

УДК 631.331.86. 2.3

DOI: 10.37128/2520-6168-2022-2-3

**АНАЛІЗ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ТЕХНОЛОГІЧНИХ І КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ
ПОСІВНИХ МАШИН**

Грушецький Сергій Миколайович, к.т.н., доцент
Подільський державний аграрно-технічний університет
Омельянов Олег Миколайович, асистент
Вінницький національний аграрний університет

Sergiy Hrushetskiy, Ph.D., Associate Professor
Podolsk State Agrarian Technical University
Oleh Omelyanov, Assistant
Vinnitsa National Agrarian University

На сьогоднішній день посів є одним з найактуальніших завдань, саме тому широко затребувана універсальна посівна техніка, яка повинна забезпечити рівномірний розподіл числа рослин на одиницю площі для створення однакових умов розвитку. Саме посівні машини такого типу дозволяють значною мірою вирішити проблеми своєчасного якісного посіву з поєднанням інших технологічних операцій – підготовки ґрунту, внесення добрив, загортання, прикочування тощо. При цьому вивільниться значна кількість технічних і людських ресурсів, терміни посіву будуть точно дотримуватися.

Відповідно, метою дослідження було проведення порівняльного аналізу та перспективи технологічних і конструктивних особливостей посівних машин, для підвищення експлуатаційної надійності механізму копіювання рельєфу посівних машин застосуванням прогресивних конструкційних матеріалів.

Дослідження проводилися шляхом технологічно-конструкційного аналізу технологій і машин для посівних машин. У процесі досліджень використовувались методи порівняння та математичного моделювання технологічних процесів. Інформаційною базою досліджень слугували праці українських та зарубіжних науковців з технологій і машин для посіву.

На основі проведеного порівняльного аналізу та перспективи технологічних і конструктивних особливостей посівних машин встановлено, що дружність сходів (не менше 90 %), і, як наслідок, високий врожай залежать від якості роботи паралелограмного механізму копіювання посівних комплексів. Причиною порушення агрового до сівби, зокрема глибини та рівномірності вкладання насіння, є низька довговічність механізмів копіювання поверхні ґрунту. Встановлено, що основною причиною низької надійності цих механізмів є використання у їх рухомих з'єднаннях трибоспрямижень типу «сталь-сталь», які забезпечують працездатність за умови частого (кожні 40...50 год. роботи) технічного обслуговування (мащення). Виявлено, перспективним у рухомих спряженнях паралелограмного механізму копіювання впроваджувати полімерно-композитні матеріали конструкційного призначення, що дозволить змінити умови роботи та підвищити довговічність даного механізму в цілому.

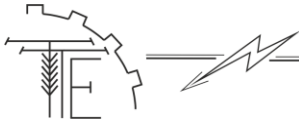
Для розв'язання задач, пов'язаних із розробкою і дослідженням властивостей нових або модифікованих ПКМ у рухомих з'єднаннях посівних машин слід провести теоретичне обґрунтування та експериментальну доцільність застосування полімерних деталей та їх ефективність. Необхідно розробити модель, що описує динаміку навантажень за різних умов роботи дискового сошника. Слід також провести теоретичні розрахунки, що враховують зміну навантаження на окремі вузли паралелограмного механізму копіювання.

Ключові слова: посівні машини, порівняльний аналіз, механізм копіювання, полімерно-композитні матеріали, технологічні операції, сошник.

Рис. 5. Літ. 15.

1. Постановка проблеми

Сьогодні значний сектор технічного забезпечення сільського господарства в Україні займають високопродуктивні широкозахватні машини. Саме посівні машини такого типу дозволяють значною



мірою вирішити проблеми своєчасного якісного посіву з поєднанням інших технологічних операцій – підготовки ґрунту, внесення добрив, загортання, прикочування тощо. При цьому вивільниться значна кількість технічних і людських ресурсів, терміни посіву будуть точно дотримуватися.

На сьогоднішній день посів є одним з найактуальніших завдань, саме тому широко затребувана універсальна посівна техніка, яка повинна забезпечити рівномірний розподіл числа рослин на одиницю площі для створення однакових умов розвитку.

2. Аналіз останніх досліджень та публікацій

Виробники сільськогосподарських машин пропонують сьогодні цілий ряд сошників різних видів: однодисковий; дводисковий; долотовидний; анкерний та ін.

