

Центральноукраїнський національний технічний університет

ЦЗДО

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

\_\_\_\_\_ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

## **ДИПЛОМНА РОБОТА**

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

«Механізація вирощування сої з удосконаленням конструкції сошників  
зернової сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти II курсу,  
групи АІ-24МЗ

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

\_\_\_\_\_ Ткаченко Олексій Олександрович

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Керівник роботи

професор, докт. техн. наук

\_\_\_\_\_ Василь САЛО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

Рецензент

доцент, канд. техн. наук

\_\_\_\_\_ Тимофій РУДЕНКО

« \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2025 р.

м. Кропивницький



## 6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Консультант	Підпис, дата	
		Завдання видав	Завдання прийняв
1 - 6	Сало В,М.		

## КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	<i>Вивчення технологій вирощування сої</i>	17.09 – 25.09.25	
2	<i>Ознайомлення з технічним забезпеченням виробництва сої</i>	26.09 – 5.10.25	
3	<i>Розробка заходів по удосконаленню технології вирощування сої</i>	6.10 – 15.10.25	
4	<i>Виконання дослідницької частини</i>	16.10 – 01.11.25	
5	<i>Практична реалізація результатів досліджень</i>	02.11. – 10.11.25	
	<i>Розробка заходів з охорони праці</i>	11.11 – 15.11.25	
6	<i>Оформлення ілюстративної частини роботи</i>	16.11. – 24.11.25	
7	<i>Оформлення пояснювальної записки</i>	25.11 – 30. 11.25	

Дата видачі завдання

« 16 » 09 2025 р.

Підпис керівника

\_\_\_\_\_ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання

« 16 » 09 2025 р.

Підпис здобувача \_\_\_\_\_

Ткаченко О.О. \_\_\_\_\_  
(прізвище та ініціали)

## Анотація

В роботі наведено результати аналізу поширених технологій вирощування сої та технічного забезпечення процесів сівби, запропоновано шляхи їх удосконалення. Представлена методика та технічне забезпечення експериментальних досліджень залежності тягового опору нової конструкції посівної секції від глибини ходу сошника та робочої швидкості, яка запропонована до використання у складі модернізованої зернової сівалки СЗ-3,6С. Встановлено, що загальний тяговий опір посівної секції знаходиться в діапазоні від 0,12 до 0,4кН, що дозволяє знизити загальний тяговий опір модернізованої сівалки порівняно з серійною на 25...30%, підвищити робочу швидкість і продуктивність посівного агрегату, та знизити витрати пального до 3,8кг/га.

## Annotation

Results over of analysis of widespread technologies of growing of soy and hardware of processes of sowing are in-process brought, the ways of their improvement are offered. Presented methodology and hardware of experimental researches of dependence of hauling resistance of new construction of sowing section from a depth step of сошника and working speed, that is offered to the use in composition modernized grain-growing сівалки of СЗ-3,6С. It is set that common hauling resistance of sowing section is in a range from 0,12 to 0,4кН, that allows to bring down common hauling resistance of modernized сівалки comparatively with serial on 25...30 %, increase working speed and productivity of sowing aggregate, and to bring down the charges of fuel to 3,8kg/h.

## Зміст пояснювальної записки

№ п/п	Назва розділу, підрозділу	Стор.
	Вступ	6
2	Стан досліджуваного питання та вибір напрямку досліджень	8
2.1	Аналіз поширених технологій вирощування сої та визначення шляхів їх покращення	8
2.2	Аналіз існуючих посівних машин для вирощування сої	12
3	Наукова частина. Дослідження енергоємності функціонування посівної секції з долотовидним сошником	28
3.1.	Загальні відомості про роботу загортаючих робочих органів посівних машин	28
3.2	Програма польових досліджень та їх технічне забезпечення	31
3.3	Результати досліджень	35
4	Практична реалізація результатів досліджень.	38
4.1.	Обґрунтування складу посівного агрегату та режимів його роботи.	38
4.2.	Підготовка агрегату до роботи	41
4.3	Взаємне розташування сошників на сівалці	42
5.	Охорона праці.	45
5.1	Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що можуть виникати під час роботи посівного агрегату, та заходи щодо їх запобігання	45
	Висновки	46
	Список використаної літератури	48
	Додатки	50

## Вступ

Важливим напрямом розвитку сучасного сільського господарства є збереження родючості ґрунтів шляхом упровадження протиерозійних технологій, зокрема безвідвального обробітку, посіву по стерні, а також зменшення питомого тиску машинно-тракторних агрегатів на поверхню ґрунту. Під час виконання операцій із підготовки ґрунту, особливо при безвідвальному обробітку, необхідно забезпечити інтенсивне розпушування ґрунтових агрегатів до стану, що відповідає агротехнічним вимогам, а іноді — до рівня, придатного для проведення сівби звичайними рядковими сівалками.

