

Центральноукраїнський національний технічний університет

Агротехнічний факультет

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« _____ » _____ 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за другим (магістерським) рівнем вищої освіти
на тему:**

«Удосконалення конструкції сівалки СУПО-6 з обґрунтуванням
параметрів висівного апарата»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,
групи ГМ-24М-1

ОНП «Галузеве машинобудування»

спеціальності 133 «Галузеве

машинобудування»

_____ Безверхній Євгеній Сергійович

« _____ » _____ 2026 р.

Керівник роботи

доцент, канд. техн. наук

_____ Віктор ДЕЯКУН

« _____ » _____ 2026 р.

Рецензент

професор, д-р техн. наук

_____ Віктор АУЛІН

« _____ » _____ 2026 р.

м. Кропивницький

АНОТАЦІЯ

У кваліфікаційній роботі розроблено та науково обґрунтовано технічні рішення, спрямовані на підвищення ефективності процесу висіву насіння овочевих культур. Основну увагу зосереджено на визначенні доцільних конструктивних параметрів і раціональних режимів роботи висівного механізму, що забезпечують стабільність технологічного процесу та покращення показників якості сівби.

Запропоноване впровадження катушки удосконаленої конструкції створює передумови для надійного та точного висіву насіння з різними морфометричними характеристиками, незалежно від їх форми та лінійних розмірів. Це суттєво розширює функціональні можливості сівалки, підвищує її універсальність і забезпечує ефективну адаптацію до різноманітних агротехнологічних умов вирощування.

ANNOTATION

In the qualification work, technical solutions aimed at increasing the efficiency of the process of sowing seeds of vegetable crops have been developed and scientifically substantiated. The main attention is focused on determining the appropriate design parameters and rational operating modes of the sowing mechanism, which ensure the stability of the technological process and improve the quality of sowing.

The proposed introduction of a coil of improved design creates the prerequisites for reliable and accurate sowing of seeds with different morphometric characteristics, regardless of their shape and linear dimensions. This significantly expands the functional capabilities of the seeder, increases its versatility and ensures effective adaptation to various agro-technological growing conditions.

ЗМІСТ

№ розділу	Структурна одиниця і розділ	Аркуш
1	Вступ	5
2	Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень ..	6
3	Наукова частина	21
	3.1. Вимоги до висівного апарата сівалки для овочевих культур	21
	3.2. Огляд висівних апаратів для овочевих культур	22
	3.3. Теоретичні дослідження.	29
	3.4. Результати експериментальних досліджень.	32
	3.5. Наукові висновки	34
4	Практична реалізація результатів досліджень.	36
5	Охорона праці.	38
6	Загальні висновки	40
	Список використаної літератури	41
	Додатки	42

1. ВСТУП

Овочівництво належить до найбільш трудомістких галузей сільськогосподарського виробництва, що зумовлено значною різноманітністю вирощуваних культур, відмінностями їх біологічних особливостей та агротехнічних вимог. Асортимент овочевих культур і широка географія їх вирощування визначають різноманіття технологічних процесів, а також підвищені вимоги до конструкції та функціонування сільськогосподарських машин і обладнання, що застосовуються у виробництві овочевої продукції.

У сучасних умовах вирощування овочевих культур більшість основних технологічних операцій, зокрема посів, посадка, догляд за рослинами, збирання врожаю та післязбиральна обробка, виконуються з використанням механізованих засобів. Це стосується таких поширених культур, як капуста, томати, цибуля, морква та інших овочевих культур. З метою підвищення ефективності виробництва сільськогосподарські підприємства впроваджують комплексні техніко-технологічні рішення, що базуються на поєднанні сучасних наукових досягнень і прогресивних інженерних розробок [1].

Одним із основних напрямів інтенсифікації овочівництва є впровадження індустріальних та ресурсозберігаючих технологій вирощування, що забезпечують зростання обсягів виробництва продукції та підвищення її якості [2]. Реалізація таких технологій передбачає широке використання сучасних досягнень науки і техніки, ефективне застосування добрив, машин та обладнання, а також суворе дотримання технологічної дисципліни на всіх етапах виробничого процесу. За умов застосування індустріальних технологій для висіву насіння овочевих культур широко використовуються пунктирні та гніздові сівалки вітчизняного та закордонного виробництва. Якість роботи цих машин істотно впливає на рівномірність розміщення насіння, дружність сходів і, зрештою, на врожайність овочевих культур.

Дана дипломна магістерська робота спрямована на підвищення точності висіву насіння овочевих культур шляхом удосконалення конструкції висівного апарата овочевої сівалки СУПО-6, що дозволить покращити якісні показники сівби та підвищити ефективність використання посівного агрегату.

2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Сучасний стан питання по сівалкам для висіву овочевих культур вітчизняних та закордонних виробників

У сучасних агротехнічних системах вирощування овочевих культур широке застосування отримали сівалки точного висіву, що забезпечують високі показники одночасної точності розміщення насіння, рівномірності посіву та технологічності виконання операцій. Переважна частина наукових досліджень і практичних розробок у цій сфері спрямована на підвищення продуктивності агрегатів, удосконалення висівних апаратів, зниження енергоємності та адаптацію машин до різних ґрунтово-кліматичних умов.

Вітчизняні сівалки для овочевих культур

Вітчизняні виробники сівалок для овочевих культур пропонують технічні рішення, які враховують специфіку місцевих ґрунтово-кліматичних умов та агротехнічних вимог. Одним із прикладів є сівалка точного висіву СУПО-6, що використовується для висіву насіння овочевих культур у відкритому ґрунті. Серійна конструкція цієї сівалки передбачає використання механічних висівних апаратів, основними елементами яких є дозувальні диски та система передачі руху від колеса приводу. Така конструкція забезпечує автоматизацію процесу дозування насіння і дозволяє функціонувати в широкому діапазоні робочих швидкостей, однак має обмеження щодо точності висіву за змінних умов експлуатації.

Іншим прикладом вітчизняної сівальної техніки є сівалки СЛС-5,4, СПЧ-6М та їх модифікації, що використовуються в овочівництві для висіву різних культур. Ці машини мають низку конструктивних рішень, спрямованих на забезпечення технологічності процесу, зокрема механічні або пневматичні висівні апарати, регульовані сошники та пристрої для загортання насіння. Проте, не зважаючи на наявність модифікацій, що дозволяють адаптувати техніку до різних умов роботи, питання точності висіву та рівномірності розміщення насіння залишається актуальним, особливо за умов змінної вологості та складних ґрунтів.

Зарубіжні сівалки та технічні рішення

На світовому ринку сівалок для овочевих культур представлені розробки провідних виробників сільськогосподарської техніки, що відрізняються значною технологічною насиченістю та високою точністю виконання операцій. Так, низка передових моделей обладнані пневматичними висівними апаратами, які забезпечують високу точність подачі насіння, мінімізують травмування насіннєвого матеріалу та знижують кількість пропусків і двійників у рядку. Ці рішення особливо ефективні при роботі на високих швидкостях руху агрегату і в умовах полів зі значною кількістю рослинних залишків.

Серед закордонних конструкцій широко застосовуються сівалки з вакуумними та надлишкового тиску висівними системами, що дозволяють ефективно контролювати захоплення та віддачу насіння, зменшуючи вплив коливань робочої швидкості та нерівностей ґрунту на якість висіву. Крім того, сучасні іноземні моделі часто оснащені системами електронного контролю та автоматичного регулювання норми висіву в залежності від швидкості руху, що сприяє підвищенню технологічності процесу.

2.2. Основні тенденції розвитку

Аналіз сучасних технічних рішень свідчить про такі тенденції в удосконаленні сівалок для овочевих культур:

- перехід до пневматичних висівних апаратів з високою точністю дозування насіння.
- впровадження електронних систем управління висівом, що дозволяють адаптувати норму та ритм висіву до зміни умов роботи.
- оптимізація конструкції висівних апаратів для мінімізації депонування насіння на робочих елементах механізму, зниження забивання та втрат.
- покращення універсальності посівних секцій, що дає змогу адаптувати техніку для роботи з різними овочевими культурами без значної перебудови механізмів.

Незважаючи на успіхи, що були досягнуті як вітчизняними, так і закордонними виробниками, питання забезпечення стабільної високої точності висіву за різних робочих умов залишається актуальним. Це зумовлює

необхідність подальших наукових досліджень та удосконалення висівних апаратів, зокрема з урахуванням впливу геометричних і конструктивних параметрів робочих органів на якість процесу посіву.

2.3. Сучасні моделі сівалок для висіву просапних та овочевих культур: приклади та порівняння технічних характеристик

Для порівняльного аналізу сучасних сівалок, що застосовуються в овочівництві та просапному землеробстві як в Україні, так і за кордоном, обрано ряд актуальних моделей. Це дозволяє оцінити рівень технологічного розвитку ринку сівалок точного висіву, виділити їх сильні та слабкі сторони, а також визначити технічні параметри, якими повинні володіти сучасні машини такого типу.