На сьогоднішній день близько 85% всіх посівних агрегатів виробники сільгоспмашин поставляють з одно- або дводисковими сошниками, бо анкерні сошники виходять з моди, а долотовидні використовуються тільки за певних умов.

Будь-який сошник повинен: очищувати посівне ложе від органічних залишків; укладати насіння у посівний горизонт; підтримувати постійну глибину посіву; мати хороше самоочищення; прикривати насіння достатньою кількістю вологого ґрунту; швидко пристосовуватись до змінних ґрунтових умов; мати захист від каменів; мати значний термін використання (ресурс) і низькі експлуатаційні витрати на обслуговування [1].

Підвищенню довговічності елементів посівних машин присвячені роботи вчених: В.В. Амосова, Л.В. Аніскевича, А.І. Бойка, Б.М. Гевка, В.І. Пастухова, М.М. Петренка, В.М. Сала, П.В. Сисоліна, М.О. Свіреня, Ю.Ф. Павельчука, А.В. Рудя [1-15] та інших.

Зокрема Б.М. Гевко у свої працях вирішив наступні завдання: підвищення надійності та продуктивності однозернових висівних апаратів [1]; розробка моделі руху частинки висівного матеріалу [2], що дає можливість визначити кінематичні та силові параметри під час взаємодії насінини з конічними та плоскими висівними дисками.

У працях В.В. Амосова [3], В.В. Ауліна [4], А.І. Бойка [5], П.В. Сисоліна [6], М.О. Свіреня [7], вирішені питання обґрунтування параметрів висівних апаратів пневматичної (пневмомеханічної, механічної) дії, підвищення якості та надійності їх роботи.

Роботи В.М. Сала [8], Ю.Ф. Павельчука [9-10], та А.В. Рудя [11-12], направлені на вирішення завдання обґрунтування параметрів сошників для сівби культур та підвищення рівномірності розподілу насіння в ґрунті.

В сучасних посівних комплексах процес дозування та сівби контролюється різноманітними електронними системами, які дозволяють з високою точністю виконати подачу насіння до посівного ложа [13]. Тоді як рівномірність розподілення насіння в рядку та глибину сівби на теперішній час можливо визначити тільки по факту – розкриттям рядків.

На сьогоднішній день для вивчення технологічного процесу взаємодії робочих органів з ґрунтом береться до уваги концепція та системо-аналогова модель функціонування комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата [14].

3. Мета дослідження

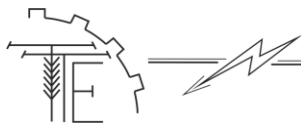
Основна мета проведення порівняльного аналізу та перспективи технологічних і конструктивних особливостей посівних машин, для підвищення експлуатаційної надійності механізму копіювання рельєфу посівних машин застосуванням прогресивних конструкційних матеріалів.

4. Виклад основного матеріалу

Однією з основних технологічних операцій при вирощуванні будь-якої культури є сівба або садіння. Посівна кампанія має бути проведена в стислі агротехнічні терміни. При цьому, до посівних машин висуваються особливі вимоги: повне забезпечення якості посіву, надійність, ремонтпридатність у польових умовах, як можна триваліша перерва між технічними обслуговуваннями техніки тощо.

Основним завданням сівби сільськогосподарських культур є рівномірне розподілення насіння по площі поля і рівномірна глибина загортання насіння в ґрунт з урахуванням фізіологічних особливостей культури.

У зв'язку з цим, посівні машини повинні забезпечувати наступні агротехнічні вимоги [14]:



1. Відхилення фактичної норми висіву насіння від заданої не повинно перевищувати $\pm 3\%$, а мінеральних добрив $\pm 10\%$. Нерівномірність сівби окремими висівними апаратами допускається для зернових культур до 6% , зернобобових - 10% і трав - 2% ;

2. Пошкодження насіння робочими органами посівних машин не повинно перевищувати $0,2\%$ зернових культур і $0,7\%$ зернобобових;

3. Насіння має вкладатися на однакову глибину, оптимальну для даної культури, і загортатися згорі шаром вологого ґрунту. Відхилення глибини загортання насіння від заданої повинно бути не більше $\pm 15\%$, що при глибині сівби 3 - 4 см становить $\pm 0,5$ см при 4 - 5 см - $\pm 0,7$ см, при 6 - 8 см - ± 1 см;

4. Ширина стикового міжряддя не повинна відхилятися від ширини основного більш ніж на ± 5 см;

5. Огріхи не допускаються.

