014. - №1. – С. 57-61.
3. Давлатов Ф. А. Влияние метеорологических условий на результаты гибридной селекции / Ф. А. Давлатов, К. П. Гайкулина // Аграрный вестник Урала. – 2011. - №4 (83). – С. 5-6.
4. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта / Б. А. Доспехов – М.: Колос, 1973. – 336 с.
5. Котальникова Л.К. Создание нового исходного материала в селекции тритикале / Котальникова Л.К., Буюкли П.И., Веверица Е.К., Литашборг С.И. // Генетика и селекция тритикале в Молдове. – Кишинева: Штиинца, 1992. – 165 с.
6. Литвиненко Н. А. Генетические и селекционные аспекты использования озимых гексаплоидных тритикале в селекции озимой пшеницы / Н. А. Литвиненко, Н. Г. Максимов // Селекция і насінництво – Харків: ІР ім. В.Я. Юрьєва, 2008 – Вип. 96. – С. 15 – 33.
7. Панкова О. В. Схрещуваність різних видів злаків залежно від дії гамма-

- променів на материнську рослину / О. В. Панкова // Вісник Львівського національного університету ім. І. Франка. – 2011. – Вип. 57. – С. 236–241.
8. Панкова О.В. Особливості схрещування м'якої пшениці та жита залежно від дії різних доз гамма-променів / О.В. Панкова, В.К. Пузік // Селекція і насінництво: темат. наук. зб. – Х., 2013. – Вип. 102. – С. 99-105.
  9. Панфилова О.С. Исходный материал для селекции яровой мягкой пшеницы на продуктивность в условиях Центрального Нечерноземья : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. с.-г. наук : спец. 06.01.05 "Селекция и семеноводство сельскохозяйственных растений" / Панфилова Ольга Сергеевна – Москва, 2010. – 23 с.
  10. Твердохлеб Е.В. Скрещиваемость и фертильность гибридов между формами пшеницы – носителями субгена G и сортами мягкой и твёрдой пшениц / Е.В.Твердохлеб // Вісник Харківського національного університету імені В.Н.Каразіна. Серія: біологія. Вип. 9, №856, 2009р. С. 89-96.
  11. Хлебова Л.П. Межвидовая совместимость тетраплоидных пшениц *Triticum durum* Desf. и *Triticum timopheevii* Zhuk. / Хлебова Л.П. // Известия Алтайского гос. Ун-та. Серия Биология. – 2009. – № 3 (63). – С. 33-37

#### Аннотация

### ГИБРИДИЗАЦИЯ ЗЛАКОВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ГИДРОТЕРМИЧЕСКИХ УСЛОВИЙ

Панкова О.В.

*В статье приведены результаты гибридизации пшеницы яровой мягкой с рожью ярым зависимости от метеорологических условий. Различия погодных условий оценивали по гидротермическому коэффициенту Г.Т. Селянинова (ГТК). Обобщенные результаты свидетельствуют, что в зоне Лесостепи Украины основным фактором, определяющим уровень реализации потенциала генотипа, есть погодный.*

**Ключевые слова:** пшеница яровая мягкая, рожь яровая, гибридизация, скрещивание, гибридная зерновка.

#### Abstract

### CROSSING OF CEREALS DEPENDING ON HYDROTHERMALLY CONDITIONS

O. Pankova

*The article presents the results of hybridization of soft spring wheat with rye bran depending on meteorological conditions. Differences in weather conditions were estimated by hydrothermal coefficient G.T. Selyaninov (SCC). The generalized results indicate that in the forest-steppe zone of Ukraine the main factor determining the level of implementation of the potential of the genotype is the weather.*