Таблиця 2.1

Основні технічні характеристики сівалок

Модель сівалки	Тип	Кількість рядів	Міжряддя (см)	Ємність бункера насіння (л)	Ємність бункера добрив (л)	Потужність трактора (к.с.)	Особливості
1	2	3	4	5	6	7	8
VEGA 6 PROFI	напів-причіпна	6	70	416	680	від 80	система контролю висіву, регулювання тиску на ґрунт, внесення добрив
VEGA 8 PROFI	напів-причіпна	8	70	416	680	від 80	аналогічний VEGA 6 PROFI з більшою кількістю секцій
VEGA 16 PROFI	напів-причіпна	16	70	832	1360	від 180	ширший захват, велика продуктивність
VESTA 6 PROFI	напів-причіпна	6	70–75	216	560	–	навісна, низький розподільний апарат
SPM 6	причіпна	6	70	360	750	–	вакуумне дозування, пневматичний розподіл насіння

1	2	3	4	5	6	7	8
SPM 8	причіпна	8	70	480	1000	—	аналогічний SPM 6 з ширшим захватом
ВІКТОРІЯ 6	навісна	6	70–75	270	470	80–100	пневматичний висів, глибина 10–100 мм
Темпо V (напр., 6 рядів)	причіпна	6	60–80	~70	17 (мікрогранули)	—	адаптивні ряди, широкий діапазон міжряддя

Короткий опис та особливості моделей

VEGA серія PROFİ (рис. 2.1) – пневматичні сівалки точного висіву великого класу, які агрегатуються з тракторами від ~80-180 к.с. Мають систему контролю подачі насіння, можливість внесення гранульованих добрив і регулювання тиску на ґрунт для якісного загортання насіння в рядку.



Рис. 2.1. Сівалка **VEGA серія PROFİ**

VESTA 6 PROFİ (рис. 2.2) – менш потужна модель від тих же виробників із низьким розташуванням висівного апарата, що сприяє точному розміщенню насіння в рядках та зменшенню відхилень норми висіву.



Рис. 2.2. Сівалка **VESTA 6 PROF1**

SPM 6 (рис. 2.3) та **SPM 8** (рис. 2.4) – пневматичні сівалки з вакуумним розподілом насіння і одночасним внесенням сухих добрив. Серед переваг – стабільність висіву за різних умов і точна глибина встановлення насіння.



Рис. 2.3. Сівалка точного висіву **SPM 6** просапна пневматична



Рис. 2.4. Сівалка точного висіву SPM 8 просапна пневматична

ВІКТОРІЯ 6 та 8 (рис. 2.5) – навісні пневматичні сівалки з нормованою глибиною висіву та шириною міжряддя 70–75 см, що забезпечує універсальність у посіві різних культур. У сівалках точного висіву “Вікторія” вітчизняного виробництва встановлено висіваючі апарати фірми KLEINE (Німеччина).



Рис. 2.5. Сівалка **ВІКТОРІЯ 8**

Темро V (рис. 2.6) – закордонна модель із адаптивною конструкцією рядних секцій і можливістю зміни міжряддя, що забезпечує гнучкість при посіві різних культур.



Рис. 2.6. Сівалка **Темро V** (Швеція)

Аналіз порівняння

Технічні параметри сучасних сівалок свідчать про різний рівень технічної насиченості та функціональних можливостей:

- сівалки серії VEGA PROFI вирізняються великим об'ємом бункерів, автоматизацією висіву й системою контролю висіву, що підвищує технологічність роботи на великих площах.
- серії SPM і ВІКТОРІЯ характеризуються більш компактними розмірами та універсальністю, що робить їх придатними і для менших господарств.
- закордонні рішення, як Темро V, пропонують ширший спектр адаптації міжряддя та високий рівень автоматизації управління секціями, що забезпечує точність висіву незалежно від зміни умов роботи.

Таблиця 2.2

Порівняльна характеристика сівалок для висіву овочевих культур

Модель сівалки	Тип висівного апарата	Основні переваги	Основні недоліки	Сфера раціонального застосування
1	2	3	4	5
СУПО-6 (Україна)	Механічний / вакуумний	Простота конструкції; надійність; доступність запасних частин; можливість модернізації висівного апарата	Обмежена точність висіву дрібного насіння; недостатня стабільність дозування на підвищених швидкостях	Малі та середні господарства, овочеві культури середньою фракцією насіння 3
СПЧ-6М (Україна)	Пневматичний	Підвищена точність пунктирного висіву; універсальність; можливість агрегування з тракторами середнього класу	Вища складність конструкції; потребує ретельного налаштування	Господарства з інтенсивними технологіями вирощування 3
SPM 6 / SPM 8	Пневматичний	Стабільність норми висіву; рівномірність розміщення насіння; компактність	Менша місткість бункерів; обмежена універсальність щодо типів насіння	Овочеві культури на середніх площах
VEGA PROFI	Пневматичний з електронним контролем	Висока точність; автоматизований контроль висіву; висока продуктивність	Висока вартість; складне технічне обслуговування	Великі спеціалізовані овочеві господарства
Väderstad Tempo V	Високошвидкісний пневматичний	Надзвичайно висока точність на великих швидкостях; електронні системи моніторингу; універсальність	Дуже висока ціна; складність експлуатації та сервісу	Великі агропідприємства з індустріальними технологіями

Порівняльний аналіз свідчить, що вітчизняні сівалки, зокрема СУПО-6, поступаються закордонним аналогам за рівнем автоматизації та точністю висіву, однак мають суттєві переваги за простотою конструкції, ремонтпридатністю та економічною доцільністю. Це створює передумови для удосконалення висівного апарата СУПО-6, спрямованого на підвищення рівномірності та точності розміщення насіння без істотного ускладнення конструкції.

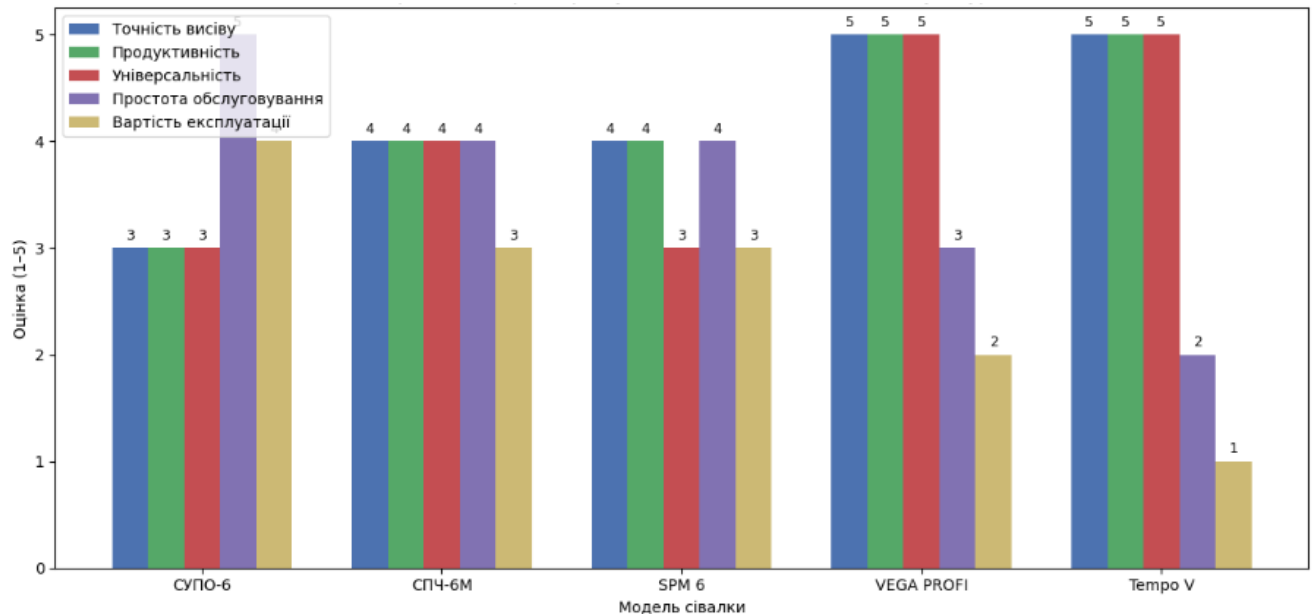


Рис. 2.7. Порівняння параметрів сучасних сівалок для овочевих культур.

2.4. Обґрунтування модернізації висівного апарата сівалки СУПО-6 на основі порівняльного аналізу сучасних сівалок.

Аналіз сучасних вітчизняних та закордонних сівалок для овочевих культур (табл. 2.3) дозволяє виділити ключові параметри, що визначають ефективність висіву: точність розміщення насіння, продуктивність агрегату, універсальність застосування, простота обслуговування та економічність експлуатації.