Досягнення таких умов вимагає як удосконалення технологій вирощування сільськогосподарських культур, так і модернізації існуючих або створення нових ґрунтообробних машин. У процесі технічного оновлення аграрного виробництва розробляються сучасні машини, здатні забезпечити комплексну механізацію всіх етапів сільськогосподарських робіт. Основна увага при цьому приділяється збільшенню робочої ширини захвату, підвищенню швидкості роботи агрегатів, а також застосуванню автоматизованих систем контролю та управління технологічними процесами.

В умовах сучасного виробництва значно зростають вимоги до якості виконання технологічних операцій ґрунтообробними агрегатами, адже саме від їх ефективності залежать якість посіву, рівень схожості насіння, трудомісткість подальших доглядових робіт і, зрештою, обсяги отриманої продукції.

Разом із тим, наявний у господарствах машинно-тракторний парк також потребує оновлення та модернізації відповідно до сучасних вимог.

У зв'язку з цим у даній дипломній роботі здійснюється спроба вдосконалити технологію вирощування сої, обґрунтувати раціональний склад посівного агрегату та поліпшити конструкцію зернової сівалки. Зокрема, для підвищення ефективності процесу сівби сої з міжряддям 30 см запропоновано модернізувати сівалку СЗ-3,6, замінивши дискові сошники на посівні секції з долотоподібними сошниками, які мають гострий кут входження в ґрунт.

Очікується, що така заміна сприятиме покращенню рівномірності загортання насіння по глибині, зниженню тягового опору агрегату, підвищенню продуктивності посівного процесу, а отже — загальній ефективності вирощування сої.

## 2. СТАН ДОСЛІДЖУВАНОВОГО ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Аналіз поширених технологій вирощування сої та визначення шляхів їх покращення

Характеристика культури.

У сільськогосподарському виробництві України вирощують один основний вид сої, який поділяється на три підвиди — маньчжурський, японський та китайський [1].

Соя щетиниста (*Glycine hispida*) — це однорічна рослина родини бобових. Її коренева система має стрижневу форму та добре розвинена, подібна до кореня квасолі. Стебло прямостояче, розгалужене, опушене, висотою від 50 до 80 см і більше. Листки трійчасті, вкриті волосками, різної форми та розміру, до моменту збирання врожаю зазвичай опадають.

Квітки дрібні, білого або фіолетового забарвлення, зібрані у китиці, по 3–15 штук. Соя належить до самозапильних культур. Боби мають різне забарвлення та форму — від прямих до злегка вигнутих, у середньому містять 2–3 насінини. У деяких сортів під час досягання ступки розтріскуються, і насіння висипається. Насіння буває округле або овальне, різних кольорів — жовте, зелене, коричневе, чорне чи червоне.

Біологічні особливості.

Соя є теплолюбною рослиною короткого дня. Проростання насіння починається при температурі +8...+10 °С, а найшвидше сходи з'являються за +18...+20 °С. Оптимальна температура росту становить +18...+25 °С [2.3].

На початку вегетації рослина менш чутлива до нестачі вологи, однак найбільша потреба у воді припадає на період цвітіння та наливу зерна. Посухи під час цвітіння призводять до значного зниження урожайності.

Тривалість вегетаційного періоду залежить від сорту та кліматичних умов і коливається від 80 до 200 днів, у районованих в Україні сортів — переважно 100–140 днів. Найвищі врожаї сої отримують на родючих чорноземах, багатих на кальцій. У лісостепових районах на сірих опідзолених ґрунтах високі

результати забезпечує внесення мінеральних добрив. Непридатними є кислі, заболочені, солонцюваті або засолені ґрунти.

Сорти сої, поширені в Україні

Найбільше поширення мають сорти маньчжурського підвиду, які відрізняються висотою рослин, розміром і забарвленням насіння, тривалістю вегетації та якісними показниками.

ВНИИМК 9186 — високоврожайний середньоранній сорт, стійкий до посухи. Висота рослин 50–60 см, насіння овальне, світло-жовте, маса 1000 насінин — 140–160 г. Районований у Миколаївській та Одеській областях.

Терезинська — ранньостиглий сорт, стійкий до вилягання. Насіння жовте, овально-округле. Тривалість вегетації 107–130 днів. Районований у Київській, Львівській, Сумській, Тернопільській та Хмельницькій областях.