**Key words:** spring wheat, *Triticum aestivum*, spring rye, hybridization, crossbreeding, hybrid seed beetle.

## Зміст

БАГАТОКРИТЕРІАЛЬНИЙ ВИБІР СУЧАСНИХ ЗЕРНОЗБИРАЛЬНИХ КОМБАЙНІВ. АНАЛІТИЧНІ АСПЕКТИ Бурлака О.А., Яхін С.В., Дудник В.В., Іванкова О.В., Дрожчана О.У.....	5
ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ РОБОЧИХ ОРГАНІВ ЗЕРНОПОСІВНИХ МАШИН Дудніков А.А., Біловод О.І., Дудник В.В., Бурлака О.А., Дрожчана О.У.....	21
JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS A REAR-MOUNTED LINKAGE WIDE SPAN TRACTOR (VEHICLE) Kuvachov V.P. ....	32
SURVEY OF OPTIMAL MODES OF STRENGTHENING TREATMENT OF MACHINE PARTS Kelemesh A., Gorbenko O.....	48
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗМІНЮЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДНОВЛЕННЯ ДЕТАЛЕЙ НА РЕСУРС МАШИН Іванкова О.В., Бартош В.Ю.....	54
СПОСОБИ АКТИВІЗАЦІЇ СЕПАРАЦІЇ КАРТОПЛЯНОГО ВОРОХУ Грушецький С.М., Підлісний В.В. ....	61
МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ПРОЦЕСУ СУШІННЯ З ПЕРЕХРЕСНИМ РУХОМ ЗЕРНА І СУШИЛЬНОГО АГЕНТА ПРИ ЙОГО СЕКЦІЙОВАНОМУ ВВОДІ Калініченко Р.А., Швидя В.О., Степаненко С.П., Котов Б.І. ....	75
МОДЕЛЮВАННЯ ТА РОЗРАХУНОК ПРОЦЕСУ РАДІАЦІЙНО-КОНВЕКТИВНОГО СУШІННЯ НАСІННЯ У ЛОТКОВІЙ ВІБРАЦІЙНІЙ УСТАНОВЦІ ПЕРІОДИЧНОЇ ДІЇ (З КОНТУРОМ ЦИРКУЛЯЦІЇ МАТЕРІАЛУ) Бандура В.М., Котов Б.І., Грищенко В.О. ....	84
ВИРОЩУВАННЯ КОРМОВИХ КУЛЬТУР В СУМІСНИХ ПОСІВАХ Мельник В.І., Пастухов В.І., Циганенко М.О., Анікеев О.І., Романашенко О.А., Качанов В.В.....	95
ВПЛИВ ПЕРЕКРИТТЯ СУМІЖНИХ ПРОХОДІВ НА ЯКІСТЬ РОБОТИ РОЗКИДАЧА ТВЕРДИХ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ Анікеев О.І., Сировицький К.Г., Возний В.С.....	103
ПРИЛАДИ, ОБЛАДНАННЯ ТА СИСТЕМИ ОЦІНКИ ЯКОСТІ ПРОВЕДЕННЯ ЗБИРАННЯ ЗЕРНОВИХ КУЛЬТУР Зубко В.М.....	109
ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ТРАВМОВАНOSTІ НА ЯКІСТЬ НАСІННЄВОГО МАТЕРІАЛУ ОЗИМОГО РІПАКУ, ОТРИМАНОГО ПІД ЧАС ЗБИРАННЯ КОМБАЙНАМИ CLAAS LEXION Ковалишин С.Й., Швець О.П., Дадак В.О., Пташник В.В., Румак В.А. ....	123