Таблиця 2.3

Параметри сівалок, що визначають ефективність висіву

Модель сівалки	Точність висіву	Продуктивність	Універсальність	Простота обслуговування	Вартість експлуатації (обернено)
СУПО-6	3	3	3	5	4
СПЧ-6М	4	4	4	4	3
SPM 6	4	4	3	4	3
VEGA PROFI	5	5	5	3	2
Tempo V	5	5	5	2	1

Аналіз таблиці показує:

1. Переваги СУПО-6:
 - простота конструкції та легкість технічного обслуговування;
 - доступність запчастин і ремонтпридатність;
 - економічна доцільність для середніх і малих господарств.
2. Недоліки СУПО-6 у порівнянні з сучасними аналогами:
 - Нижча точність висіву порівняно з пневматичними та електронними системами VEGA PROFI та Tempo V;
 - Обмежена продуктивність і універсальність, особливо при зміні типу насіння чи умов поля;
 - Відсутність автоматичного контролю норми висіву та регулювання тиску на ґрунт.

Висновок для обґрунтування модернізації:

З огляду на вищевказані недоліки, модернізація висівного апарата СУПО-6 має бути спрямована на:

- підвищення точності висіву насіння шляхом вдосконалення дозувального диска або впровадження пневматичного або комбінованого апарата;
- удосконалення системи загортання насіння для рівномірного контакту з ґрунтом і зменшення пропусків;

- оптимізацію робочих елементів з урахуванням збереження простоти конструкції та ремонтпридатності;
- адаптацію висівного апарата до різних типів насіння овочевих культур, що підвищить універсальність і технологічну ефективність агрегату.

Таким чином, порівняльний аналіз сучасних сівалок дозволяє науково обґрунтувати напрямки модернізації СУПО-6, спрямовані на підвищення точності, продуктивності та універсальності без втрати основних переваг вітчизняної конструкції.

Призначення машини

Сівалка овочева СУПО-6 призначена для виконання точного пунктирного та гніздового висіву насіння овочевих культур, зокрема томатів, перцю, огірків, капусти, кабачків і баклажанів, як на вирівняних поверхнях поля, так і на грядках. Більше того, машина забезпечує рядковий висів насіння столових коренеплодів, цибулі та зеленних культур. .

Будова сівалки та її складових частин

Конструкція овочевої сівалки СУПО-6 (рис. 2.8) включає несучу раму, пару опорно-приводних коліс, шість висівних секцій, вентилятор, 2 маркери, 2 передавальні механізми, слідоутворювач і підніжку. Машина також оснащена системою контролю процесу висіву та датчиками, що відстежують рівень насіння у бункерах.

Апарат висівний пневмомеханічного типу (рис. 2.9) має конструкцію, що включає литий корпус із живильною камерою, призначеною для розміщення насіння, та кришку, в якій сформовано підковоподібну камеру розрідження. Між корпусом і кришкою встановлено висівний диск з отворами, а також ворушильний елемент і притискну накладку. Над корпусом розташований бункер, у який завантажується посівний матеріал.

Технічна характеристика сівалки представлена в дод. А.

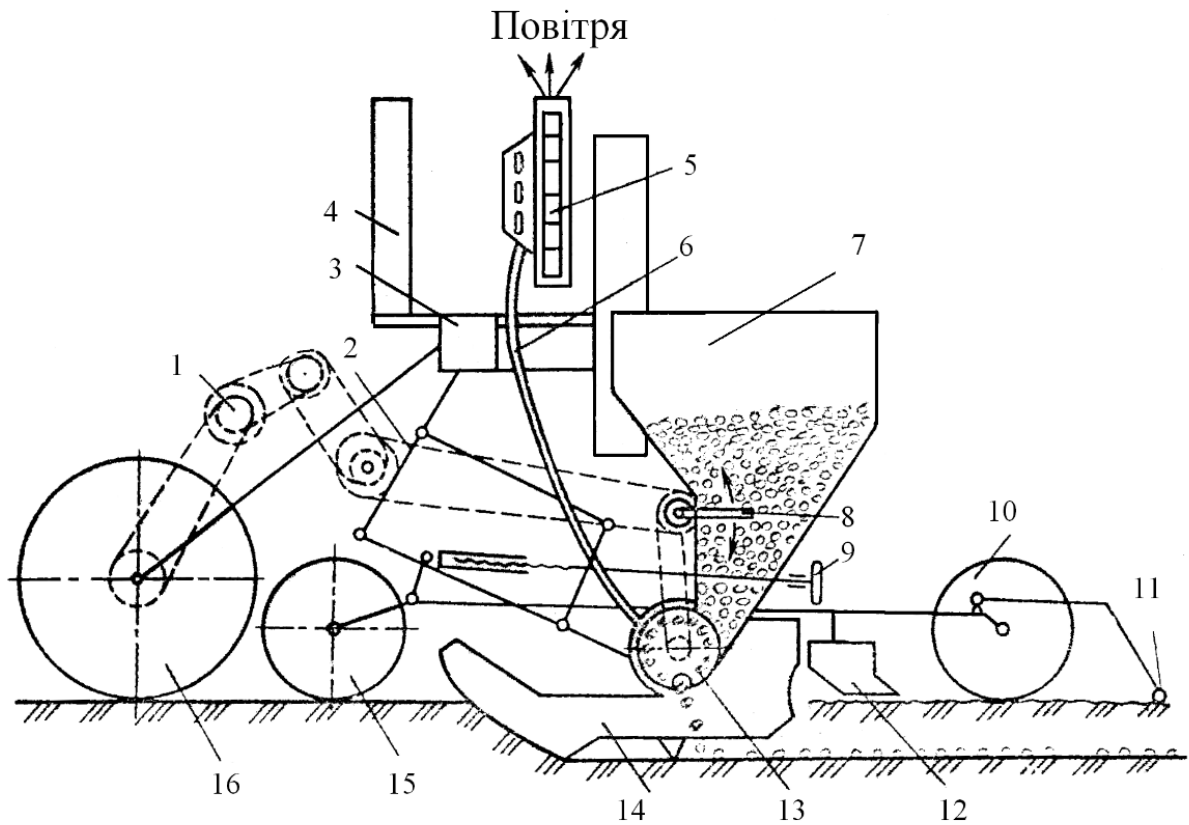


Рис. 2.8. 1 Схема технологічного процесу сівалки СУПО-6: 1 – механізм передач; 2 – підвіска; 3 – брус-рама; 4 – націпний пристій; 5 – вентилятор; 6 – повітряпровід; 7 – бункер; 8 – ворушилка; 9 – регулятор глибини; 10 і 15 – котки; 11 – шлейф; 12 – загортачі; 13 – висівний апарат; 14 – сошник; 16 – колесо.

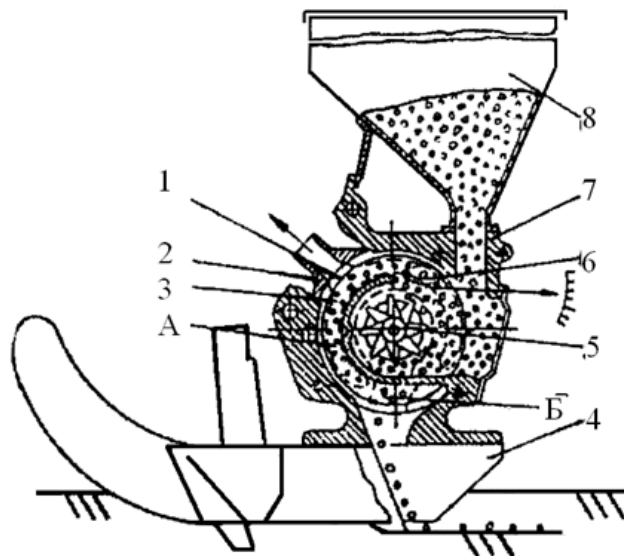


Рис. 2.9. Схема пневмомеханічного висівного апарата: 1 – капронова вставка; 2 – кришка з камерою розрідження; 3 – висівний диск; 4 – комбінований сошник; 5 – ворушилка; 6 – скидач; 7 – корпус; 8 – бункер; А – зона розрідження; Б – зона атмосферного тиску.

Принцип дії сівалки

Коли овочева сівалка рухається по полю з опущеними посівними секціями, то висівні диски приводяться в обертання. Насіння з бункера надходить у забірну камеру кожного висівного апарата, де під дією розрідження притягується до отворів висівного диска. У процесі обертання диска насіння транспортується із забірної зони до нижньої частини корпусу апарата. Надлишкові насінини, що можуть утримуватися на поверхні диска, видаляються штирями вилки та повертаються назад у забірну камеру.