Терезинська 24 — досягає на 2–12 днів раніше за Терезинську 2. Насіння світло-жовте, блискуче, з коричневою пігментацією, маса 1000 насінин — 100–135 г. Поширений у степових і лісостепових регіонах.

Білосніжка — ранній сорт, стійкий до бактеріальних хвороб, має велике світло-жовте насіння. Районований у Миколаївській та Полтавській областях.

Також поширені сорти: Іскра, Херсонська 1, Чернівецька 2, Херсонська 908, Київська 48 тощо.

Агротехніка вирощування

Місце у сівозміні. Найкращими попередниками для сої є кукурудза, картопля, озима пшениця, цукрові буряки. Культура очищує поле від бур'янів і збагачує ґрунт азотом, тому є цінним попередником для зернових і технічних культур [4].

Обробіток ґрунту. Проводять ретельно — подібно до підготовки під квасоллю. Основну оранку виконують на глибину 25–28 см після луцення стерні. На опідзолених ґрунтах обов'язкове внесення фосфорних, калійних та азотних добрив. Ефективне внесення 15–20 т/га гною та 28–30 кг/га діючої речовини фосфору.

Добрива. У рядки під час сівби вносять: 20 кг/га аміачної селітри, 30 кг/га суперфосфату, 20 кг/га калійної солі. Підживлення проводять фосфорними (16–20 кг/га) і калійними (15–18 кг/га) добривами. Додавання 70 кг/га нітроамофоски, збагаченої молібденом, підвищує врожай на 3,3 ц/га і збільшує вміст білка.

Сівба та догляд

Перед сівбою площу боронують, потім культивують двічі (на 10–12 см і на глибину загортання насіння).

Насіння обробляють фунгіцидами — ТМТД (2–4 кг/т) або фентіурамом (3–4 кг/т), а безпосередньо перед сівбою — нітрагіном, що забезпечує приріст урожаю на 2–4 ц/га.

Оптимальна температура ґрунту під час сівби — 10–12 °С. Сіють у кінці квітня (південні області) або в першій половині травня (західні регіони) [5.7].

Ширина міжрядь під час висіву сої залежить від сорту, ґрунтово-кліматичних умов і технічних можливостей господарства. У загальному вигляді:

Стандартна ширина міжрядь — 45 см (найпоширеніший варіант у виробничих умовах).

Для високорослих сортів — 60 см, що полегшує міжрядний обробіток і зменшує ризик вилягання.

Для низькорослих, скоростиглих сортів або при суцільному способі сівби (зерновими сівалками) — 15–30 см.

При посіві на насіння чи в умовах зрошення часто застосовують широкорядний спосіб із міжряддями 45–60 см, що забезпечує кращу аерацію і доступ світла.

Отже, сою можна висівати з міжряддями від 15 до 60 см, але оптимально — 45 см, оскільки саме при такій ширині створюються найкращі умови для росту, догляду та формування високого врожаю.

Норма висіву: 60–70 кг/га у Степу, 70–90 кг/га в Лісостепу. Глибина загортання насіння — 4–6 см.

Для боротьби з бур'янами застосовують гербіциди трефлан (1,5–2 кг/га) або ептам (3–4 кг/га) із негайним загортанням у ґрунт.

#### Догляд за посівами

Після появи сходів проводять боронування, щоб зруйнувати кірку та знищити бур'яни. Використовують також гербіциди прометрин (1,5–2 кг/га) або лінурон (2–3 кг/га).

Міжряддя розпушують 2–3 рази, на глибину 6–10 см, з прополюванням у рядках.

На зрошуваних землях сою поливають 3–5 разів із нормою 450–700 м<sup>3</sup>/га, підтримуючи вологість на рівні не нижче 70% НВ.

#### Збирання врожаю

Збирання проводять, коли рослини пожовтіють і листя опадє. Ранні сорти досягають у середині серпня, пізні — у вересні. Збирають прямим комбайнуванням або роздільним способом. Для зменшення втрат рекомендується проводити десикацію посівів хлоратом магнію (15–20 кг/га).

#### Індустріальна технологія вирощування

Науковцями України (А.О. Бабич, 1981) [6] було розроблено індустріальну технологію вирощування сої, яка передбачає комплексне застосування техніки, добрив, гербіцидів, а також повну механізацію всіх операцій. Впровадження цієї системи дозволило отримувати у Степу та Лісостепу 18–20 ц/га на богарі і 25–35 ц/га на зрошуваних землях, суттєво знижуючи собівартість зерна.

