

Всеукраїнський науково-технічний журнал

Ukrainian Scientific & Technical Journal

ISSN 2306-8744

DOI: 10.37128/2306-8744-2023-4

# Вібрації в техніці та технологіях



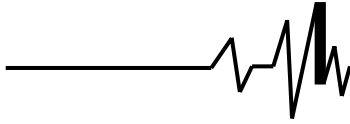
**Всеукраїнський науково-технічний журнал**

**Ukrainian Scientific & Technical Journal**

# **Вібрації в техніці та технологіях**

**№ 4 (111)**

**Вінниця 2023**

**ВІБРАЦІЇ В  
ТЕХНІЦІ ТА  
ТЕХНОЛОГІЯХ**

Журнал науково-виробничого та навчального  
спрямування Видавець: Вінницький національний  
аграрний університет

Заснований у 1994 році під назвою “Вібрації в техніці та  
технологіях”

Свідоцтво про державну реєстрацію засобів масової  
інформації

КВ № 16643-5115 ПР від 30.04.2010 р.

*Всеукраїнський науково-технічний журнал “Вібрації в техніці та технологіях” / Редколегія: Калетнік Г.М. (головний редактор) та інші. – Вінниця, 2023. – 4 (111) – 99 с.*

*Друкується за рішенням Вченої ради Вінницького національного аграрного університету (протокол № 7 від 02.12.2023 р.)*

*Періодичне видання включено до Переліку наукових фахових видань України з технічних наук (Категорія «Б» Наказ Міністерства освіти і науки України від 02.07.2020 р. № 886)*

**Головний редактор**

**Калетнік Г.М.** – д.е.н., професор,  
академік НААН України, Вінницький  
національний аграрний університет

**Заступник головного редактора**

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

**Відповідальний секретар**

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

**Члени редакційної колегії**

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

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

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

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

**Полєвода Ю.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Твердохліб І.В.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Токарчук О.А.** – к.т.н., доцент, Вінницький  
національний аграрний університет

**Цуркан О.В.** – д.т.н. професор, Вінницький  
національний аграрний університет

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

**Зарубіжні члени редакційної колегії**

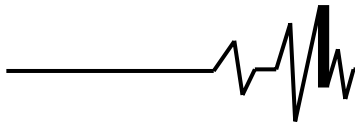
**Максімов Джордан Тодоров** – д.т.н., проф., Технічний Університет Габрово (Болгарія)

Технічний редактор **Зампій М.А.**

Адреса редакції: 21008, Вінниця, вул. Сонячна 3, Вінницький національний аграрний  
університет, тел. 46 – 00– 03

Сайт журналу: <http://vibrojournal.vsau.org/>

Електронна адреса: [vibration.vin@ukr.net](mailto:vibration.vin@ukr.net)

**З М І С Т****1. ТЕОРІЯ ПРОЦЕСІВ ТА МАШИН***Федоскіна О.В., Єрісов М.М., Федоскін В.О., Корніленко К.І.***ДО РОЗРАХУНКУ ПАРАМЕТРІВ ПОЛОТНА ВІБРОТРАНСПОРТЕРА СУШИЛЬНОЇ  
УСТАНОВКИ.....5***Борисюк Д.В., Твердохліб І.В., Купчук І.М., Ковальчук О.О.***МАТЕМАТИЧНА МОДЕЛЬ ВІБРОАКУСТИЧНОГО СИГНАЛУ ОТРИМАНОГО ПРИ  
ВІБРОАКУСТИЧНОМУ ДІАГНОСТУВАННІ МАШИН.....11***Обертюх Р.Р., Слабкий А.В., Бакалець Д.В.***ГІДРОІМПУЛЬСНИЙ ВІБРАТОР – ГІДРОЦИЛІНДР НА БАЗІ КІЛЬЦЕВИХ ПРУЖИН З  
ВБУДОВАНИМ ПАРАМЕТРИЧНИМ ГЕНЕРАТОРОМ ІМПУЛЬСІВ ТИСКУ.....16***Борисюк Д.В., Твердохліб І.В., Гудок В.С., Коробко Д.О.***ПОХИБКИ ЦИФРОВОЇ ОБРОБКИ СИГНАЛІВ ПРИ ВІБРОАКУСТИЧНОМУ  
ДІАГНОСТУВАННІ.....24***Бурлака С.А., Анісімов В.Ф., Ковтун О.Л., Черній В.І.***ВПЛИВ ВІБРАЦІЙ НА МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ЗВАРЮВАЛЬНИХ З'ЄДНАНЬ ТА  
ГАЗОДИНАМІЧНИХ ПОКРИТТІВ .....31****2. МАШИНОБУДУВАННЯ ТА МАТЕРІАЛООБРОБКА***Кириченко Р.В., Бурлака С.А.***ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІВАЛОК ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА..37***Грабко В.В., Проценко Д.П., Бартецький А.А., Чмих К.В.***СИСТЕМА ДІАГНОСТУВАННЯ ГАЛЬМІВНИХ КІЛ ПЕРЕТВОРЮВАЧІВ ЧАСТОТНО-  
КЕРОВАНИХ АСИНХРОННИХ ЕЛЕКТРОПРИВОДІВ ІЗ ЗАСТОСУВАННЯМ FRGA.....47***Ярошенко Л.В., Колісник М.А., Штуць А.А., Присяжнюк Ю.С.***ОЦІНКА ДЕФОРМАЦІЙНОЇ СТІЙКОСТІ МАТЕРІАЛУ ЗАГОТОВОК ПІД ЧАС ПРЯМОГО  
ВИТИСКУВАННЯ ЗА ДОПОМОГОЮ МЕТОДУ ШТАМПУВАННЯ ОБКОЧУВАННЯМ.....54***Паладійчук Ю.Б., Стецюк П.М.***ОПТИМІЗАЦІЯ ТРИВАЛОСТІ ПРАЦЕЗДАТНОСТІ ЗАКОЧУВАЛЬНОГО РОЛИКА.....68***Рябошапка В.Б., Жарський М.М., Жарський Р.М.***ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕКСПЛУАТАЦІЇ ПРИЧІПНИХ ҐРУНТООБРОБНИХ  
МАШИНИНИХ АГРЕГАТІВ .....75***Рябошапка В.Б., Музичук В.І., Івацко В.П.***ПІДВИЩЕННЯ ДОВГОВІЧНОСТІ ПЛУНЖЕРНИХ ПАР ПАЛИВНОГО НАСОСУ ВИСОКОГО  
ТИСКУ ДИЗЕЛІВ ЗА РАХУНОК ВИКОРИСТАННЯ БІОПАЛИВА .....81***Швець Л.В., Яківчук С.В.***ОЦІНКА МАКСИМАЛЬНОЇ ТЕМПЕРАТУРИ, ДОСЯГНУТОЇ ПІД ЧАС ТВЕРДІННЯ БЕТОНУ 88****3. ПЕРЕРОБНІ ТА ХАРЧОВІ ВИРОБНИЦТВА***Aliiev E., Kobets O., Kalyna V.***JUSTIFICATION OF THE CONSTRUCTIVE-TECHNOLOGICAL DESIGN OF THE FEED  
PELLETIZER.....94**