Проведеним аналізом сільськогосподарських підприємств за розмірами посівних площ в Україні станом на 2021 рік встановлено, що основними сільськогосподарськими підприємствами в Україні є господарства з площею більше 3000 га. Вони займаючи $39,1\%$ від загальних посівних площ, при цьому становлять всього $3,2\%$ від загальної кількості господарств.

Більшість таких підприємств використовують широкозахватну, високопродуктивну та надійну сільськогосподарську техніку, здатну в стислі агротехнічні строки виконати всі необхідні технологічні операції на значній площі.

В Україні широко представлена широкозахватна посівна техніка як вітчизняних так і зарубіжних виробників.

За даними Міністерства аграрної політики і продовольства України, в 2021 році вітчизняні підприємства збільшили обсяг виробництва сіялок на $35,8\%$ - до 358,7 мільйона гривень. Всього цехи заводів виготовили 3096 одиниць посівної техніки проти 2726 роком раніше ($+13,5\%$).

Лідируючі позиції зберегла ПАТ «Ельворті». Завод збільшив обсяг виробництва сіялок на $30,8\%$ - до 202,1 мільйона гривень. Підприємство випускає зернові сіялки серій «Астра» і «Астра Нова», просапні сіялки «Вега» та «Веста Профі», посівний комплекс «Оріон».

На $40,3\%$ у 2021 році збільшив обсяг виробництва «Агро-Союз» - до 111,58 мільйона гривень. Всього - 77 агрегатів проти 56 у 2021 році. У лінійці продукції - зернова універсальна сіялка «Агро-Союз FM 3090», монодискова сіялка для технології No-till «Агро-Союз MD 19» та широкозахватні посівні комплекси «Агро-Союз АТД», «Агро-Союз Turbosem» і «Агро-Союз Turbosem II».

На третьому місці - Одеський «Велес-Агро ЛТД». Підприємство у 2021 році збільшило виробництво машин для сівби майже в два з половиною рази - до 44,72 мільйона гривень. Завод відвантажив 281 машину для посіву проти 100 у 2021 році. В каталозі продукції - механічні сіялки серії «Ніка» і посівний комплекс «Вектор-4».

Класифікацією посівних машин займалися багато вчених, зокрема В. П. Горячкін, А.Н. Карпенко, А.Н. Семенов, Г.М. Бузенков, І.С. Терещенко та ін. Спрощена класифікація представлена на рис. 1.

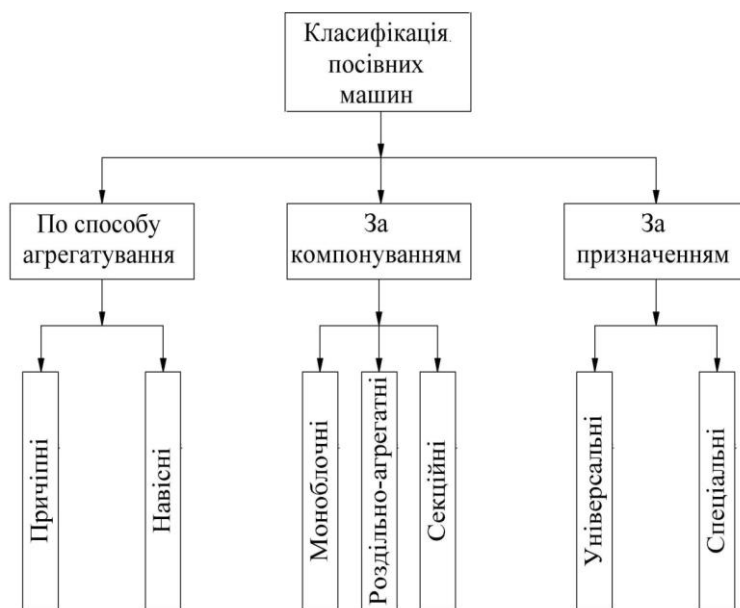


Рис. 1. Класифікація посівних машин

Навісні посівні машини зазвичай мають малу ширину захвату до 3 м, тому вони використовуються тільки в малих фермерських господарствах.

Моноблочні сівалки обладнані загальною рамою, на якій змонтовані всі робочі органи (рис. 2), зокрема це такі як: Агро-Союз MD 19-40 [15], ASTRA-5,4 [15], Great Plains 2000 [15], Amazone D9-40 (60) [15], Gaspardo MOD M [15], та ін. Недоліками сівалок цієї групи є значна матеріалоемність на 1 м ширини захвату (550...1300 кг) та підвищений тяговий опір.