Знаковою особливістю вирощування сої в Степовій зоні є перевага середньо рослих сортів, для яких оптимальною є сівба з шириною міжрядь 30 см. Такий спосіб сівби має дві позитивні якості – це можливість на перших етапах проростання використовувати механічний обробіток сходів для боротьби з бур'янами, а в подальшому зімкнення рослин сусідніх рядків і забезпечення природнього пригнічення бур'янів в результаті нестачі світла на більш ранніх стадіях розвитку порівняно з широкорядними способами сівби. З біологічної точки зору такий спосіб є цілком прогресивним, але постає питання наявності в

системі машин посівної техніки та техніки для догляду за посівами здатної працювати за таких умов.

## 2.2. Аналіз існуючих посівних машин для вирощування сої

До основної групи найбільш поширених посівних машин як закордонного так і вітчизняного виробництва, які широко використовуються і рекомендовані для вирощування сої належать сівалки фірми Monosem, John Deere, Väderstad, Kinze, Elvorty. Марки машин обрані для аналізу - Monosem — NG Plus, John Deere 1775NT, Väderstad — Tempo, Kinze 3000, Astra-3.6 standart. В переліку присутні машини з різними способами формування насінневого потоку – пневмомеханічним (перші три) і механічним. Це рядкові сівалки точного висіву та рядові.

Сівалка Monosem — NG Plus (рис.1) [9,10,11] це представник точних пневмомеханічних/вакуумних сівалок із патентованими висівними апаратами, модульними рядковими секціями і опціями підвищеної стабільності (Monoshox). Забезпечує одночасну сівбу від 4 до 18 рядків, забезпечує ширину міжряддя від 37,5 см до 80см. Робоча швидкість 6 – 12 км/год. Конструкція добре підходить для сої завдяки гарній сингуляції насінини, регульованій глибині і можливості локального внесення добрив.



Рис.1. Загальний вигляд сівалки Monosem — NG Plus

Посівна секція сівалки – це поєднання класичних та новітніх технічних рішень (рис.2). Стандартні рішення — дводискові сошники або спеціальні трубопроводи під пневматичну подачу насіння. Monosem дає варіанти для сівби після класичного і no-till обробітку ґрунту. Для сої подвійні диски забезпечують чисту борозну та стабільну глибину.



Рис.2. Посівна секція сівалки Monosem

Для дозування посівного матеріалу використовує вакуумні / пневмомеханічні висівні апарати із плоскими/пластинчастими висівними дисками, що забезпечують хорошу сингуляцію навіть для нерівномірних форм насіння (важливо для крупних бобових). Висівні диски доступні під різні культури (в т.ч. боби, соняшник, соя). Для прикочування насіння в рядках і якісного їх загортання використовують диски встановлені під кутом до поверхні поля, що дозволяє зміщувати розпушений ґрунт у напрямку вісі рядка. Наявні пластини для контролю ущільнення ґрунту і хорошого контакту насіння — важливо для весняних сходів сої. Паралелограмна підвіска секції підвищує

стабільність її ходу і дозволяє кращий контакт з ґрунтом, також є корисною при великій кількості рослинних решток або нерівностях поверхні поля.

Сівалки мають окремі бункери ~52 л на секцію і можливість локального внесення як гранульованих так і рідких добрив одночасно із сівбою

Є доступними механічні чи електричні приводи висіву. Електропривод дає швидке регулювання норм висіву, картування, контроль сингуляції і секційне відключення.

Позитивні сторони сівалки Monosem -NG Plus заявлені виробником:

1. Висока точність дозування посівного матеріалу — пневмомеханічні висівні апарати з дисками дають однорідні інтервали між насінинами, що підвищує вихідні показники врожаю і ефективність рослинництва;

2. Універсальність висівних апаратів під різні форми насіння — Monosem заявляє сумісність зі >70 типами насіння (включно з бобовими), тобто можна підібрати відповідні диски та налаштування;

3. Регульована глибина і ущільнення ґрунту в зоні рядків — допомагає витримати рекомендовані глибини сівби сої (часто 2–5 см залежно від ґрунту) і забезпечити контакт насінини з вологим шаром;

4. Добра адаптація конструкції до no-till коли багато рослинних решток, можливість видалення грудок і рослинних решток.

Стримуючі фактори поширення використання представленої сівалки:

1. Чутливість до забруднень / вологості в висівному апараті — вакуумні системи потрібно чистити і правильно регулювати (пил, волога насінина можуть знизити ефективність). Регулярне техобслуговування обов'язкове.

2. Необхідність підбору висівних дисків під конкретну партію насіння — соя має різні розміри/форми, тож потрібні якісні висівні диски і калібрування.