**Кириченко Р.В.**

к.т.н., доцент

**Державний  
біотехнологічний  
університет****Бурлака С.А.**д.ф. з галузевого  
машинобудування, старший  
викладач**Вінницький національний  
аграрний університет****Kyrychenko R.**Candidate of Technical Sciences,  
Associate Professor**State Biotechnological  
University****Burlaka S.**Doctor of Philosophy in Industrial  
Mechanical Engineering, Senior  
Lecturer**Vinnitsia National Agrarian  
University****УДК 631.41:631.452.4:621.928.3****DOI: 10.37128/2306-8744-2023-4-6****ШЛЯХИ УДОСКОНАЛЕННЯ  
РОБОЧИХ ОРГАНІВ СІВАЛОК  
ДЛЯ ТОЧНОГО ЗЕМЛЕРОБСТВА**

Стаття присвячена дослідженню ключової ролі, яку відіграють сівалки у сучасних практиках точного землеробства. Розглядаються сучасні конструктивно-технологічні рішення, які використовуються у сівалках, такі як автоматизація, вбудовані сенсори та штучний інтелект, та їхній вплив на підвищення продуктивності й оптимізацію вирощування культур. Автори звертають увагу на екологічні аспекти, включаючи точкову сівбу та використання відновлюваних джерел енергії у сівалках, які сприяють збереженню ресурсів. Крім того, обговорюється перспектива впровадження штучного інтелекту та автономних систем у сівалках для поліпшення ефективності та раціоналізації процесів вирощування культур. Відмічено ключові аспекти та переваги використання сівалок у практиці точного землеробства. Окремий акцент відмічається на технологічних інноваціях, серед яких автоматизація, вбудовані сенсори та застосування штучного інтелекту. Розглядається потенціал підвищення продуктивності та оптимізації агрономічних процесів для досягнення вищого рівня врожайності за ефективного використання ресурсів.

У статті приділено особливу увагу екологічним аспектам, які можуть бути досягнуті за допомогою точкової сівби. Відмічено переваги цих підходів, такі як поліпшення якості ґрунту, що забезпечує стійке та сталє вирощування сільськогосподарських культур.

Подальший розвиток теми включає обговорення перспектив використання штучного інтелекту та автономних систем у сівалках, що може призвести до подальшого підвищення ефективності та зменшення витрат. Автори статті підкреслюють ключові аспекти використання сівалок як інструмента для збереження біорізноманіття, забезпечуючи при цьому сталє та точне землеробство для майбутніх поколінь.

**Ключові слова:** висівний апарат, насіння, параметри, сівалка, точність висіву, сівба, селекція, сошник, технологічний процес, точне землеробство.

**Постановка проблеми.** Землеробство, як невід'ємна складова галузь нашого життя, стоїть перед викликами сучасності, серед яких термінова необхідність адаптації до зміни клімату, оптимізації використання ресурсів та забезпечення сталого вирощування продуктів харчування. В контексті цих проблем, ключовим аспектом, який вимагає невідкладного вирішення, є роль сівалок у сучасному землеробстві та їхній вплив на сталість агропромислового виробництва [1].

З одного боку, інтенсивний розвиток технологій у сільському господарстві дозволяє

вдосконалити сівалки та використовувати їх як ефективний інструмент для підвищення виробничої потужності та врожайності. Однак з іншого боку, зростаюча завдання щодо збереження біорізноманіття, екологічної стійкості та раціонального використання ресурсів вимагають вдумливого підходу до використання цих технологій.

Задача полягає у збалансованому розвитку та вдосконаленні сівалок таким чином, щоб вони відповідали вимогам ефективності вирощування, але при цьому не порушували екосистему та природні процеси в



агрокультурному середовищі. Саме цей парадокс визначає актуальність проблеми, яку ми ставимо перед собою у цій статті. Необхідно ретельно дослідити, яким чином технології у сівалках можуть бути оптимізовані для забезпечення точного землеробства, яке буде не лише продуктивним, але й екологічно безпечним та економічно стійким у довгостроковій перспективі.

**Аналіз останніх публікацій і досліджень.** Останні публікації та дослідження в галузі ролі сівалок у точному землеробстві відзначаються широким спектром тем і новаторським підходом до розв'язання актуальних завдань. Один з ключових напрямків досліджень – це вивчення впливу сучасних технологій на підвищення продуктивності та стійкості сільськогосподарського виробництва [2].