а – Агро-Союз MD 19-40



б – ASTRA 5,4



в – Great Plains 2000



г – Amazone D9-40

Рис. 2. Загальний вигляд моноблочних сівалок

Роздільно-агрегатні сівалки складаються з окремих блоків, сполучених у єдиний агрегат (рис. 3), до них відносяться: Gaspardo PE 300 [15], Ельворті ALCOR 10 [15], Newholland FlexiCoil, Great Plains CTA-400 [15], Агро-Союз ATD, Агро-Союз Turbosesem II 19-60 (32; 48) [15] та ін.



а – Gaspardo PE 300



б – Ельворті ALCOR 10



в – Great Plains CTA-400



г – Агро-Союз Turbosesem II 19-32

Рис. 3. Загальний вигляд роздільно-агрегатних посівних машин

Секційні сівалки складаються з окремих посівних секцій, приєднаних до рами (John Deere DB [15], John Deere 1780 [15], Kinze 3700 [9], VEGA 8 PROFI [15], Amazone ED [15]). Кожна секція забезпечена бункером, висівним апаратом, механізмом приводу, сошником, опорними колесами, котками і загортачами (рис. 4). Переміщенням секцій по рамі можна змінювати ширину міжрядь. Таке компонування характерне для спеціальних сівалок.

*a – John Deere 1780**б – Kinze 3700**в – VEGA 8 PROFI**г – Amazone ED**Рис. 4. Загальний вигляд секційних посівних машин*

Універсальні сівалки призначені для сівби різних культур (пшениця, ячмінь, овес, жито, люцерна, та ін.). Просапні сівалки мають більш консервативну, сталу структуру і призначені для сівби однієї або декількох культур: соняшник, кукурудза, буряк та ін.

Поява нових конструкцій сівалок в значній мірі обумовлена застосуванням сучасних технологій для вирощування сільськогосподарських культур [13] (грунтозахисної, мінімальної, нульової і т.д.), а також прагненням до підвищення точності сівби, універсалізації сівалок і, не в останню чергу, до використання більш потужних тракторів [13].

Основні напрямки розвитку посівних машин: збільшення ширини захвату, інтеграція посівних машин з комбінованими машинами для обробки ґрунту, універсальність посівних агрегатів, здатних працювати за традиційними, мінімальними та нульовими технологіями обробки ґрунту [15]. При цьому для споживача виробники пропонують широкий спектр технічних рішень та комбінації знарядь для досягнення в умовах конкретних господарств максимального ефекту - одержання якісних сходів при максимальній продуктивності та мінімальних витратах ресурсів.

Оптимальна густина рослин та площа їх живлення для зернових культур створюються нормою висіву (кг/га, шт./га) та способом сівби [13]. Основними факторами, що впливають на вибір норми сівби є: вид рослин, кліматичні особливості зони вирощування культури, стан ґрунту і погодні умови, родючість ґрунту, якість насіння, спосіб сівби, глибина сівби, розподіл насіння за площею, та ін. Більшість наведених факторів не залежать безпосередньо від виконання процесу сівби, окрім глибини висіву та якості розподілення насіння на площі.

Відомо, що сівба зернових культур, зокрема пшениці озимої, на глибину 4-5 см є оптимальною, тоді, як збільшення її до 7-8 см призводить до зменшення польової схожості зерна і як наслідок втрати врожаю на 10...15% [13]. Тому, особливу увагу, при встановленні норми, необхідно приділяти саме

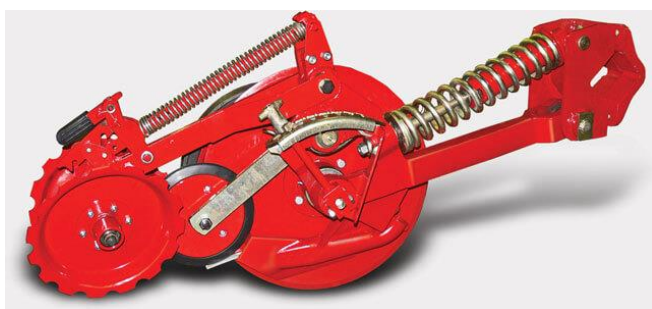
якісним показникам роботи сівалок. Це дозволить зменшити перевитрати дорогої сировини - посівного матеріалу.

Встановлено, що на сьогоднішній день у літературі недостатньо висвітлені питання щодо підвищення якості сівби за рахунок розробки та обґрунтування конструкцій деталей рухомих з'єднань механізму копіювання посівних машин.