ПРО ОСОБЛИВОСТІ ТРАЄКТОРІЙ РУХУ СІВАЛОК ПО ПОЛЮ Ярошенко П.М.....	134
ПЕРСПЕКТИВИ ВПРОВАДЖЕННЯ І РОЗРОБКИ ЛОГІСТИЧНИХ СИСТЕМ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВ УКРАЇНИ Анікеєв О.І., Сировицький К.Г., Агапов М.О. ....	142
ВІДНОВЛЕННЯ ГЕРМЕТИЧНОЇ ЩІЛЬНОСТІ ПРЕЦИЗІЙНИХ ДЕТАЛЕЙ ДИЗЕЛЬНИХ ФОРСУНОК Тридуб А.Г., Поляков А.М.....	148
СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ СИСТЕМ КАРАВАННОГО ДВИЖЕНИЯ (PLATOONING SYSTEMS) В АГРАРНОМ СЕКТОРЕ Горяинов А.Н.....	152
ВДОСКОНАЛЕННЯ ТРАКТОРІВ ВИКОРИСТАННЯМ ІНТЕЛЕКТУАЛЬНИХ АВТОМАТИЗОВАНИХ СИСТЕМ УПРАВЛІННЯ Артьомов М.П., Подригало М.А., Макаренко М.Г. ....	160
ОБҐРУНТУВАННЯ МОДЕЛІ ОРГАНІЗАЦІЙНО-ЕКОНОМІЧНОГО МЕХАНІЗМУ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ В ТВАРИННИЦТВІ Болтянська Н.І., Болтянський О.В.....	166
ОБҐРУНТУВАННЯ ШЛЯХІВ ВДОСКОНАЛЕННЯ ПРОЦЕСУ ГРАНУЛЮВАННЯ У ПРЕС-ГРАНУЛЯТОРАХ З КІЛЬЦЕВОЮ МАТРИЦЕЮ Болтянська Н.І., Комар А.С. ....	176
ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ТА ЕКОЛОГІЧНОСТІ РОБОТИ ОБПРИСКУВАЧА Гусаренко М.П.....	187
ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ AGXTEND ВІД CASE IH Антощенко Р.В., Антощенко В.М., Кісь В.М., Галич І.В. ....	192
РОЗУМНА СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКА ТЕХНІКА Антощенко Р.В., Антощенко В.М., Фабричнікова І.А.....	198
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНІ ІНФОРМАЦІЙНІ СИСТЕМИ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ Антощенко Р.В., Галич І.В., Мікла І.А., Козлов О.С., Сизько А.А. ....	205
АНАЛІЗ МЕХАТРОННИХ СИСТЕМ ВІДДАЛЕНОГО КОНТРОЛЮ БДЖОЛИНОЇ СІМ'Ї Антощенко Р.В., Кісь В.М., Галич І.В., Никифоров А.О., Мікла І.А.....	213
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ АКТИВНОГО ДИСКОВОГО ДОЗАТОРА СИПУЧИХ МІНЕРАЛЬНИХ ДОБРІВ Мельник В.І., Калюжний О.Д., Рідний Р.В., Колодяжний І.О.....	218

ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ ХОНІНГУВАННЯ БЛОКІВ ЦИЛІНДРІВ АВТОТРАКТОРНИХ ДВИГУНІВ АЛМАЗНИМИ БРУСКАМИ Лапенко Г.О., Лапенко Т.Г., Кузьменко О.І.....	223
РАСЧЕТ ЭКОНОМИЧЕСКОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ВНЕДРЕНИЯ ИНСТРУМЕНТОВ ИЗ ПСТМ В РЕМОНТНЫХ ПРЕДПРИЯТИЯХ АПК Коломиец В.В., Антощенко Р.В., Ридный Р.В., Рыбалко И.Н., Гончаренко А.А.....	229
КОМП'ЮТЕРИЗАЦІЯ ТА ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ У СІЛЬСЬКОМУ ГОСПОДАРСТВІ Кісь О.В., Антощенко Р.В. ....	234
ЕКОЛОГІЧНА ОЦІНКА ЗРАЗКІВ РОДУ <i>TRITICUM L.</i> ДО ОСНОВНИХ ЗБУДНИКІВ ХВОРОБ У СХІДНОМУ ЛІСОСТЕПУ УКРАЇНИ Чуприна Ю.Ю.....	242
РЕГУЛЯТОРИ РОСТУ РОСЛИН ЯК СКЛАДОВА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРИ ВИРОЩУВАННІ СОНЯШНИКУ В УМОВАХ НЕДОСТАТНЬОГО ЗВОЛОЖЕННЯ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ Домарацький О.О., Ревтьо О.Я.....	252
ВИКОРИСТАННЯ ПРИНЦИПІВ ПЕРМАКУЛЬТУРИ НА ПРИКЛАДІ ПП «АГРОЕКОЛОГІЯ» Гармаш О.І.....	258
ПРОГРАМА ТА МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НА ЛАБОРАТОРНІЙ БІОГАЗОВІЙ УСТАНОВЦІ Скляр О.Г., Скляр Р.В., Григоренко С.М. ....	267
ТЕХНОЛОГІЧНІ АСПЕКТИ ВИРОБНИЦТВА БІОГАЗУ З ОРГАНІЧНОЇ СИРОВИНИ Панцирева Г.В. ....	276
ВПЛИВ РОБОТИ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ОБЛАДНАННЯ НА ЯКІСТЬ ШКАРАЛУПИ ХАРЧОВИХ ЯЄЦЬ КУРЕЙ ПРИ ІСНУЮЧОЇ ПРАКТИКИ ЇХ ЗБОРУ І СОРТУВАННЯ Тимофєєв В.М., Горбаньов А.П.....	291
ВПЛИВ ЩІЛЬНОСТІ ПОСАДКИ КУРЧАТ БРОЙЛЕРІВ НА ЕФЕКТИВНІСТЬ ВІДГОДІВЛІ Тимофєєв В.М., Горбаньов А.П.....	296
ОБҐРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ МАШИНИ ДЛЯ ФОРМУВАННЯ ШТУЧНОЇ ОБОЛОНКИ НА НАСІННІ ОВОЧЕВИХ КУЛЬТУР Прасолов Є.Я., Біловол С.А., Литовченко А.С. ....	300
ФОРМУВАННЯ ПРОДУКТИВНОСТІ ЯЧМЕНЮ ЯРОГО В УМОВАХ ОРГАНІЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА Пшиченко О.І. ....	314