Коли отвори диска з насінням виходять із зони розрідження в зону атмосферного тиску, насіння примусово відокремлюється від диска за допомогою скидача і спрямовується на дно борозни, сформованої сошником. Після висіву заднє колесо посівної секції ущільнює ґрунт у рядку, забезпечуючи кращий контакт насіння з ґрунтом і збереження вологи. Остаточне вирівнювання поверхні здійснюється шлейфами, що рухаються позаду секції, формуючи над рядком мульчувальний шар ґрунту.

Опис розроблюваних вузлів

Ключова вимога до висівного апарата – забезпечити рівномірний розподіл посівного матеріалу по площі поля. До того ж, як дозувальний пристрій, він повинен гарантувати стабільність і рівномірність норми висіву, бути нечутливим до поштовхів під час роботи на схилах та нерівностях рельєфу, відзначатися універсальністю застосування, стійкістю до засмічення, не пошкоджувати насіння в процесі роботи та забезпечувати зручне регулювання заданої норми висіву.

У базовій конструкції сівалки СУПО-6 застосовуються дискові висівні апарати пневматичного типу. Сутність пневматичного висіву полягає у відокремленні насіння з загальної маси, що знаходиться в бункері, за рахунок дії розрідженого повітряного потоку. При цьому здійснюється регулювання кількості насінин, що утримуються на отворах висівного диска, їх поштучна подача, транспортування через насіннєпроводи до сошника, укладання у борозну

та загортання ґрунтом. Для реалізації цього процесу використовується система створення розрідження та відведення надлишкового повітряного тиску.

У нашій кваліфікаційної роботи передбачається заміна пневматичного висівного апарата на механічний. Таке конструктивне рішення дозволяє виключити вентилятор із складу сівалки, що сприяє зменшенню її металоємності приблизно на 52 кг, підвищує експлуатаційну надійність та скорочує витрати часу на технічне обслуговування завдяки усуненню потреби в обслуговуванні мастильних вузлів вентилятора.

Запропонований висівний апарат катушкового типу (рис. 2.10) характеризується простотою конструкції, високою надійністю в роботі та здатністю забезпечувати рівномірний висів насіння овочевих культур у широкому діапазоні норм висіву.

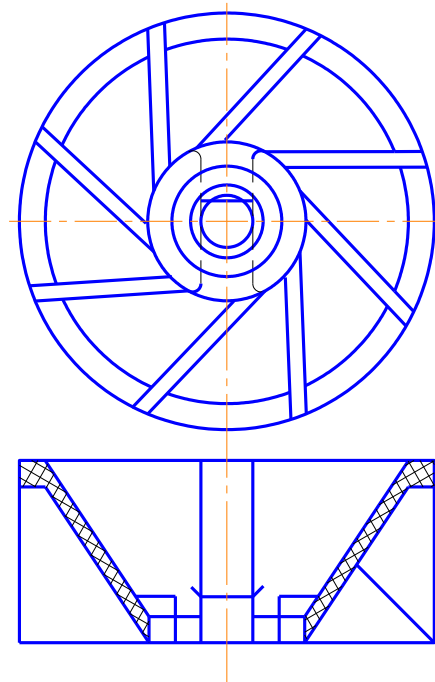


Рис. 2.10. Схема запропонованої катушки.

Впровадження оригінальних елементів висівного диска та катушки дозволяє регулювати геометричні параметри робочих органів, що дає можливість висівати насіння овочевих культур різних розмірів та форми. Така модернізація підвищує універсальність сівалки, оскільки один і той самий агрегат може ефективно виконувати посів кількох видів культур без необхідності заміни робочих органів. Крім того, застосування змінних деталей оригінальної

конструкції забезпечує рівномірність подачі насіння, зменшує ризик його пошкодження під час висіву та сприяє оптимальному розподілу насіннєвого матеріалу по ширині рядка. Такий підхід не лише покращує технічні характеристики сівалки, але й підвищує ефективність посівних робіт, знижує витрати енергії та час на обслуговування агрегату, що відповідає сучасним вимогам інтенсивного овочівництва.

3. НАУКОВА ЧАСТИНА

3.1. Вимоги до висівного апарата сівалки для овочевих культур

Висівний апарат сівалки для овочевих культур повинен забезпечувати виконання технологічного процесу сівби відповідно до агротехнічних вимог, з урахуванням біологічних особливостей насіння та умов вирощування культур. Основні вимоги до висівного апарата полягають у наступному.

Висівний апарат повинен забезпечувати стабільність норми висіву незалежно від швидкості руху агрегату та змін фізико-механічних властивостей насіння. Відхилення фактичної норми висіву від заданої не повинно перевищувати допустимих значень, установлених агротехнічними вимогами для овочевих культур.

Однією з ключових вимог є рівномірність розміщення насіння в рядку. Висівний апарат має забезпечувати мінімальну кількість пропусків і двійників, що особливо важливо для дрібнонасінних овочевих культур, чутливих до загущення або зрідження посівів.

Конструкція висівного апарата повинна забезпечувати обережне поводження з насінням, виключаючи його пошкодження під час захоплення, транспортування та скидання в борозну. Це має важливе значення для збереження схожості та енергії проростання насіння.

Висівний апарат повинен працювати стабільно в широкому діапазоні робочих швидкостей, без різкого зниження якості висіву при зміні швидкісного режиму руху посівного агрегату. При цьому має зберігатися синхронність роботи всіх посівних секцій.

Важливою вимогою є універсальність висівного апарата, яка полягає в можливості висіву насіння різних овочевих культур, що відрізняються формою, розмірами та масою, без значної перебудови конструкції або заміни основних елементів.

Конструкція висівного апарата повинна забезпечувати надійність і довговічність у процесі експлуатації, бути стійкою до зношування, засмічення та впливу пилу й вологи. Простота регулювань і зручність технічного

обслуговування є обов'язковими умовами ефективної роботи машини.

З огляду на сучасні вимоги до сільськогосподарської техніки, висівний апарат повинен відповідати принципам енерго- та ресурсозбереження, характеризуватися мінімальними енергетичними витратами та раціональним використанням матеріалів.

3.2. Огляд висівних апаратів для овочевих культур

Ключовим вузлом сівалки є висівний апарат, оскільки саме від його роботи залежить точність та рівномірність розташування насіння впродовж рядка. Основна функціональна вимога до цього вузла – забезпечити безперервний та однорідний потік насіння, при цьому допустиме відхилення від встановленої норми висіву не повинно перевищувати 2 %. Для апарата точного висіву критичною є універсальність: він має працювати з насінням різних видів без його пошкодження (подрібнення $\leq 0,3\%$), мати просту конструкцію, забезпечувати легке регулювання норми висіву у широкому діапазоні та зручність експлуатації в польових умовах.

З метою задоволення цих вимог розроблено та запропоновано кілька типів висівних апаратів, їх класифікацію представлено на рис. 3.1.