Відповідно до «Державної цільової програми реалізації технічної політики в агропромисловому комплексі на період до 2015 року» та «Стратегії пріоритетного напрямку розвитку науки і техніки в Україні на 2011-2020 р.» основними напрямками науково-технічних розробок є підвищення технічного рівня вітчизняної техніки. Тому, в статті поставлені задачі направлені на підвищення експлуатаційної надійності посівної техніки вітчизняного виробництва АТ «Ельворті».

Одним із стримуючих факторів у підвищенні урожайності та якості зерна є наявність різновікових рослин в одному хлібстої (12...27%). Тобто, на момент збирання основної маси, яка достигла, частина її має вже перестиглий стан, а частина - не достиглий. Причиною отримання таких хлібстоїв є не тільки порушення агротехнологій, але і недосконалість конструкцій сучасних посівних машин і комплексів. Так, якщо насіння закладаються з порушеннями агровимог по глибині, то в результаті отримуємо рослини з пропусками у рядку і різними фазами розвитку.

Саме від надійної роботи механізмів копіювання поверхні поля посівних машин, які зазвичай виконані у вигляді «паралелограму» чи «пантографу» (рис. 5), залежить точність вкладання насіння (глибина сівби) у відповідності до агровимог, і як наслідок якості сходів та майбутній урожай. Основною причиною невиконання агровимог до сівби є граничний знос рухомих з'єднань механізмів копіювання поверхні ґрунту посівних машин. Інтенсифікація зносу відповідних спряжень пов'язана з експлуатацією машин в умовах підвищеної дії абразивного середовища та неякісним проведенням їх технічного обслуговування.



а



б

Рис. 5. Посівна секція посівного комплексу ORION 9,6 з механізмом копіювання поверхні поля – а, посівна секція сівалки VEGA PROFI (АТ «Ельворті») – б

В реаліях сьогоднішнього дня технічне обслуговування проводиться зазвичай по закінченню зміни або при проведенні технологічного обслуговування посівної техніки.

Невиконання вимог планово-запобіжної системи технічного обслуговування призводить до зменшення кількості мастила у вузлах тертя, внаслідок чого виникає граничне чи сухе тертя. Такі види тертя зумовлюють підвищення температури, концентрацію тиску на окремих ділянках, що інтенсифікує процес руйнування поверхневих шарів деталей.

Надмірний знос в спряженнях механізмів копіювання поверхні ґрунту унеможливорює проведення сівби відповідно до агротехнічних вимог.

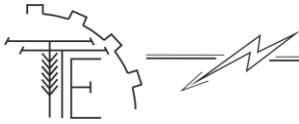
5. Висновки

1. Основними сільськогосподарськими підприємствами за валовим виробництвом продукції рослинництва в Україні є господарства з площею більше 3000 га, які потребують забезпечення високопродуктивними і, бажано, універсальними сівалками.

2. Встановлено, що дружність сходів (не менше 90 %), і, як наслідок, високий врожай залежать від якості роботи паралелограмного механізму копіювання посівних комплексів.

3. Причиною порушення агровимог до сівби, зокрема глибини та рівномірності вкладання насіння, є низька довговічність механізмів копіювання поверхні ґрунту.

4. Встановлено, що основною причиною низької надійності цих механізмів є використання у



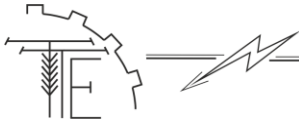
їх рухомих з'єднаннях трибоспрямижень типу «сталь-сталь», які забезпечують працездатність за умови частого (кожні 40...50 год. роботи) технічного обслуговування (мащення).

5. Виявлено, перспективним у рухомих спряженнях паралелограмного механізму копіювання впроваджувати полімерно-композитні матеріали конструкційного призначення, що дозволить змінити умови роботи та підвищити довговічність даного механізму в цілому.

6. Для розв'язання задач, пов'язаних із розробкою і дослідженням властивостей нових або модифікованих ПКМ у рухомих з'єднаннях посівних машин слід провести теоретичне обґрунтування та експериментальну доцільність застосування полімерних деталей та їх ефективність. Необхідно розробити модель, що описує динаміку навантажень за різних умов роботи дискового сошника. Слід також провести теоретичні розрахунки, що враховують зміну навантаження на окремі вузли паралелограмного механізму копіювання.