3. Вартість і сервіс — якісні опції (Monoshox, електроприводи, додаткові датчики) підвищують ціну; до того ж потрібно мати доступ до дилера/запчастин. В Україні є дистриб'ютори та сервіси, але є й питання ціни послуг.

Досить відомою і популярною у аграрних холдингах України є сівалка John Deere 1775NT (рис.3) [12,13,14].



Рис.3. Загальний вигляд сівалки John Deere 1775NT

Сівалка представляє собою великий рамний агрегат з центральними/рядковими бункерами в доступній конфігурації 12–24 рядки, можливі великі центральні бункери CCS для тривалої роботи без дозаправки. Це масивна багаторядна (12–24 рядків) сівалка, довгокорпусна рамна платформа, доступна з MaxEmerge™ або ExactEmerge™ посівними секціями; допускає використання електронного контролю SeedStar, високу швидкість роботи (до 16 км/год) і широкі можливості опцій.

Сівалка обладнується посівними секціями (рис.4) з оригінальною навісною системою. В якості загортаючих робочих органів використовуються дискові сошники з утримуючими котками завдяки яким сівалка забезпечує досить точне загортання насіння по глибині. Для ущільнення ґрунту в рядках після закладання посівного матеріалу використовуються прикочуючі котки за

конструкцією аналогічні з сівалками Monosem. Дозування посівного матеріалу здійснюють висівні апарати встановлені безпосередньо під бункерами для насіння та добрив. Сівалка призначена для сівби насіння в умовах no-till підготовки ґрунту під сівбу та інших не сприятливих умовах. Для відведення рослинних решток від лінії формування борізки сошниками, спереду секції встановлені зубчасті диски.



Рис.4. Посівна секція сівалки John Deere 1775NT

В конструкції сівалки широко використані електронні та автоматичні блоки, які забезпечують виконання ряду функцій - SeedStar, SeedStar 4HP, секційне відключення посівних секцій, висока інтеграція GPS/карти, моніторинг. (багато опцій для точного землеробства), електронний контроль тиску на ґрунт й моніторинг процесу з кабіни.

Умови за яких вигідно використовувати сівалки John Deere 1775NT:

- Великі агрохолдинги з дуже великими площами (1000+ га), де важливі швидкість і інтеграція з точним землеробством (SeedStar, картування, великі центральні бункери).

- Якщо планується робота на високій швидкості (ExactEmerge) або бажаєте широкі рами 12–24 рядів з мінімальними логістичними витратами на гектар.

Очевидні плюси та мінуси використання даних машин:

Плюси - висока продуктивність, сильна електроніка, можливість високої швидкості з ExactEmerge.

Мінуси - великі капіталовкладення, складніша логістика обслуговування/транспорту, для максимальної точності потребує профільного налаштування і сервісу, обмежене регулювання ширини міжрядь, зазвичай 70 см.

Сівалки шведського виробництва серії Väderstad Tempo (рис. 5) [15,16] належать до високошвидкісних машин точного висіву, які вирізняються підвищеною точністю роботи та високою продуктивністю. До ключових технічних переваг належать значний тиск сошника на ґрунт (до 325 кг), можливість ефективного функціонування на швидкостях, що удвічі перевищують показники звичайних сівалок, а також наявність сучасних систем моніторингу, таких як E-Control на базі iPad.



Рис. 5. Загальний вигляд сівалки Väderstad Tempo

Дані сівалки призначені для високошвидкісного точного висіву культур за нульової, мінімальної або традиційної технології обробітку ґрунту.

Машини комплектуються бункером для мінеральних добрив об'ємом до 5000 л, який встановлюється на передній навісці трактора та забезпечує внесення до 350 кг/га при робочій швидкості 15 км/год.

Система керування Väderstad E-Control, що функціонує на базі iPad, дозволяє здійснювати бездротову передачу інформації, контролювати процес висіву кожної насінини та оперативно оцінювати якість виконання операції.

Тиск сошника на ґрунт сягає 325 кг і може автоматично регулюватися для забезпечення стабільних умов роботи незалежно від рельєфу поля. Конструкцією також передбачено можливість агрегування із системами внесення рідких добрив.

Кількість посівних секцій варіює від 8 до 24 залежно від модифікації.

Ширина міжрядь становить 45 або 70 см, глибина загортання насіння — до 8 см, транспортна ширина машини — 3 м. Маса сівалки з бункером для добрив сягає 8500 кг, а для ефективної роботи необхідна потужність трактора в межах 300–330 к. с.

Посівні секції сівалки мають оригінальну конструкцію (рис. 6).