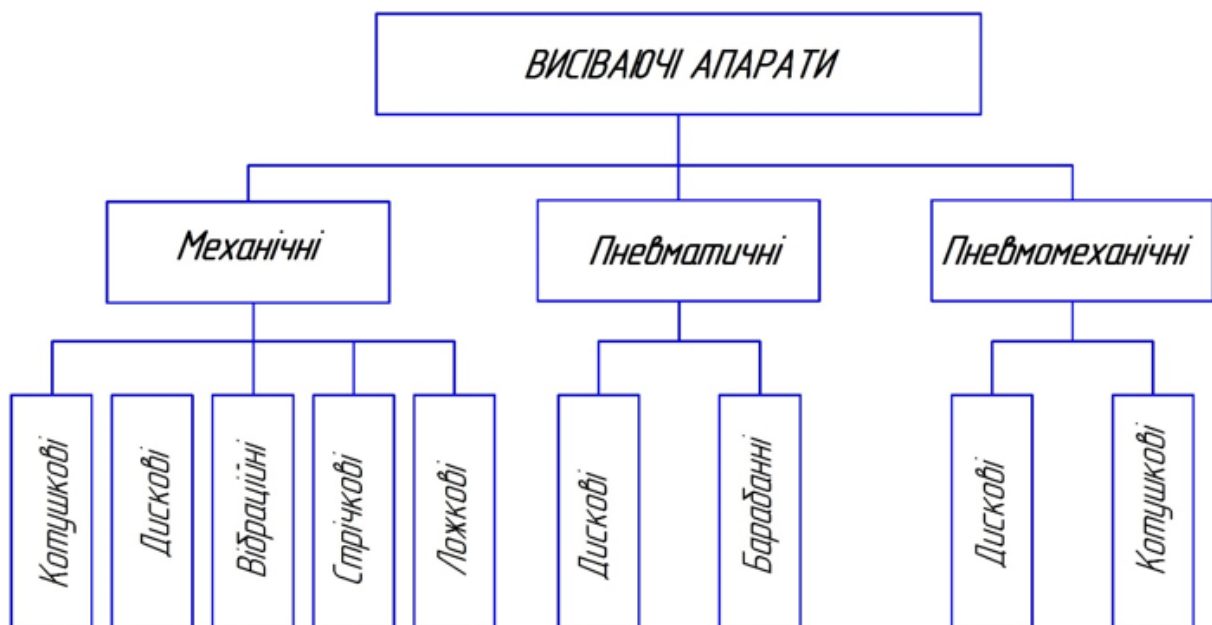


Рис. 3.1 Класифікація висівних апаратів

Таблиця 3.1

Порівняльний аналіз висівних апаратів

Тип висівного апарата	Принцип дії	Переваги	Недоліки
Дисковий	Насіння притискається до отворів обертового диска і подається у борозну	Простий і надійний, легко регулюється норма висіву, підходить для різних культур	Можливе прилипання насіння, чутливий до вологості ґрунту
Котушковий (шнековий)	Насіння транспортується шнеком або котушкою до сошника	Рівномірний висів, широкий діапазон норм, мінімальне пошкодження насіння	Складність конструкції, потребує точного регулювання
Пневматичний	Насіння подається повітряним потоком із бункера до сошника	Висока швидкість роботи, відсутність механічного пошкодження насіння, можливість одночасного внесення добрив	Висока металоємкість, потребує вентилятора та додаткового обслуговування
Механічний (класичний)	Насіння подається через обертові шестерні або диски	Надійність, проста конструкція, невелика вартість обслуговування	Менша швидкість роботи, обмежена універсальність
Комбінований	Поєднує механічний або дисковий апарат з пневматичним транспортуванням	Забезпечує точний посів і внесення добрив одночасно, підходить для різних культур	Складна конструкція, підвищені вимоги до обслуговування

Таким чином, аналіз висівних апаратів свідчить про те, що для універсальної овочевої сівалки важливо обрати апарат, який поєднує надійність, точність та мінімальні втрати насіння, а також легко адаптується до різних геометричних параметрів насіння та умов поля. Для сівалки СУПО-6 було прийнято рішення модернізувати дисковий апарат шляхом встановлення

катушкового типу з можливістю регулювання висіву, що підвищує універсальність та продуктивність машини.

Механічні висівні апарати характеризуються відносно простою конструкцією і складається з диска, на периферії якого розташовані комірки для поштучного захоплення насіння з бункера та його подальшої подачі до зони вивантаження. Диск може монтуватися на вертикальній, горизонтальній або нахилений осі залежно від конструктивних особливостей сівалки. Зазначені апарати здебільшого застосовуються для висіву насіння технічних культур.

Водночас їх експлуатаційна надійність є обмеженою, оскільки еластична оболонка диска під час роботи піддається швидкому зносу, що зменшує довговічність та точність дозування насіння.

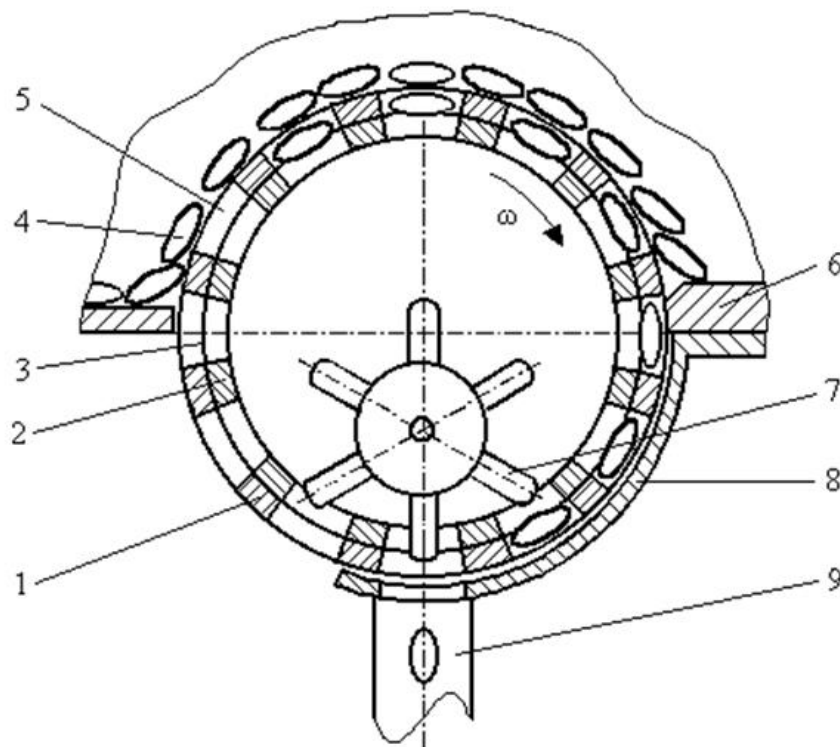


Рис. 3.2. Принципова схема механічного висівного апарата барабанного типу:

- 1 – зовнішній циліндр; 2 – внутрішній циліндр; 3 – еластична оболонка;
- 4 – насінина; 5 – комірка; 6 – відбивач зайвого насіння; 7 – штифт;
- 8 – скоба; 9 – насіннепровід.

Огляд висівних апаратів

Апарат висівний механічний стрічкового типу (рис. 3.3), який пропонує фірма «Stanhay» (Великобританія).



Рис. 3.3. Висівний апарат стрічковий «Stanhay»: А – дросель; В – пасок насіння; С – приводне колесо; D – колесо відбивача; Е – пружина.

Апарат пневмомеханічний дискового типу (рис. 3.4) встановлюється на сівалці Аеромат фірми «Becker» (Німеччина).

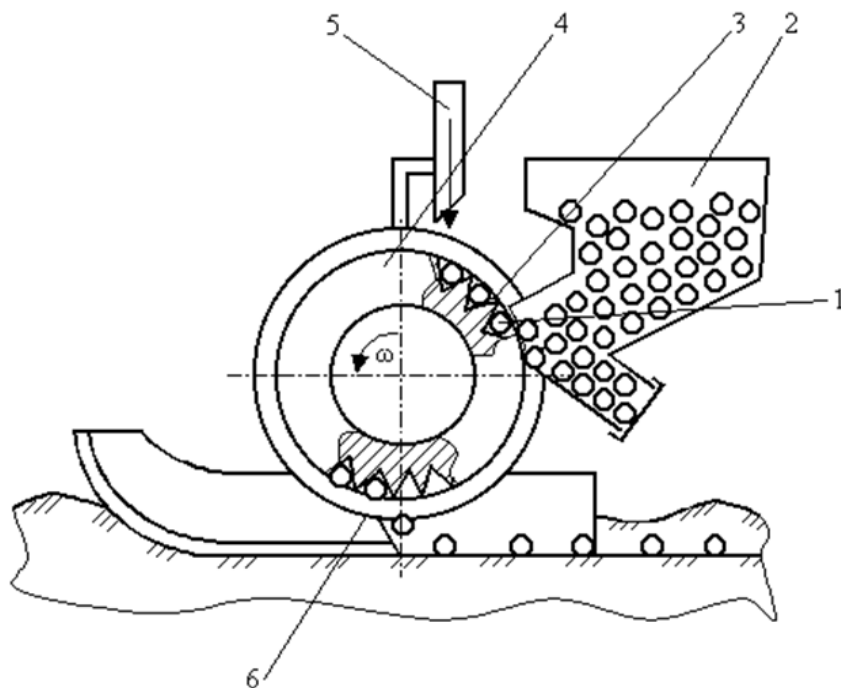


Рис. 3.4. Принципова схема пневмо-механічного апарата з дисковим висівним елементом фірми «Becker»: 1 – насіння; 2 – бункер; 3 – комірчина; 4 – диск; 5 – сопло; 6 – кожух.

Науковці Туркменського науково-дослідного інституту землеробства запропонували конструкцію висівного апарата, спрямовану на підвищення рівномірності розподілу насіння в рядку. У запропонованому апараті відбір насіння здійснюється за рахунок створення надлишкового тиску, а для розвантаження комірок застосовується зона розрідження (рис. 3.5).

Проте ефективність такого апарата обмежена, оскільки ймовірність відриву насіння залишається низькою. Це пояснюється тим, що тиск повітря в вхідному каналі ежектора практично дорівнює тиску в лійкоподібному вловлювачі. Відповідно до принципу Бернуллі про збереження енергії, у таких умовах виникнення розрідження у зоні розвантаження не відбувається, що зменшує точність відбору насіння.