Список використаних джерел

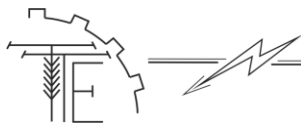
1. Гевко Б. М., Ляшук О. Л., Павельчук Ю. Ф., Пришляк В. М. Технологічні основи проектування та виготовлення посівних машин: монографія. Тернопіль: Вид. ТНТУ імені Івана Пулюя, 2014. 238 с.
2. Гевко Б. М. Математична модель руху зерна по рухомих поверхнях висівних апаратів. *Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету*. 2012. № 11. С. 113–118.
3. Амосов В. В. Обґрунтування параметрів універсального висівного апарата для просапних культур : дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. КНТУ. Кіровоград, 2007. 131 с.
4. Аулин В. В., Панков А. А., Щеглов А. В. Исследование выброса семян пропашных культур пневмоструйным высевальным аппаратом. *Вісник інженерної Академії України*. 2017. № 1. С. 221–225.
5. Бойко А. И., Свирень Н. А. Повышение эффективности и надежности работы высевальных аппаратов посевных машин: монография. Кіровоград, КОД, 2011. 276 с.
6. Сисолін П. В. Звичайні підходи по створенню універсальних вітчизняних сівалок для сівби зернових культур. Кіровоград. 2008. 84 с.
7. Свирень М. О., Анісімов О. В., Солових Є. К. Дослідження параметрів та режимів роботи пневмомеханічного висівного апарату надлишкового тиску з рециркулюючим потоком насіння. *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація: зб. наук. пр.* Кіровоград: КНТУ. 2015. Вип. 28. С. 223–229.
8. Сало В. М., Лузан О. Р. Вибір напрямів вдосконалення сошників сівалок прямого посіву зернових культур. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. Кіровоград: КНТУ. 2010. Вип. 40. Част. II. С. 271–277.
9. Павельчук Ю. Ф. Обґрунтування параметрів сошників для сівби зернових культур підґрунтового-розкидного способом: дис. ... канд. техн. наук: 05.05.11. Кам'янець-Подільський, 2009. 245 с.
10. Гевко Б. М., Павельчук Ю. Ф. Дослідження процесу розподілу насіння зернових культур при підґрунтового-розкидного способі сівби: теоретичний аналіз. *Зб. наук. праць Подільського державного аграрно-технічного університету*. Ч. 2. Технічні науки. Кам'янець-Подільський. 2016. Вип. 24. С. 25–32.
11. Рудь А. В., Павельчук Ю. Ф., Мошенко І. О. Теоретичні дослідження процесу розподілу насіння зернових культур при підґрунтового-розкидного способі сівби. *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин: загальнодерж. міжвід. наук.-техн. зб.* Кіровоград: КНТУ. 2009. Вип. 39. С. 250–256.
12. Рудь А. В., Павельчук Ю. Ф., Мошенко І. О. Вплив способу подачі насіння в камеру розсіву на рівномірність його розподілу по площі живлення. *Науковий вісник Національного університету біоресурсів і природокористування України*. К. 2010. Вип. 144. Ч. 2: Техніка та енергетика АПК. С. 288–295.
13. Данилюк Т. Обґрунтування технології обробки ґрунту та посіву. *Зб. наук. праць УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого*. Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України. 2011. Вип. 15(29). С. 486–488.
14. Грушецький С. М., Слотвінська Н. Я. Концепція та системо-аналогова модель функціонування комбінованого ґрунтообробно-посівного агрегата. *Матеріали VII всеукр. наук.-прак. конф., «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*: зб. наук. праць. За заг. ред. С.С. Добранський. Житомир: АТК, 2021. С. 39–41.
15. Грушецький С. М., Кромбет П. В. Класифікація конструкцій посівних комплексів. *Матеріали VI всеукр. наук.-прак. конф., «Перспективи і тенденції розвитку конструкцій та технічного сервісу сільськогосподарських машин і знарядь»*: зб. наук. праць. За заг. ред. С. С. Добранський.



Житомир: АТК, 2020. С. 42–43.