Зокрема, недавні публікації звертають увагу на інтеграцію штучного інтелекту в сівалки та його роль у виборі оптимальних параметрів засіву для різних культур. Дослідження вказують на те, що використання алгоритмів машинного навчання та аналітики даних може сприяти автоматизації прийняття рішень та максимізації врожайності.

Крім того, активно обговорюється використання точкового засівання та його переваги у зменшенні витрат сільськогосподарських ресурсів, таких як насіння, вода та добрива [3]. Дослідження вказують на те, що точкове засівання дозволяє оптимізувати розподіл рослин та покращує якість вирощування культур.

Наріжною темою також стає використання відновлюваних джерел енергії в сівалках, що сприяє зменшенню екологічного відбитку сільськогосподарської техніки. Дослідження вказують на те, що сонячні панелі та інші джерела альтернативної енергії можуть значно знизити залежність від традиційних палив та викликати позитивний вплив на екологію.

Узагальнюючи, останні публікації і дослідження свідчать про важливість поєднання технологічних інновацій із засадами точного

землеробства для досягнення економічно стійкого та екологічно безпечного розвитку.

**Мета досліджень.** Основною метою цього дослідження є глибокий аналіз та систематизація сучасних тенденцій використання сівалок у контексті точного землеробства. Здійснюючи детальний огляд останніх досягнень у сфері технологічного вдосконалення сівалок, ми прагнемо визначити їхній вплив на продуктивність, використання ресурсів та екологічну стійкість сільськогосподарського виробництва.

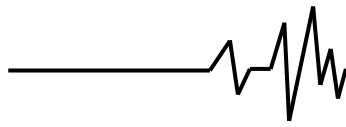
**Викладення основного матеріалу.** Сучасний розвиток технологій в сільському господарстві розкриває безмежні можливості для удосконалення та стабілізації землеробських практик. Одним із ключових елементів цього технологічного ренесансу є еволюція сівалок та їхній важливий внесок у точне землеробство. У світлі глобальних викликів, таких як зміна клімату та швидкі зміни в рівні використання ресурсів, розуміння ролі сівалок стає критичним аспектом для досягнення стійкого розвитку сільськогосподарських систем.

Застосування новітніх технологій в сівалках відкриває широкі можливості для оптимізації вирощування культур та підвищення ефективності використання ресурсів [4]. Автоматизація процесів, вбудовані сенсори та використання штучного інтелекту роблять сівалки не просто механічними пристроями, але і справжніми інтелектуальними системами, здатними адаптуватися до різноманітних умов і забезпечувати оптимальні умови для кожної культури.

Виробництво сівалок розпочалося ще у 60-ті роки, з першою серією базових причіпних сівалок СУ-24 та їхніми варіаціями. Пізніше з'явилися вузькорядні сівалки, такі як СУБ-48, а також зернотукова універсальна модель СЗ-3,6. На сучасному етапі однією з найпопулярніших є сівалка СПУ-6, СПУ-3, СПУ-4 та їх модифікації. Вони відрізняються простотою у обслуговуванні, можливістю швидкого переналадження та можуть бути ефективно використані під час сівби.



Рис. 1. Сівалка пневматична універсальна «СПУ-6».



Технічна характеристика СПУ-6 наведена у таблиці 1.

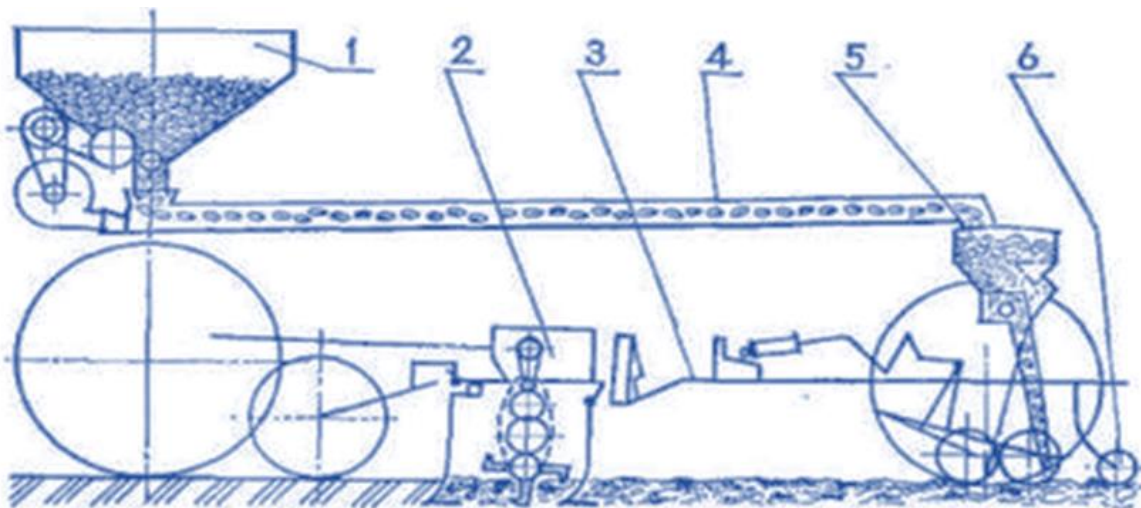
Таблиця 1. Технічні характеристики СПУ

Показник	Марка сівалки		
	СПУ-6	СПУ-6Д	СПУ-6Л
1	2	3	4
Робоча ширина захвату, м	6,0	6,0	6,0
Конструкція сошника	анкер	диск	лляний
Робоча швидкість, км/год	9-12	5-12	9-12
Місткість бункерів, л	1000	1000	1000
Число рядків	48	48	96
Ширина міжрядь (стандартна),	125	125	62
Глибина загортання насіння, мм	20-50	20-70	20-50
Вага без завантаження, кг	1230	1470	1300
Продуктивність, га/година	5,4-7,1	5,4-7,1	5,4-7,1
Габаритні розміри, в транспортному положенні			
Довжина, мм	2380	2380	2380
Ширина, мм	7000	7000	7000
Висота, мм	2150	2150	2150

Однак на сучасному етапі більш популярними стають сучасні сівалки, відомі як комбіновані агрегати, які здатні виконувати кілька ключових операцій одночасно: від обробки ґрунту та посіву до внесення добрив, гербіцидів та коткування засіяних рядків. За допомогою таких комбінованих агрегатів досягається найефективніша економія пального, часу та виражена зручність у роботі. Велика робота щодо створення таких агрегатів проводиться і в Україні.