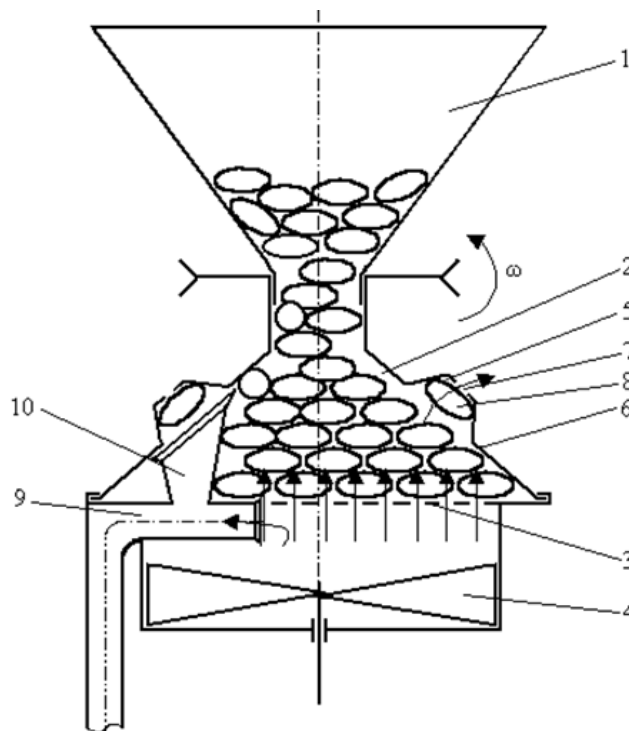


Рис. 3.5. Принципова схема висівного апарата надлишкового тиску з внутрішнім заповненням: 1 – бункер; 2 – забірна камера; 3 – сітчасте днище; 4 – нагнітач; 5 – конусоподібні комірки; 6 – висівний елемент; 7 – канал; 8 – насіння; 9 – ежектор; 10 – лійкоподібний вловлювач.

Найбільш поширеними в практичному застосуванні для однонасінного висіву стали пневмомеханічні висіваючі апарати вакуумного типу, робота яких базується на присмоктуванні насіння до комірки висіваючого елемента. Порівняно з апаратами надлишкового тиску, вакуумні апарати відзначаються

більш простою конструкцією та меншою складністю експлуатації.

Аналіз конструктивно-технологічних схем різних висівних апаратів та їх конструкцій свідчить про те, що механічні апарати мають значні переваги щодо надійності та стабільності роботи. З огляду на це, у рамках даної роботи пропонується вдосконалити конструкцію механічного роторно-лопатевого висівного апарата сівалки СУПО-6, шляхом дослідження та оптимізації параметрів його функціонування.

Саме якість роботи висівного апарата значною мірою визначає точність дозування та рівномірність розміщення насіння в рядку, що безпосередньо впливає на дружність сходів і врожайність овочевих культур.

Сівалка СУПО-6 у серійному виконанні оснащується стандартним висівним апаратом, конструкція якого в цілому відповідає агротехнічним вимогам, однак за певних умов експлуатації не забезпечує стабільності параметрів висіву. Це зумовлює необхідність аналізу його конструктивних особливостей та обґрунтування можливих шляхів удосконалення.

Аналіз відповідності серійного висівного апарата СУПО-6 технічним вимогам та обґрунтування напрямів удосконалення

1. Відповідність основним вимогам

На основі порівняльного аналізу сучасних сівалок для овочевих культур (табл. 3.1) та польових випробувань серійного апарата СУПО-6 можна зробити такі висновки:

Відповідає вимогам:

- простота конструкції та надійність: серійний апарат легко обслуговується, його ремонт не потребує спеціалізованих ресурсів.
- економічність експлуатації: низька вартість обслуговування та доступність запасних частин.
- можливість агрегування: апарат сумісний із тракторами середнього тягового класу.

Не відповідає вимогам:

- точність висіву: наявна механічна система обмежує рівномірність розподілу насіння, особливо дрібного.

- універсальність застосування: обмежені можливості щодо зміни міжряддя та роботи з різними типами насіння овочевих культур.
- автоматизація контролю: відсутні системи регулювання тиску на ґрунт та моніторингу норми висіву, що знижує стабільність роботи на нерівних ділянках.



Рис. 3.6. Структурно-логічна схема обґрунтування напрямів удосконалення висівного апарата сівалки СУПО-6

Напрями удосконалення висівного апарата СУПО-6

На основі аналізу сучасних моделей та виявлених недоліків пропонуються такі напрями модернізації:

1. Підвищення точності висіву:

- впровадження пневматичного або комбінованого диска для більш рівномірного подавання насіння;
- регулювання кількості насіння за допомогою дозуючого механізму з більшою точністю.

2. Покращення універсальності роботи

- можливість зміни міжряддя та глибини загортання насіння під різні овочеві культури;
- адаптація до роботи з різними типами насіння (дрібне, середнє, крупне).

3. Оптимізація загортання та контакту насіння з ґрунтом

- регульований коток або сошник для покращення контакту насіння із ґрунтом;
- забезпечення стабільної глибини висіву за різної щільності ґрунту.

4. Збереження конструктивних переваг серійного апарата

- простота обслуговування та ремонтпридатність;
- мінімальні зміни, що не впливають на економічну ефективність агрегату.

Мета та завдання дослідження для модернізації висівного апарата СУПО-6

Мета дослідження:

Удосконалити висівний апарат сівалки СУПО-6 з метою підвищення точності висіву та розширення його універсальності відповідно до сучасних вимог вирощування овочевих культур.

Завдання дослідження:

Дослідити існуючі конструкції висівних апаратів, що застосовуються у вітчизняних та зарубіжних сівалках для овочів.

Проаналізувати роботу серійного апарата СУПО-6 та виявити його основні недоліки з точки зору точності, продуктивності та універсальності.

Визначити можливі шляхи вдосконалення конструкції для покращення стабільності роботи і якості висіву.

Розробити нові або вдосконалені конструктивні елементи (диски, котки, дозувальні механізми), зберігаючи простоту та зручність обслуговування апарата.

Експериментально перевірити ефективність запропонованих змін і порівняти результати з базовою конструкцією.

3.3. Теоретичні дослідження.

Обґрунтовуючи ключові параметри роторно-лопатевого висіваючого апарата, регулювання його механізмів та елементів технологічного процесу висівання, ми будемо враховувати фізико-механічні властивості посівного матеріалу, а також конструктивні та експлуатаційні характеристики апарату і регулювальних механізмів.

Розмір зазору між кромками хрестовини зовнішніми та лопатей і боковою поверхнею корпусу внутрішньою (рис. 3.15) будемо визначати за умови

тут φ_t – покрововий кут лопатів, рад; $\varphi_t = \frac{\pi}{2}$.

Визначення параметру B ми виконували за величиною зазору хрестовини ротора та лівої боковини корпусу висівного апарата δ_2 . Значення останньої знаходили згідно виразу (3.1): $\delta_2=10$ мм. За відомих значень довжини втулки ротора L , хрестовини ротора δ_k , товщини лопаті δ_l ми маємо $B=16,5$ мм. Через вираз (3.2) ми знайдемо радіус R_2 ротора:

$$R_2 = \sqrt{\frac{8V_p}{\pi\varphi'_t B}} + R_1^2. \quad (3.4)$$

З певних міркувань величина перекриття зовнішнього і внутрішнього радіусів висівного вікна радіусом діючого ротора і його втулкою (рис. 3.15) повинна бути відповідно: $R_{\text{зовнішнього}}=33$ мм; $R_{\text{внутрішнього}}=22$ мм; $h_{\text{висота}}=11$ мм; $\delta_{\text{зкут}}=2$ мм; $\delta_3=7$ мм.

Кут висіваючого вікна центральний ми знаходили з урахуванням потоку насіння при посіві. Маємо $\alpha=95^\circ$.

Робочий об'єму ротора буде:

$$V_{pi} = \frac{\pi\alpha B p h_i (R_{zi} + R_{вн})}{8}, \quad (3.5)$$

тут h_i , R_{zi} – величини висоти і зовнішнього радіуса висіваючого вікна.

Кут взаємного перекриття передньої крайки лопаті та бічної хрестовини в плані визначається з умови забезпечення стабільного переміщення та безперервної подачі насіння лопатями у зону висівного вікна.

$$\Delta\varphi_1 = \frac{180a_{\max}}{\pi(B\tg\delta_{\min} + R_1 - 0,5b_{\max})}, \quad (3.6)$$

тут $\delta_{\min}$ – найменший кут природного відкосу;

$a_{\max}$, $b_{\max}$ – розміри насінини: відповідно максимальна довжина і ширина.

З метою підвищення рівномірності подачі насіння без їх пошкодження, а також для зменшення рівня та коливань динамічних навантажень на елементи висівного апарата і привідну систему, визначено комплекс необхідних і достатніх конструктивних умов. Зокрема, передня крайка кожної лопаті в площині обертання повинна бути відхилена у бік, протилежний напрямку її руху, мати криволінійний контур і виконуватися за спеціальною геометричною залежністю — у вигляді ділянки логарифмічної спіралі, побудованої відносно центра оберту хрестовини.

$$R = R_1 e^{\varphi \operatorname{ctg} \beta}, \quad (3.7)$$

тут R – поточна величина радіуса-вектору;

φ – кут центральний, що охоплюється крайкою лопаті в площині її обертання;

β – кут відхилення кромки відносно вихідного положення.