References

- [1] Hevko, B.M., Liashuk, O.L., Pavelchuk, Yu.F., Pryshliak, V.M. ta in. (2014). *Tekhnologichni osnovy proektuvannia ta vyhotovlennia posivnykh mashyn: monohrafiia [Technological bases of design and manufacture of sowing machines]*. Ternopil: Vyd. TNTU imeni Ivana Puliuia, 238. [in Ukrainian].
- [2] Hevko, B.M. (2012). Matematychna model rukhu zerna po rukhomym poverkhniam vysivnykh aparativ [Mathematical model of grain movement on moving surfaces of sowing machines]. *Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarynoho universytetu*, 11, 113–118. [in Ukrainian].
- [3] Amosov, V.V. (2007). *Obgruntuvannia parametriv universalnogo vysivnoho aparata dlia prosapnykh kultur [Substantiation of parameters of the universal sowing device for row crops]*. KNTU. Kirovohrad, 131. [in Ukrainian].
- [4] Aulin, V.V., Pankov, A.A., Shheglov, A.V. (2017). Issledovanie vybrosa semjan propashnykh kul'tur pnevmostrujnym vysevajushhim apparatom [Investigation of seed ejection of tilled crops by pneumatic jet sowing machine]. *Visnik inzhenernoi Akademii Ukraïni*, m. Kyiv. 1, 221–225. [in Ukrainian].
- [5] Bojko, A.I. Sviren', N.A. (2011). *Povyshenie jeffektivnosti i nadezhnosti raboty vysevajushhih apparatov posevnykh mashin [Increasing the efficiency and reliability of the sowing machines of sowing machines]*. Kirovograd, KOD, 276. [in Russian].
- [6] Sysolin, P.V. (2008). *Zvychaini pidkhody po stvorenniu universalnykh vitchyznianskykh sivalok dlia sivby zernovykh kultur [Conventional approaches to the creation of universal domestic seeders for sowing cereals]*. Kirovohrad, 84. [in Ukrainian].
- [7] Sviren, M.O., Anisimov, O.V. Solovykh, Ye.K. (2015). Doslidzhennia parametriv ta rezhymiv roboty pnevmomekhanichnogo vysivnoho aparatu nadlyshkovoho tysku z retsyrukuliuiuchym potokom nasinnia [Investigation of parameters and modes of operation of pneumomechanical seeding apparatus of excess pressure with recirculating seed flow]. *Tekhnika v silskohospodarskomu vyrobnytstvi, haluzeve mashynobuduvannia*, Kirovohrad: KNTU, 28, 223–229. [in Ukrainian].
- [8] Salo, V.M., Luzan, O.R. (2010). Vybir napriamiv vdoskonalennia soshnykh sivalok priamoho posivu zernovykh kultur [Choice of directions of improvement of openers of seeders of direct sowing of grain crops]. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*. Kirovohrad: KNTU. Vyp(40), Chast. II, 271–277. [in Ukrainian].
- [9] Pavelchuk, Yu.F. (2009). *Obgruntuvannia parametriv soshnykh dlia sivby zernovykh kultur pidhruntovo-rozkydnym sposobom [Substantiation of opener parameters for sowing grain crops by subsoil-spreading method]*. Kamianets-Podilskyi, 245. [in Ukrainian].
- [10] Hevko, B.M., Pavelchuk, Yu.F. (2016). Doslidzhennia protsesu rozpodilu nasinnia zernovykh kultur pry pidhruntovorozkydnomu sposobi sivby [Study of the process of distribution of seeds of cereals in the subsoil method of sowing]. Ch. 2. *Tekhnichni nauky*. Kamianets-Podilskyi, 24, 25–32. [in Ukrainian].
- [11] Rud, A.V. Pavelchuk, Yu.F., Moshenko, I.O. (2009). Teoretychni doslidzhennia protsesu rozpodilu nasinnia zernovykh kultur pry pidhruntovo-rozkydnomu sposobi sivby [Theoretical studies of the process of distribution of seeds of cereals in the subsoil-spreading method of sowing]. *Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn*, Kirovohrad: KNTU, 39, 250–256. [in Ukrainian].
- [12] Rud, A.V., Pavelchuk, Yu. F.I., Moshenko, O. (2010). Vplyv sposobu podachi nasinnia v kameru rozsvu na rivnomirnist yoho rozpodilu po ploshchi zhyvlennia [The influence of the method of feeding seeds into the screening chamber on the uniformity of its distribution over the feeding area]. *Tekhnika ta enerhetyka APK*, K, 144, 2, 288–295. [in Ukrainian].
- [13] Danyliuk, T. (2011). Obgruntuvannia tekhnologii obrobritku gruntu ta posivu [Substantiation of tillage and sowing technology]. *Tekhniko-tekhnologichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniky i tekhnologii dlia silskoho hospodarstva Ukraïny*, 15(29), 486–488. [in Ukrainian].
- [14] Hrushetskyi, S.M., Slotvinska, N.Ia. (2021). Kontseptsiiia ta systemo-analohova model funktsionuvannia kombinovanoho hruntoobrobno-posivnoho ahrehata [Concept and system-analog model of operation of the combined tillage and seeding unit]. *Perspektyvy i tendentsii rozvytku konstruktsii ta tekhnichnoho servisu silskohospodarskykh mashyn i znariad*. Zhytomyr : ATK, 39–41. [in Ukrainian].
- [15] Hrushetskyi S.M., Krombet P.V. (2020). Klasyfikatsiia konstruktsii posivnykh kompleksiv [Classification of constructions of sowing complexes]. *Perspektyvy i tendentsii rozvytku konstruktsii ta tekhnichnoho servisu silskohospodarskykh mashyn i znariad*. Zhytomyr : ATK, 42–43. [in Ukrainian].