Вже з 1955 року під керівництвом доктора технічних наук А.Д. Даліна був розроблений агрегат АЗУ-2. Він послужив основою для подальших модифікацій, зокрема агрегатів АПЛ-1,5 і АПЛ-2, спрямованих на комплексне поліпшення обробітку лук та пасовищ [5].

У роботі машина виконувала фрезерування, внесення мінеральних добрив, вирівнювання та коткування ґрунту, а також виконувала сівбу та ущільнення посівів за один прохід. Пізніше спільно з експертами з Болгарії, Угорщини та НДР, вчені та конструктори розробили комбінований агрегат АК-3-3,6, призначений для передпосівного обробітку ґрунту, посіву зернових культур, внесення мінеральних добрив та рядкового прикочування після посіву.



1 – бункер; 2 – фрезерний культиватор-глибокорозпушувач; 3 – перехідна рамка; 4 – пневмотранспортуюча система; 5 – зернова сівалка; 6 – коточки, що прикочують .

**Рис. 2. Комбінований агрегат АК-3-3,6**

Цікавий італійський культиватор Т-300 від компанії «Кантоне» спроектований для вирощування зернових та просапних культур. Цей агрегат здатен виконувати низку операцій за один прохід, таких як основна та

передпосівна обробіток ґрунту, подрібнення та вкладання рослинних залишків, вирівнювання поверхні поля, рядовий висів насіння, внесення мінеральних добрив, рідких гербіцидів та інсектицидів, а також коткування



ґрунту перед посівом та після нього. Вагомим елементом конструкції є використання пневматичних висівних апаратів.

Фірма «Ротвейтер» з Великої Британії розробила комбіновану машину «Ротакастер Е-90», яка виконує обробку ґрунту, посів зернових культур та коткування посівів. Також відомі інші комбіновані агрегати [5].

На території України широке поширення отримали комбіновані ґрунтообробні-посівні агрегати різних виробників (див. рис. 5-8), які, в один прохід, здатні провести передпосівний обробку ґрунту, внести мінеральні добрива та здійснити посів культури [6].



Рис. 3. Комбінований ґрунтообробний-посівний агрегат EcoSeed фірми Rabe для посіву по мульчі.



Рис. 4. Агрегат фірми «LEMKEN» із вертикально-роторної борони Zirkon 7/300 S та сівалки Saphir 7/300



Рис. 5 Агрегат Cirrus 3001 фірми «Amazone»

Для одночасного виконання операцій передпосівної підготовки ґрунту та посіву виробляються комбіновані агрегати АПП-6А («Zirkon + Solitair» від LemKen), агрегати («Zirkon + Saphir» від LemKen), АКПМ-6 (MSC – від Kverneland). Також використовуються агрегати від таких виробників, як Rabe, LemKen, Amazone, KocKerling, Gaspardo, Vederstad, Eck – Sigma та інші (див. рисунок 9) [6].

Ці агрегати, переміщаючись по полю,

забезпечують ефективну підготовку ґрунту та посів. При цьому насіння розміщується на ущільненому ґрунтовому ложі, і ґрунт не піддається висушуванню. Це призводить до підвищення однорідності насіння на полі, швидкого з'явлення сходів та доброго розвитку молодих рослин. У якості обробних органів використовуються фрези, вертикально-роторні борони, а також, все частіше, диски.





Рис. 6 Комбінований ґрунтообробний-посівний агрегат RABE MEGA SEED

Питомі витрати потужності для роботи ґрунтообробно-посівних агрегатів знаходяться в діапазоні від 19,7 до 34,3 кВт/м, з середнім значенням 24,6 кВт/м і коефіцієнтом варіації 11,9%.

Багаторічні дослідження в різних країнах свідчать, що сучасні системи скороченого обробітку ґрунту, порівняно з традиційними на основі відвального плуга, мають численні переваги, зокрема, менше витрати енергії та інших ресурсів. Витрати на використання сівалки UNIDRILL G300 складають 43,7 USD/га (витрата пального – 3,25 л/га). У традиційній технології (з обробітком ґрунту полицевим плугом, культивацією, обробітком АКШ та сівбою СПУ-6) витрати досягають 75,9 USD/га, а витрата пального становить 48,21 л/га. Ми зупинимося на модернізації комбінованого агрегату АППМ-6Т, зображеного на рис. 7.



Рис.7. Комбінований агрегат АППМ-6Т

Призначений для обробітку ґрунту після оранки з одночасним висівом або для мульчованої сівби зернових, зернобобових, хрестоцвітних культур та льону, цей агрегат виготовлений у варіанті для причіпного використання. Використання причіпного варіанта

сприяє зменшенню навантаження на трактор та, на відміну від напівнавісного, забезпечує більш точний обробіток по глибині завдяки наявності передніх і задніх опорних коліс.