Формування геометрії кромки необхідно виконувати відповідно до розрахункової залежності:

$$R = 15 e^{1,104 \varphi}, \quad (3.8)$$

тут φ має межі $0 \dots 0,768$ радіан.

3.4. Результати експериментальних досліджень.

Встановлено, що інтервал зміни частоти обертання ротора, який використовується для регулювання норми висіву, не відповідає діапазону, рекомендованому для забезпечення високої рівномірності подачі насіння. У зв'язку з цим у роторно-лопатевому висівному апараті регулювання норми висіву доцільно здійснювати за допомогою спеціальної регулювальної заслінки.

Дослідження показали, що при зменшенні висоти насіннєвого стовпа до 25% зміни величини та рівномірності висіву залишаються в межах встановлених агротехнічних вимог, причому зі зниженням норми висіву вплив цього чинника стає менш відчутним.

Також встановлено, що поздовжній нахил роторно-лопатевих апаратів уперед сприяє підвищенню їх продуктивності, тоді як нахил у зворотному напрямку призводить до її зменшення. Для катушкових висівних апаратів спостерігається протилежна залежність (рис. 3.8, 3.9).

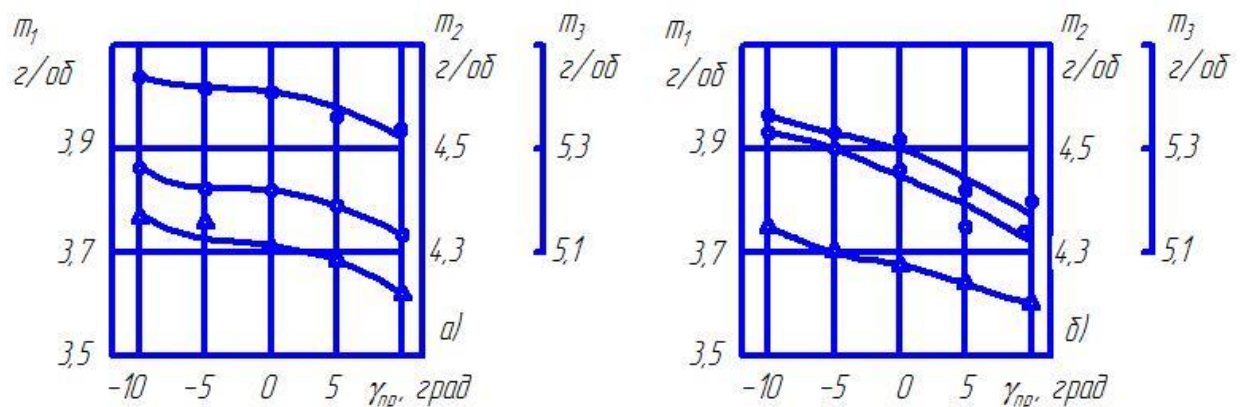


Рис. 3.8. Залежність маси висіяного насіння цибулі-чорнушки від поздовжнього нахилу роторно-лопатєвого висівача: а) – апарат з прямими кромками; б) – апарат зі спіральними кромками; m_1, m_2, m_3 – норми висіву ($Q_1=4$ кг/га, $Q_2=5$ кг/га, $Q_3=6$ кг/га).

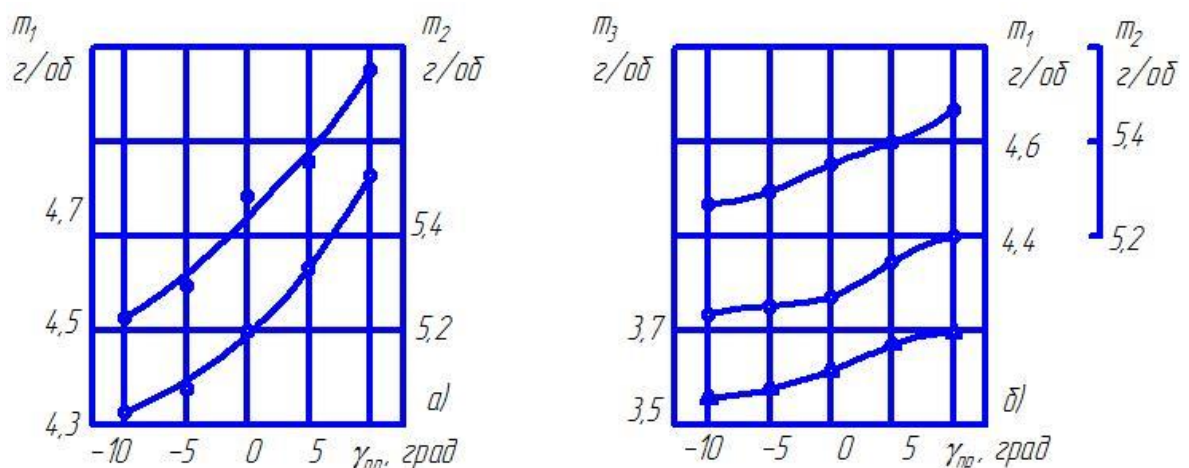


Рис. 3.9. Залежність маси висіяного насіння цибулі-чорнушки від поздовжніх нахилів катушкових висівачів: а) – апарат з однаковими жолобками, %; б) – апарат з рівновеликими жолобками; m_1, m_2, m_3 – норми висіву ($Q_1=5$ кг/га, $Q_2=6$ кг/га, $Q_3=4$ кг/га).

Висівання насіння цибулі-чорнушки експериментальним роторно-лопатеvim апаратом характеризується найбільшою стабільністю за умов поздовжніх нахилів. При цьому помітний вплив на процес висіву проявляється переважно в діапазоні нахилів до 10° .

Встановлено, що величина подачі насіння таким апаратом істотно залежить від поперечного нахилу вліво, тоді як для стандартних катушкових висівних апаратів більш відчутним є нахил у правий бік. Разом із тим для роторно-лопатеvim апаратів цей вплив залишається незначним, тоді як у катушкових він може перевищувати допустимі агротехнічні межі.

Чіткої закономірності щодо зміни рівномірності висіву насіння залежно від напрямку та величини нахилів висівного апарата встановити не встановлено.

3.5. Наукові висновки

1. Роторно-лопатеvim апарат, запропонований нами для рядового посіву забезпечує рівномірний висів чистого насіння цибулі-чорнушки в необхідних діапазонах норм.

2. Процес висіву базується на активному захопленні насіння лопатями ротора, що обертається, з подальшою безперервною примусовою подачею до висівного вікна.

3. Насіння під час роботи апарата не пошкоджується, що дозволяє зекономити до 4-5% дорогого посівного матеріалу овочевих культур.

4. Рівномірність розміщення рослин у рядку при використанні роторно-лопатеvim апаратів на 8,0–55,6% вища порівняно з катушковими.

5. Робота висівного апарата не залежить від висоти насінневого шару в бункері.

6. Відзначається зменшення металоємності у 2,5-2,9 раза та зниження маси сівалки на 30–40 кг.

7. Кількість регулювань скорочується до двох, а час на спорожнення бункера зменшується більш ніж утричі.

8. Відпадає потреба у використанні багатошвидкісних передавальних

механізмів.

9. Продуктивність підвищується на 45,5% завдяки кращому використанню робочого часу та можливості працювати на більших швидкостях (понад 7 км/год).

10. Застосування таких апаратів сприяє підвищенню врожайності цибулі-чорнушки до 8%.

4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ

На основі проведених експериментальних досліджень роторно-лопатевого висівача СУПО-6 були визначені ключові параметри та умови, що забезпечують рівномірний і безпечний висів насіння овочевих культур.

1. Регулювання норми висіву

Встановлено, що діапазон частоти обертання ротора для зміни норми висіву не завжди відповідає рекомендованим значенням для забезпечення оптимальної рівномірності. Тому у практичних умовах регулювання норми висіву здійснюється за допомогою спеціальної заслінки, що дозволяє точніше контролювати кількість насіння, яке подається у рядок.

2. Вплив висоти насіннєвого стовпа

Зменшення висоти насіннєвого стовпа до 25% незначно впливає на величину та рівномірність висіву, і цей вплив залишається в межах агротехнічних вимог. При зниженні норми висіву зміни ще менш помітні.

3. Вплив нахилів апарата

– Поздовжні нахили роторно-лопатевого апарата уперед підвищують продуктивність, а нахили назад – знижують. Для катушкових апаратів закономірність протилежна.

– Поперечний нахил експериментального апарата вліво трохи впливає на величину висіву, тоді як для стандартних апаратів найбільш чутливим є нахил вправо. Для роторно-лопатевого апарата цей ефект не перевищує допустимі агротехнічні межі, на відміну від катушкових, де він може бути критичним.