ANALYSIS AND PROSPECTS OF TECHNOLOGICAL AND DESIGN FEATURES OF SOWING MACHINES

To date, sowing is one of the most urgent tasks, therefore, universal sowing equipment is widely in demand, which should ensure a uniform distribution of the number of plants per unit area to create the same conditions for development. It is the sowing machines of this type that will largely solve the problems of timely high-quality sowing with a combination of other technological operations - soil preparation, fertilization, embedding, rolling, etc. At the same time, a significant amount of technical and human resources will be released, sowing dates will be strictly observed.

Accordingly, the purpose of the study was to conduct a comparative analysis and prospects for the technological and design features of sowing machines to improve the operational reliability of the mechanism for copying the relief of sowing machines using advanced structural materials.

The research was carried out by the method of technological and structural analysis of technologies and machines for sowing machines. In the process of research, methods of comparison and mathematical modeling of technological processes were used. The information base of the research was the works of Ukrainian and foreign scientists on technologies and machines for sowing.

On the basis of the comparative analysis and the prospect of technological and design features of sowing machines, it was found that friendly stairs (at least 90%), and, as a result, a high yield depend on the quality of the work of the parallelogram mechanism for copying sowing complexes. The reason for the violation of agricultural requirements for sowing, in particular the depth and uniformity of seed placement, is the low durability of the mechanisms for copying the soil surface. It has been established that the main reason for the low reliability of these mechanisms is the use of "steel-to-steel" tribo-couplers in their mobile joints, which ensure operability with frequent (every 40...50 hours of operation) maintenance (lubrication). It has been revealed that it is promising to introduce polymer-composite materials for structural purposes in the movable mates of the parallelogram copying mechanism, which will change the working conditions and increase the durability of this mechanism as a whole.

To solve the problems associated with the development and study of the properties of new or modified PCM in the movable joints of sowing machines, it is necessary to conduct a theoretical justification and experimental feasibility of using polymer parts and their effectiveness. It is necessary to develop a model that describes the dynamics of loads under different operating conditions of the disc coulter. It is also necessary to carry out theoretical calculations that take into account the change in the load on individual nodes of the parallelogram copying mechanism.

Key words: Sowing machines, comparative analysis, copying mechanism, polymer-composite materials, technological operations, coulter.

Fig. 5. Ref. 15.

ВІДОМОСТІ ПРО АВТОРІВ

Грушецький Сергій Миколайович – кандидат технічних наук, доцент кафедри агроінженерії і системотехніки Закладу вищої освіти «Подільського державного університету» (вул. Шевченка, 13, м. Кам'янець-Подільський, Хмельницька обл., 32316, e-mail: g.sergiy.1969@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6434-1213>).

Омельянов Олег Миколайович – асистент кафедри «Загальнотехнічних дисциплін та охорони праці» Вінницького національного аграрного університету. (вул. Сонячна, 3, м. Вінниця, 21008, Україна, e-mail: omomelyanov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3819-5336>).

Sergiy Hrushetskiy – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Agroengineering and System Engineering Podolsk State University Higher Education Institution (St. Shevchenko, 13, Kamianets-Podilsky, Khmelnytsky region, 32316, e-mail: g.sergiy.1969@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0002-6434-1213>).

Oleh Omelyanov – assistant of the department of general technical disciplines and occupational safety, Vinnytsia National Agrarian University (3 Solnechnaya St, Vinnytsia, 21008, Ukraine, e-mail: omomelyanov@gmail.com, <https://orcid.org/0000-0003-3819-5336>).