Підготовка та формування насіннєвого ложа для висіву на визначену глибину проводиться комбіновано: за допомогою ряду задніх опорних коліс, розташованих перед сошниками, та прикочувальних гумових котків, розташованих за сошниками і встановлених за ними по канавці. Це забезпечує вирівнювання насіння всередині канавки на сформовану глибину після ущільнення, що поліпшує контакт із ґрунтом [7].

Котки, які прикочують, не покривають усю поверхню ґрунту, залишаючи між собою розслаблений ґрунт, в який вбирається волога. Бункер має об'єм 3000 л, що дозволяє проводити тривалу сівбу без необхідності дозавантаження насіння. Використання додаткової насадки може збільшити об'єм бункера до 3900 л.

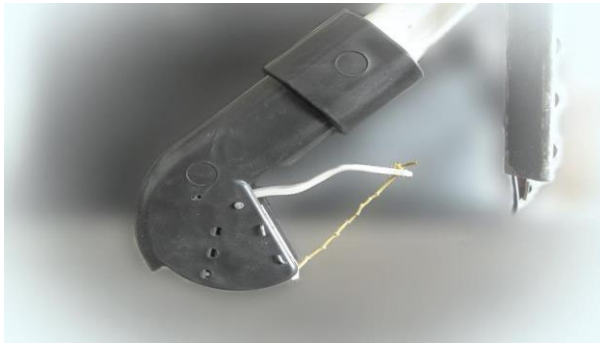


Рис. 8. Агрегат ґрунтообробно-посівний багатofункціональний АППМ-6 з дисковими робочими органами

На рис. 9 представлений модернізований мундштук розподільного



пристрою насіння посівного ґрунтообробного агрегату АППМ-6Т.



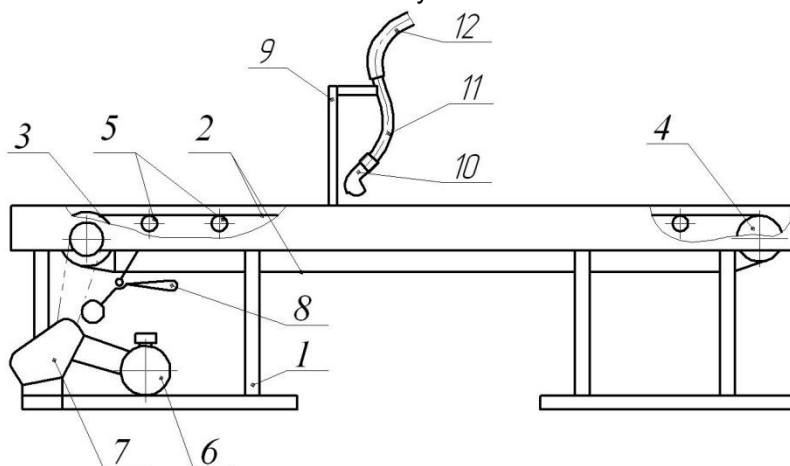
**Рис. 9. Модернізований мундштук розподільчого пристрою насіння посівного ґрунтообробного агрегату АППМ-6Т.**

Якість посіву визначається відповідністю основних показників роботи посівних машин встановленим агротехнічним вимогам, яку можна забезпечити правильним технологічним налаштуванням та регулюванням їхньої роботи. Важливим є комплектність, справність та правильне розміщення робочих органів кожної машини. Регулювання та технологічне налаштування

потрібно проводити спочатку на спеціальних рівних майданчиках машинного двору, а потім остаточно – при перших проходах агрегатів та сівалок у полі.

Для проведення експериментальних досліджень з метою визначення закономірностей розподілу насіння вздовж рядка використовувалася лабораторна установка, схема якої представлена на рис. 10.

Установка складається з двох основних компонентів: стрічкового транспортера та сівалки СПУ-3. Робочі органи змонтовані на рамі установки 1. Транспортер включає нескінченну прогумовану стрічку 2, провідні шків 3 і ведені шків 4, а також підтримуючі ролики 5. Привід стрічки здійснюється за допомогою електродвигуна 6 через клинопасові передачі та багатоступінчастий редуктор 7. Мундштук сошника 10 закріплений на кронштейні 9 установки, а стрічка регулюється поворотом важеля 8 для натягування привідного пасу. Насіння подається до мундштука через насіннепровід 12 від розподільника сівалки.



1 – рама; 2 – стрічка; 3 – шків ведучий; 4 – шків ведений; 5 – ролики, що підтримують; 6 – електродвигун; 7 – багатоступінчастий редуктор; 8 – важіль; 9 – кронштейн; 10 – мундштук; 11 – патрубок; 12 – насіннепровід

**Рис. 10. Схема експериментальної установки**

Перед початком експерименту на стрічку транспортера наносилося консистентне мастило для фіксації висівного матеріалу на поверхні стрічки в місці випадання з мундштука та для запобігання його скочування зі стрічки. Швидкість руху стрічки транспортера та норму висіву посівного матеріалу встановлювали з урахуванням руху сівалки по полю зі швидкістю 10 км/год. Вібрації не надавали установці. Експериментальні дослідження виконували з висівом насіння пшениці, при цьому усі етапи досліджень повторювали

тричі.

Висів на стрічку виконувався пневматичною сівалкою СПУ-3, висівна система якої аналогічна тій, що використовується у більшості зернових сівалок та ґрунтообробних посівних агрегатах вітчизняного та закордонного виробництва.

Експеримент розпочинали з налаштування необхідної норми висіву, запускали установку, що імітує систему висіву централізованого дозування, та виконували висів впродовж 10 секунд для забезпечення встановленого режиму роботи. Після цього



включали привід транспортера і виконували висів на липку стрічку. На завершення висіву на ділянці припиняли подачу матеріалу на 3,0 м. Потім вимірювали відстань між насінням за допомогою лінійки з точністю 1 мм. Заміри

виконувалися з наростаючим результатом. Результати вимірювань для стандартного і модернізованого мундштука наведено в таблиці 2.