Рис. 6. Загальний вигляд посівної секції сівалки Väderstad Tempo

Кожна секція, як і в більшості машин точного висіву, змонтована на паралелограмній підвісці з гідравлічним механізмом регулювання тиску на ґрунт, що забезпечує стабільність глибини висіву насіння та внесення добрив.

До рами секції приєднані зубчасті диски, які очищують робочу зону рядка від рослинних решток, створюючи оптимальні умови для формування борозенки. Сошник для насіння виконано дводисковим, а для добрив — диско-анкерного типу. Його конструкція є удосконаленою, оскільки використовує пружинний механізм довантаження, який дозволяє регулювати притискне зусилля. При перестановці механізму у переднє положення навантаження зменшується, тоді як у задньому — збільшується, що забезпечує тиск понад 150 кг на сошник у складних польових умовах. Точність загортання насіння по глибині забезпечується двома широкими опорними котками, розташованими з обох боків дводискового сошника. Для ущільнення ґрунту навколо насіння використовуються два притискні котки, встановлені під кутом у вертикальній площині. Подача мінеральних добрив здійснюється через тукопровід від катушкового висівного апарата до анкерного сошника, після чого добрива загортаються ґрунтом на відстані приблизно 2–3 см від насінневого рядка або нижче — за умови, що глибина висіву не перевищує 8 см.

Особливої уваги заслуговує висівний апарат пневмомеханічного типу, до якого забезпечено зручний доступ для обслуговування. Щоб відкрити корпус апарата, достатньо зняти фіксатори та відкинути кришку, після чого відкривається доступ до всіх робочих елементів. Конструкція містить мінімальну кількість дрібних деталей, що спрощує експлуатацію та обслуговування, знижує ризик втрати окремих елементів.

Всередині апарата розташований відсікач, який регулює подачу насіння з бункера, а також прямий електропривод, що усуває потребу в ремінних або ланцюгових передачах. Аналогічні електроприводи встановлюються і на туковисівних апаратах. Енергозабезпечення сівалки здійснюється за допомогою генератора, який працює від гідромотора. Завдяки цьому машина є повністю автономною й не потребує додаткового живлення від трактора. У поєднанні з системою електронного контролю це забезпечує точне дотримання заданої норми висіву.

Ключовим елементом висівного механізму є висівні диски. У сівалок Väderstad Tempo диски мають два ряди отворів, що дає змогу висівати насіння різних розмірів залежно від культури — кукурудзу, соняшник, сою, ріпак або цукровий буряк. Для запобігання засміченню отворів на дисках встановлені очисні зірочки, які постійно очищають поверхню від сторонніх частинок. За процесом висіву стежить датчик контролю, який фіксує кількість висіяного насіння, пропуски, двійники та рівномірність розподілу. Отримані дані передаються до кабіни трактора в реальному часі.

Принцип роботи висівного апарата полягає в наступному. Насіння надходить у камеру живлення, де потік повітря притискає його до отворів диска, завдяки чому воно обертається разом із диском. Спеціальні скидувачі видаляють надлишкове насіння, залишаючи лише одну насініну на кожному отворі. Коли насіння досягає ділянки навпроти гумового ролика, останній перекриває подачу повітря до отвору, внаслідок чого насініна втрачає зчеплення з диском і під тиском повітря потрапляє у висівну трубку. Такий принцип дії отримав назву PowerShot.

Висівні трубки у сівалках Tempo бувають двох типів: стандартні — діаметром 16 мм, та збільшені — 22 мм, які застосовуються для крупнонасінневих культур. Невеликий діаметр трубки зменшує ризик ударів насініни об її стінки. Усередині трубки створюється тиск близько 3,5 кПа, а швидкість руху насіння може досягати 17 м/с. Незалежно від розміру або форми насіння, технологія PowerShot забезпечує стабільну частоту його подачі відповідно до заданих параметрів.

Сівалка обладнана сучасною електронною системою E-Control, що є інноваційним засобом управління та моніторингу. Вона підтримує з'єднання з терміналом ISOBUS трактора, що забезпечує двосторонній обмін даними. Завдяки цьому оператор може безпосередньо з кабіни регулювати глибину висіву, норму подачі насіння та стежити за точністю сівби під час роботи.

Переваги сівалки Väderstad Tempo:

- висока продуктивність завдяки можливості роботи на підвищених швидкостях;
- точність висіву та універсальність у різних умовах ґрунту;
- надійність та оригінальність конструкційних рішень.

Особливості, на які варто звернути увагу:

- обмежена варіативність міжрядь (45 або 70 см);
- потреба у наявності сервісних центрів у зоні доступності.