ВИКОРИСТАННЯ ДЖЕРЕЛ ШТУЧНОГО СВІТЛА ДЛЯ БЕЗПЕЧНОГО ВИРОЩУВАННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КУЛЬТУР В УМОВАХ ЗАКРИТОГО ҐРУНТУ Велит І.А. ....	320
ПОСЛЕДОВАТЕЛЬНЫЙ КОНТРОЛЬ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ ПРОДУКЦИИ Пузик В.К., Пузик Л.М., Любимова Н.А. ....	332
РОЛЬ ҐРУНТОВОЇ РОДЮЧОСТІ І ОСНОВНИХ ЗАКОНІВ ЗЕМЛЕРОБСТВА У ЗЕРНОВИРОБНИЦТВІ ЗОНИ ПІВДЕННОГО СТЕПУ УКРАЇНИ Гамаюнова В.В., Хоненко Л.Г., Глушко Т.В., Музика Н.М. ....	346
ЭНЕРГОЕМКОСТЬ И МЕТАЛЛОЕМКОСТЬ ПРОЦЕССА ОЧИСТКИ ЗАПЫЛЁННОГО ВОЗДУШНОГО ПОТОКА МОДЕРНИЗИРОВАННЫМ СЕПАРАТОРОМ СВС-25М Харченко С.А., Гаек Е.А. ....	353
АНАЛИЗ КОНСТРУКЦИЙ РАСПЫЛИТЕЛЕЙ Мельник В.И., Сыровицкий К.Г., Фатеева Н.Ю. ....	361
ОПТИМІЗАЦІЯ КІЛЬКІСНОГО СКЛАДУ ЗБИРАЛЬНО-ТРАНСПОРТНОГО КОМПЛЕКСУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИН ЗАСОБАМИ EXCEL Флегантов Л.О., Овсієнко Ю.І. ....	368
ОЦЕНКА ВОЗМОЖНОСТИ МАГНИТНОГО КОНТРОЛЯ КАЧЕСТВА ДЕТАЛЕЙ ИЗ УГЛЕРОДИСТОЙ СТАЛИ Власовец В.М., Кобеняк О.В., Убайтаєва М.С-У. ....	382
ДОСЛІДЖЕННЯ РЕЖИМНИХ ПАРАМЕТРІВ ОБЧІСУЮЧОГО БАРАБАНУ ЖНИВАРКИ Козаченко О.В., Дьяконов С.О., Пахучий А.М., Гончаров В.В. ....	389
ГІБРИДИЗАЦІЯ ЗЕРНОВИХ ЗАЛЕЖНО ВІД ГІДРОТЕРМІЧНИХ УМОВ Панкова О.В. ....	397

**ВІСНИК**  
**ХАРКІВСЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО ТЕХНІЧНОГО УНІВЕРСИТЕТУ**  
**СІЛЬСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА ІМЕНІ ПЕТРА ВАСИЛЕНКА**

Випуск 199

«Механізація сільськогосподарського виробництва»

Відповідальний за випуск: Власовець В.М.

Редактори: Артёмов М.П., Лебедев А.Т., Антощенко Р.В.,  
Пузік В.К., Кірієнко М.М., Пастухов В.І.

Комп'ютерна верстка: Сировицький К.Г.

Підписано до друку 25.04.2019. Здано до набору 25.04.2019.  
Формат 60×84 1/16. Папір офсетний. Гарнітура Times New Roman.  
Офсетний друк. Умов. друк. арк. 21  
Тираж 300 примірників