Таблиця 2. Результати вимірювань розподілу насіння на експериментальній установці

Параметри	Стандартний мундштук				Після модернізації			
	1 дослід	2 дослід	3 дослід	сер. знач.	1 дослід	2 дослід	3 дослід	сер. знач.
Число вимірювань	157	134	153	148	126	129	130	128,3
Середня відстань між насінням, мм	18,9	22,1	19,4	20,1	23,5	23,2	22,9	23,2
Середнє квадратичне відхилення, мм	19,3	23,6	22,4	21,8	23,0	21,9	21,1	22,0
Коефіцієнт варіації, %	102,1	107,1	115,2	108,1	97,5	94,5	92,0	94,7

Аналізуючи таблицю 2, можна зауважити, що є суттєві зміни при порівнянні середнього квадратичного відхилення по рівномірному розподілу насіння стандартного мундштука та після його модернізації. Воно менше в 1,85 разів після модернізації. Також варто відзначити зменшення коефіцієнта

варіації насіння після модернізації в 3,8 рази, що може сприяти кращій схожості насіння, а в майбутньому кращому врожаю.

Порівнюємо наші вимірювання насіння за кількістю відстаней до 10, до 60 і від 60 і більше мм, і дані зведемо до таблиці 3.

Таблиця 3. Кількість насіння на відстані

	Стандартний мундштук				Після модернізації			
				середня				середня
10	70	54	69	64,3	36	49	43	42,6
60	80	72	77	76,3	81	71	77	76,3
60 і більше	7	8	7	7,3	9	9	9	9
всього	157	134	153	148	126	129	130	128,3

За результатами отриманих даних видно, що найбільша кількість насіння припадає на відстань до 60 мм і при підрахунках при стандартному мундштуку, і при модернізованому, що є кращою відстанню і більш раціональною при сівбі.

Розрахуємо тепер відсоткове співвідношення кількості насіння кожної відстані до загальної кількості насіння та результати занесемо до таблиці 4.

Таблиця 4. Співвідношення кожної групи кількості до загальної кількості насіння

	Стандартний мундштук, %				Після модернізації, %			
				середня				середня
10	44,6	40,3	45,1	43,3	28,6	38,0	33,1	33,2
60	51,0	53,7	50,3	51,6	64,3	55	59,2	59,5
60 і більше	4,5	6,0	4,6	15,1	7,1	7,0	7,7	7,3
Усього, %	100	100	100	100	100	100	100	100



З таблиці 4 видно, що домінуюче місце займає насіння за відстанню, яке до 60 мм, що вкотре доводить про доцільність і раціональність вибору сівби саме цього насіння. Так як до 10 мм, мала відстань, після 60 – вже багато, а найкраще буде до 60 мм, але більше 10 мм.

Розрахуємо витрату повітря, яке залежить від швидкості повітряного потоку  $C$  (м/с) та площі поперечного перерізу повітропроводу  $F$  (м.кв.):

$$V = C \cdot F; \quad (1)$$

де  $C = 10-12$  (м/с) – швидкість повітряного потоку;

Площею поперечного перерізу мундштука є еліпс, отже, за формулою визначення площі еліпса можна знайти площу перерізу [8]:

$$F = \pi \cdot a \cdot b; \quad (2)$$

де  $\pi$  - постійне число, що дорівнює 3,14;

$a$  - велика піввісь еліпса, що дорівнює 0,05 м;  
 $b$  - менша піввісь еліпса, що дорівнює 0,032 м.

Отже, отримуємо:

$$F = 3,14 \cdot 0,05 \cdot 0,032 = 0,0050 \text{ м}^2.$$

Тоді маємо:

$$V = 12 \cdot 0,0050 = 0,06 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Можна стверджувати, що за швидкості повітряного потоку 12 м/с витрата повітря становить 0,06 м<sup>3</sup>/с.

Тепер можемо визначити головний вектор додаткових сил динамічних тисків повітря на стінки труби.

Струмін повітря протікає по вигнутій трубці мундштука, прямолінійну ділянку якої утворюють кут 120° зі швидкістю 12 м/с. Вісь труби, зображена на рисунку 11, а, розташована в горизонтальній площині. Перетин труб-еліпс, діаметр більшої півосі дорівнює 50 мм, а меншій півосі дорівнює 32 мм.

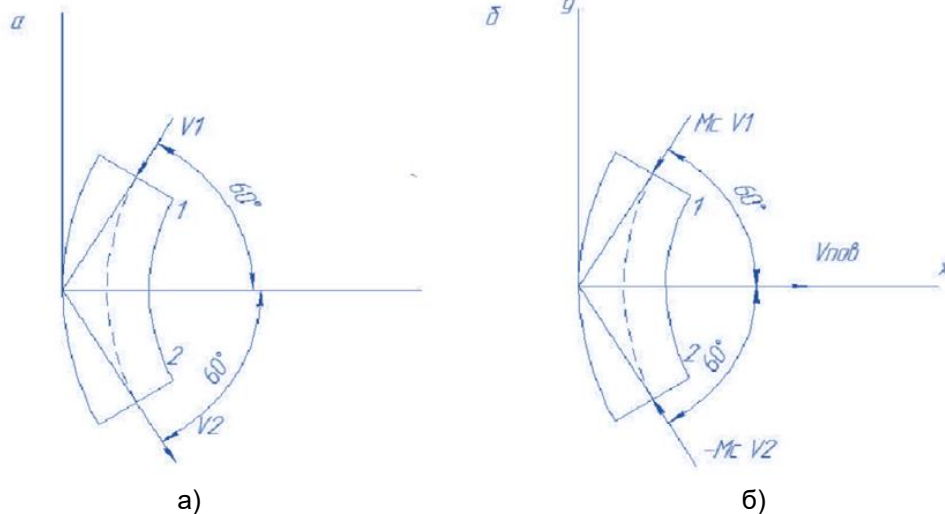


Рис. 11 Розрахункова схема

Поверхневими є реакції стінок мундштукової труби, прикладені до частинок повітря. Визначивши головний вектор реакцій стінок труби, знайдемо головний вектор додаткових динамічних тисків повітря на стінки труби мундштука за законом рівності дії і протидії.