Для сівби сої можна використовувати сівалки Kinze 3000. Дана сівалка призначена для точного висіву як каліброваного, так і некаліброваного насіння таких культур, як соняшник, соя, кукурудза, сорго та бавовник, із можливістю одночасного внесення мінеральних добрив у ґрунт.

До основних складових частин сівалки належать: рама, висівні секції, система для внесення сухих добрив, привід висівних апаратів, контрольна система Plug-and-Play, ходова та гідравлічна системи, а також причіпний механізм і маркери (рис.2,7).



Рис.2.7. Загальний вигляд сівалки Kinze 3000

Рама має подвійну конструкцію, утворену з поздовжніх і поперечних балок розміром 18×18×1 см, що забезпечують високу жорсткість. Вона може складатися та розкладатися за допомогою гідравлічного приводу.

Кожна з 15 висівних секцій Kinze включає висівний апарат, однодисковий сошник, трубопровід подачі насіння з датчиком, розрізний диск, насіннєвий бункер і прикочувальні колеса (рис.2.8).



Рис.2.8. Посівна секція сівалки Kinze 3000

Комплект для внесення сухих добрив (усього чотири) складається з бункера місткістю 250 кг, виготовленого зі скловолокна з порошковим покриттям і закріпленого на рамі, тукопроводу, дозатора та дводискового сошника з діаметром дисків 38 мм.

Привід висівних секцій є механічним. Для зручності налаштування норми висіву насіння та добрив (у межах 36–736 кг/га) збоку встановлені швидкознімні зірочки. Ланцюговий привід від підпружинених контактних коліс забезпечує стабільну роботу та швидке переналаштування агрегату.

Контрольна система Plug-and-Play базується на датчиках і моніторі висіву KRM III. Імпульсні датчики фіксують кількість висіяного насіння, пропуски, норму висіву, швидкість руху, міжряддя, густоту стояння рослин, відстань між

насінинами, площу засіву та понад 25 інших параметрів, передаючи дані на монітор.

Ходова частина обладнана чотирма колесами розміром 19×51 см, що забезпечують стійкість агрегату на різних типах ґрунтів. Спеціальний протектор шин зменшує тиск на щойно засіяні рядки. Два транспортні колеса передають обертання на контактні колеса приводу висівних секцій.

Гідравлічна система відповідає за переведення сівалки з транспортного положення в робоче та навпаки, керування маркерами й механізмами складання. До її складу входять чотири високоякісні гідроциліндри (два основні й два допоміжні) з перепускними клапанами, блок клапанів, шланги високого тиску та швидкороз'ємні муфти.

Причіпний пристрій виготовлений із міцного металопрофілю, має скобу з отвором діаметром 34 мм із можливістю регулювання по висоті. Додатковий страховий ланцюг запобігає випадковому від'єднанню сівалки від трактора.

Маркери — дискові, телескопічні, із можливістю регулювання кута атаки в межах від 0° до 22°.

Основні технічні характеристики: необхідна потужність трактора, к. с. - 150; робоча ширина захвату, м - 5,6; робоча ширина захвату, м -5,6; конструкційна маса, кг -2200; глибина загортання насіння, см – 3 -7; глибина загортання добрив, см - 7,5; ширина міжрядь, см-35,0 ; кількість насінин на 1 м погонної довжини, шт.-27; ціна, грн.- 1580000.

Позитивні характеристики:

- висівні системи механічного типу;
- висока точність дозування.

На що звертають увагу споживачі:

- ширина сівалки у транспортному положенні становить 6,30 м, що перевищує допустиме значення 4,4м.;
- досить складна конструкція механічного висівного апарату, що не може не впливати на загальну надійність машини;
- ціна для дрібного та середнього фермера в Україні не зовсім доступна.

Серед посівних машин вітчизняного виробництва для сівби насіння сої можуть використовуватися сівалки з пневмомеханічними висівними апаратами УПС-8, УПС-12, Вега-8, а також зернові сівалки з катушковими висівними апаратами СЗ-3,6, СЗ-5,4, Астра-3,6 та їх модифікації [18].

Для вузькорядної сівби сої рекомендовані зернові сівалки марки СЗ [19].

Дані сівалки (рис.9) призначаються для рядової сівби насіння зернових (пшениця, жито, ячмінь, овес) і зернобобових культур (горох, квасоля, соя, боби, нут, сьопин, сочевиця) з одночасним внесенням в рядки гранульованих мінеральних добрив.



Рис.9. Загальний вигляд сівалки Астра-3,6 (СЗ-3,6)

Різні модифікації сівалки відрізняються одна від одної комплектами загортаючих робочих органів (приспособуваннями), та можуть бути переобладнані в умовах господарства з одного виконання в інше за наявності необхідних пристосувань.