– Встановлено, що закономірної зміни рівномірності висіву при різних нахилах апарата не спостерігається.

4. Універсальність та ефективність апарата

Роторно-лопатевий апарат забезпечує безпощадний висів насіння, що дозволяє економити 4–5% дорогоцінного насіннєвого матеріалу. Рівномірність

висіву вздовж рядка підвищується на 8–55% порівняно з котушковими апаратами.

5. Енергетичні та експлуатаційні переваги

- зменшення металоємності апарата в 2,5–2,9 рази та маси сівалки на 30–40 кг;
- скорочення числа регулювань до двох та часу на обслуговування насіння більш ніж у 3 рази;
- відсутність потреби у багатошвидкісних механізмах передач підвищує надійність і знижує трудомісткість експлуатації.

6. Підвищення продуктивності та врожайності

Завдяки роторно-лопатевому апарату продуктивність роботи сівалки збільшується на 45,5%, а коефіцієнт використання робочого часу зміни підвищується, що дозволяє працювати на підвищених швидкостях посіву. Використання апарата сприяє підвищенню врожайності цибулі-чорнушки до 8%.



Рис. 4.1. Узагальнення по модернізації висівального апарата СУПО-6

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці при роботі сівалкою СУПО-6

Загальна характеристика умов праці

У процесі виконання посівних робіт із використанням сівалки СУПО-6 праця механізатора відноситься до робіт підвищеної небезпеки, оскільки пов'язана з експлуатацією мобільної сільськогосподарської техніки, наявністю рухомих механізмів, підвищеним рівнем шуму, вібрації та запиленості. Умови праці залежать від технічного стану машини, організації робочого місця, погодних умов та дотримання вимог охорони праці.

Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів

Під час роботи з сівалкою СУПО-6 на працівника можуть впливати такі фактори:

- **механічні** – травмування рухомими та обертовими частинами висівних апаратів, приводів, маркерів;
- **фізичні** – підвищений рівень шуму і вібрації від роботи трактора;
- **хімічні** – вплив пилу, протруєного насіння та мінеральних добрив;
- **психофізіологічні** – втома, зниження уваги під час тривалої роботи.

Наявність зазначених факторів зумовлює необхідність впровадження комплексу організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів безпеки.

Організаційні заходи з охорони праці

До організаційних заходів належать:

- проведення вступного, первинного та повторного інструктажів з охорони праці;
- допуск до роботи лише осіб, які пройшли медичний огляд і навчання;
- забезпечення дотримання режимів праці та відпочинку;
- контроль за виконанням вимог нормативно-правових актів з охорони праці.

Вимоги безпеки перед початком роботи

Перед початком експлуатації сівалки СУПО-6 механізатор зобов'язаний:

- оглянути технічний стан сівалки та трактора;

- перевірити справність захисних огорожень і блокувальних пристроїв;
- впевнитися у надійності з'єднання сівалки з трактором;
- здійснювати регулювання лише при вимкненому двигуні;
- використовувати засоби індивідуального захисту відповідно до умов праці.

Вимоги безпеки під час виконання посівних робіт

Під час роботи забороняється:

- перебувати в зоні дії робочих органів сівалки;
- усувати несправності при працюючому двигуні;
- перевищувати допустиму швидкість руху агрегату;
- здійснювати транспортування людей на сівалці.

Механізатор повинен постійно контролювати роботу агрегату та негайно зупиняти його у разі виникнення несправностей.

Вимоги безпеки після завершення роботи

Після закінчення робіт необхідно:

- зупинити агрегат і зняти його з робочого положення;
- очистити робочі органи від ґрунту і залишків насіння;
- провести технічний огляд і підготувати сівалку до зберігання.

Пожежна безпека та охорона навколишнього середовища

Під час роботи слід дотримуватись вимог пожежної безпеки, не допускати витоків пально-мастильних матеріалів та забруднення ґрунту. Раціональне використання насіння і добрив сприяє зменшенню негативного впливу на навколишнє середовище.

Розширений комплекс заходів з охорони праці забезпечує зниження рівня травматизму та підвищення ефективності посівних робіт.

6 ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Дослідження показали, що розроблений роторно-лопатевий висіваючий апарат забезпечує рівномірний рядовий посів насіння цибулі-чорнушки у межах встановлених норм висіву. Принцип його роботи ґрунтується на активному захопленні насіння обертливими лопатями ротора та безперервному транспортуванні до висіваючого отвору, що виключає пошкодження насіннєвого матеріалу і дозволяє економити до 4–5% посівного насіння.

Рівномірність розміщення рослин у рядку при використанні роторно-лопатєвого апарату перевищує показники традиційних катушкових висівних апаратів на 8–56%. Ефективність роботи не залежить від висоти насіннєвого стовпа, що підвищує стабільність роботи сівалки в різних умовах.

Модернізована конструкція апарату дозволяє значно знизити металоємність агрегату (у 2,5-2,9 рази) і зменшити масу сівалки на 30-40 кг. Одночасно скорочено кількість необхідних регулювань до двох, а час на випорожнення бункера зменшено більш ніж у три рази. Відсутність багатошвидкісних механізмів передач спрощує обслуговування, підвищує надійність і знижує експлуатаційні витрати.

Запропоноване удосконалення сприяє збільшенню продуктивності агрегату на 45,5% за рахунок більш ефективного використання робочого часу зміни та можливості роботи на підвищених швидкостях посіву, а також дозволяє підвищити врожайність цибулі-чорнушки до 8%. Отримані результати підтверджують ефективність роторно-лопатєвого апарату та доцільність його застосування в сучасних овочівницьких посівних комплексах.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Амосов, В. В. Математичне моделювання процесів і машин : навч. посіб. : [для студентів агротехнічних спеціальностей] / В. В. Амосов, В. М. Сало, М. О. Свірень. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 218 с.
2. Васильковський О., Лещенко С., Васильковська К., Петренко Д. Основи наукових досліджень. Перші наукові кроки. : навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Харків : Мачулін, 2019. 164 с.
3. Висівні апарати сівалок. Еволюція конструкцій, розрахунки параметрів. / Навчальний посібник Сисолін П.В. Свірень М.О. – Кіровоград, 2004 р. – 160 с.
4. Войтюк Д. Г. Сільськогосподарські машини; підручник [2-е вид.]. Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. Київ : Каравела, 2008. 552 с.
5. Гапоненко В.С., Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. – 5-е вид., доп. перероб. – К.: Урожай, 1988. – 384 с.
6. ДСТУ 12.0.003-74*. ССБТ. Небезпечні і шкідливі виробничі фактори Класифікація.
7. ДСТУ 2189-93 Система стандартів безпеки праці. Машини сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Зі зміною №1 та поправкою.
8. ДСТУ EN ISO 4254-1:2017 «Сільськогосподарські машини. Вимоги безпеки».
9. Закон України «Про охорону праці».
10. Кобець А.С. Теорія і розрахунок сільськогосподарських машин: практикум / Кобець А.С., Кобець О. М., Пугач А. М. – Дніпропетровськ, вид-во «Свідлер А.Л.», 2011. – 164 с.
11. Машини для сівби, садіння та догляду за посівами: навч. посіб./В. Сало, С. Лещенко, П. Лузан, Л. Сало. Кропивницький : Лисенко В.Ф., 2022. 220 с.

12. НПАОП 0.00-1.01-07 «Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві».

13. НПАОП 0.00-1.28-10 «Правила охорони праці під час експлуатації сільськогосподарської техніки».

14. Охорона праці у сільському господарстві. Навч. посібник / О.В. Войналович, Є.І. Марчиниша, Т.О. Білько. – К.: Центр навчальної літератури, 2019. – 691 с.

15. Патент №32232, Україна, МПК: A01C7/08Котушковий висівний апарат / С.І. Шмат, К.Д. Матвеєв, В.А. Дейкун, Дейкун О.В., Г.М.Пислиця, заявник і патентовласник Центральноукр. нац. техн. ун-т, u20071462012.05.2008, опубл. бюл. № 9.

16. Сисолін П.В. та ін. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підр. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання с.-г. вир.-ва / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.: іл.

17. Сівалка овочева точного висіву СУПО-6. Технічний опис та інструкція з експлуатації.

18. Сільськогосподарські машини. Підручник / Войтюк Д.Г., Гаврилюк Г.Р. – К.: Каравела, 2018. – 552 с.

19. Сучасні технології вирощування овочевих культур / Навч. посібник / В. Б. Кутовенко, І. Г. Міхаліна, В. Т. Гонтар – К., 2014. – 327 с.

20. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин: Навч. посібник / П.В. Сисолін. – К.: ІСДО, 1994. – 148 с.

21. Шудренко І.В. Охорона праці в галузі : навч. посібник. Житомир: ЖНАЕУ, 2017. 136 с.

ДОДАТКИ