Зображуємо вектори секундних кількостей руху повітря, що протікає через перерізи труби 1 і 2 (див. рис. 11, б). Секундна маса повітря, тобто маса повітря, що протікає через переріз труби мундштука за 1 секунду:

$$M_c = \gamma \cdot \sigma \cdot u, \quad (3)$$

де  $\gamma$  – щільність води,

$\sigma$  – площа поперечного перерізу труби мундштука,

$u$  – модуль швидкості руху повітря трубою мундштука.

Направимо вісь  $x$  по горизонталі праворуч, а вісь  $y$  по вертикалі вгору.

Запишемо теорему Ейлера в проєкціях на осі  $x$  і  $y$ :

$$U_{\text{про.}x} + V_{\text{пов.}x} + M_{cu1x} - M_{cu2x} = 0, \quad (4)$$

$$U_{\text{про.}y} + V_{\text{пов.}y} + M_{cu1y} - M_{cu2y} = 0, \quad (5)$$

В даному випадку, оскільки вектор  $v$  перпендикулярний до осей  $x$  і  $y$ , отримаємо:

$$V_{\text{пов.}x} - M_{cu} \cos 60 - M_{cu} \cdot \cos 60 = 0, \quad (6)$$

$$V_{\text{пов.}y} - M_c \cos 30 + M_c \cdot \cos 30 = 0. \quad (7)$$

(індекси при швидкостях відкинута, оскільки в нашому випадку  $|u_1| = |u_2| = u$ ), звідки:

$$V_{\text{пов.}} = 2\gamma\sigma u \cdot \cos 60^\circ, \quad V_{\text{пов.}y} = 0.$$

Отже, головний вектор додаткових динамічних реакцій стінок труби спрямований паралельно осі  $x$  (див. рис. 11, б). Оскільки  $M_c = \gamma \cdot \sigma \cdot u$

$$V_{\text{пов.}} = 2\gamma\sigma u^2 \cdot \cos 60^\circ, \quad (8)$$

За умовою  $\gamma = 1000 \text{ кг} = 1 \text{ м}^3$ ;  $\sigma = \pi \cdot a \cdot b = 0,005 \text{ м}^2$ ;  $u = 12 \text{ м/с}$ .

$$V_{\text{пов.}} = 2 \cdot 1 \cdot 0,005 \cdot 12^2 \cdot 0,5 = 0,072 \text{ Н}.$$



Все різноманіття дискових робочих органів може бути зведено до двох геометричних форм: плоского та сферичного дисків. Плоский диск, у принципі, може розглядатися як і сферичний, в якого радіус кривизни дорівнює нескінченності ( $r = \infty$ ).

#### Висновки:

1. Вищезазначені аспекти дослідження створюють важливу базу для впровадження новаторської технології вирощування озимого тритікале. Визначено, що використання цієї технології дозволяє зменшити трудомісткість робіт на 0,21%, а також підвищити продуктивність праці на 4,8%, що свідчить про високий економічний ефект від її застосування.

2. Важливим техніко-технологічним рішенням є удосконалення мундштука сошника, що призводить до більш рівномірної сівби насіння. Це не лише забезпечує значну економію насіння, але й слугує основою для досягнення кращого врожаю в подальшому.

3. Таким чином, використання комплексу передових технологій та оптимізованих методів вирощування є невід'ємним елементом досягнення стійкості та високої урожайності озимого тритікале. Реалізація запропонованих підходів має потенціал не тільки поліпшити урожайність, але й зробити процес вирощування більш витрато- та екологічно ефективним.

#### Список використаних джерел

1. Бойко А. І., Свірень М. О., Шмат С. І., Ножнов М. М. (2003). Нові конструкції ґрунтообробних та посівних машин: Навч. пос..Кіровоград, Центр. Укр. Видавництво. 203 с.

2. Planter. Int.J. Curr. Microbiol. App. Sci, 8(4): 2432–2440. DOI: 10.20546/ijcmas.2019.804.283

3. Яропуд В. М., Дацюк Д. А. (2021). Шляхи удосконалення висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасіньових культур Вібрації в техніці та технологіях, 1 (100): 156–166. DOI: 10.37128/2306-8744-2021-1-15

4. Yaropud V., Honcharuk I., Datsiuk D., Aliiev E. (2022). The model for random packaging of small-seeded crops' seeds in the reservoir of selection seeders sowing unit. *Agraarteadus*, 33 (1): 199–208. DOI: 10.15159/jas.22.08

5. Яропуд В. М., Дацюк Д. А. (2023). Дослідження руху насіння у розподільнику висівного апарата селекційної сівалки дрібнонасіньових культур. Сільськогосподарські машини, 49: 7–14. DOI: 10.36910/acm.vi49.945

6. Свірень М. О., Петренко М. М., Богатирьов Д. В., Павленко І. І. (2012). Теоретичні дослідження процесу дозування насіння під час висіву пневмомеханічними апаратами. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. № 42 (1). С. 152–160.

7. Алієв Е. Б. Автоматичне фенотипування насінневого матеріалу соняшнику: монографія. Київ: Аграрна наука, 2022. 104 с.

8. Малаков О. І., Бурлака С. А., Михальова Ю. О. (2019). Математичне моделювання та основи конструювання вібраційних змішувачів. Вісник Хмельницького національного університету. № 5 (277). С. 30–33.

#### References

1. Boyko A. I., Sviren' M. O., Shmat S. I., Nozhnov M. M. (2003). *Novi Konstruktivni gruntoobrobnykh ta posivnykh mashyn: Navch. pos..Kirovohrad, Tsent. Ukr. Vydavnytstvo*. 203 s. [in Ukrainian].

2. Leela C., SaravanaKumar M. (2019). *Development of Electronically Meterized Maize* [in English].

3. Yaropud V. M., Datsyuk D. A. (2021). *Shlyakh udoskonalennya vysivnoho aparata selektsiynoyi sivalky dribnonasinnyevykh Kul'tur. Vibratsiyni v teKhnitsi ta teKhnolohiyakh*, 1 (100): 156–166. DOI: 10.37128/2306-8744-2021-1-15 [in Ukrainian].

4. Yaropud V., Honcharuk I., Datsiuk D., Aliiev E. (2022). The model for random packaging of small-seeded crops' seeds in the reservoir of selection seeders sowing unit. *Agraarteadus*, 33 (1): 199–208. DOI: 10.15159/jas.22.08 [in English].

5. Yaropud V. M., Datsyuk D. A. (2023). *Doslidzhennya ruKhu nasinnya u rozpodil'nyKu vysivnoho aparata selektsiynoyi sivalky dribnonasinnyKh Kul'tur. Sil's'Kohospodars'Ki mashyny*, 49: 7–14. DOI: 10.36910/acm.vi49.945 [in Ukrainian].

6. Sviren' M. O., Petrenko M. M., Bohatyr'ov D. V., Pavlenko I. I. (2012). *Teoretychni doslidzhennya protsesu dozuvannya nasinnya pid chas vysivu pnevmomeKhanichnyMy aparatamy. Konstruyuvannya, vyrobnytstvo ta eKsploatatsiya sil's'Kohospodars'KyKh mashyn*. № 42 (1). С. 152–160. [in Ukrainian].

7. Aliyev E. B. *Avtomatychne fenotypuvannya nasinnyevoho materialu sonyashnyKu: monohrafiya*. Kyiv: Ahrarna nauKa, 2022. 104 s. [in Ukrainian].

8. MalaKov O. I., BurlaKa S. A., MyKhal'ova Yu. O. (2019). *Matematychne modelyuvannya ta osnovy Konstruyuvannya vibratsiynyKh zmishuvachiv. VisnyK Khmel'nyts'Koho natsional'noho universytetu*. № 5 (277). С. 30–33. [in Ukrainian].

#### WAYS OF IMPROVING WORKING BODIES OF PLANTERS FOR PRECISION AGRICULTURE

*The article is devoted to the study of the key role played by planters in modern practices of sustainable agriculture. Modern structural and*



*technological solutions used in planters, such as automation, built-in sensors and artificial intelligence, and their impact on increasing productivity and optimizing crop cultivation are considered. The authors draw attention to environmental aspects, including spot seeding and the use of renewable energy sources in planters, which contribute to the conservation of resources. In addition, the prospect of introducing artificial intelligence and autonomous systems in planters to improve the efficiency and rationalization of crop cultivation processes is discussed. The Key aspects and advantages of using seed drills in the practice of sustainable agriculture are noted. A special emphasis is placed on technological innovations, including automation, built-in sensors and the use of artificial intelligence. The potential of increasing productivity and optimizing agronomic processes to achieve a higher level of productivity with efficient use of resources is considered.*

*The article pays special attention to the ecological aspects that can be achieved with spot seeding. The advantages of these approaches are noted, such as improving the quality of the soil, which ensures stable and sustainable cultivation of agricultural crops.*

*Further development of the topic includes a discussion of the prospects for the use of artificial intelligence and autonomous systems in planters, which can lead to further improvements in efficiency and cost reduction. The authors of the paper highlight the Key aspects of using seed drills as a tool to conserve biodiversity while ensuring sustainable and sustainable agriculture for future generations..*

**Key words:** sowing device, seeds, parameters, seeder, accuracy of sowing, sowing, selection, coulter, technological process, precision agriculture.

#### **Відомості про авторів**

**Кириченко Роман Васильович** – кандидат технічних наук, доцент кафедри сільськогосподарських машин та інженерії тваринництва Державного біотехнологічного університету (вул. Алчевських, 44, Харків, Україна, 61002, e-mail: [KirichenKoromeo@btu.KharKov.ua](mailto:KirichenKoromeo@btu.KharKov.ua), ORCID: 0000-0001-7830-6956).

**Бурлака Сергій Андрійович** – доктор філософії з галузевого машинобудування, старший викладач кафедри технологічних процесів та обладнання переробних і харчових виробництв Вінницького національного аграрного університету (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: [ipserhiy@gmail.com](mailto:ipserhiy@gmail.com), ORCID: 0000-0002-4079-4867)

**Kyrychenko Roman** – Candidate of technical sciences, associate professor of the department of agricultural machinery and animal husbandry engineering of the State biotechnological university (St. 44, Alchevsky, KharKiv, Ukraine, 21008, e-mail: [yaropud77@gmail.com](mailto:yaropud77@gmail.com), ORCID: 0000-0001-7830-6956)

**Burlaka Serhii** – Doctor of Philosophy in Industrial Mechanical Engineering, Senior Lecturer at the Department of Technological Processes and Equipment of Processing and Food Industries of the Vinnytsia National Agrarian University (Sonyachna St., 3, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: [ipserhiy@gmail.com](mailto:ipserhiy@gmail.com), ORCID: 0000-0002-4079-4867).