Сівалка складається з наступних основних вузлів і механізмів: рами; ящика зернотукового; механізмів передач; сошників; загортача; опорно-приводних коліс: причіпного пристрою.

Сівалка спирається на два пневматичних опорно-приводних колеса. До сошникового бруса кріпляться повідки з сошниками, розташованими у два ряди. Спереду до бруса рами кріпиться причіпний пристрій, який складається з центральної та двох бокових сниць.

В косинках на рамі встановлені вали піднімання сошників. Дана операція виконується за допомогою гідроциліндра, який встановлено на центральній сніці. Зверху на рамі встановлено зерно-туковий ящик. Привод на вали зернових та тукових висіваючи апаратів відбувається від опорно-приводних коліс через вал контр приводу та два механізми передач, встановлених на заднім брусі рами. Через лівий механізм передач відбувається привод на вали зернових апаратів, через правий на вали тукових апаратів. Завдяки наявності на валу контр приводу муфт обгону, привод здійснюється від двох коліс одночасно. Позаду до рами прикріплені підніжки.

Висівні апарати з'єднані з сошниками насіннепроводами. В різних модифікаціях виконання сівалки використовують сошники дводискові (рис.10), однодискові, наральникові однорядкові, наральникові двохрядкові, дводискові двохрядкові.

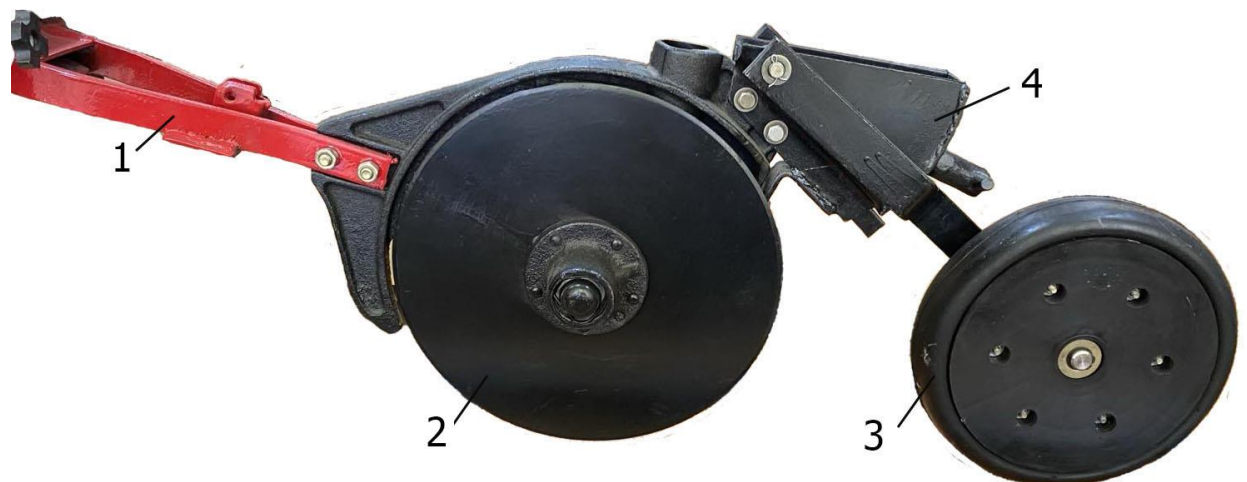


Рис.10. Дводисковий однорядний сошник з прикочуючим котком та механізмом регулювання глибин: 1 – радіальна підвіска; 2 – дводисковий сошник; 3 – прикочуючий коток; 4 – механізм регулювання глибини

Принцип роботи сівалки досить простий. Насіння, засипані в зернове відділення, і добрива з тукового відділення зернотукового ящика просипаються у приймальні камери висівних апаратів. При рухові сівалки з опущеними в робоче положення сошниками, катушки зернових і тукових висівних апаратів обертаються і захоплюють насіння та добрива фі подають їх у лійки туконасіннепроводів. Просипаючись під дією власної ваги по насіннепроводах насіння і добрива поступають у сошники і спрямовуються напрямними пластинами у зону сходження лез обох дисків на дно борізки утвореної даними дисками в ґрунті. При проходженні дискового сошника ґрунт зі стінок борізки осипається і частково закриває насіння та добрива. Повне закриття борізки та ущільнення ґрунту навколо них забезпечують прикочуючі котки чи загортачі.

На замовлення споживачів сівалка обладнується системою контролю, яка дає інформацію механізатору про показники протікання технологічного процесу. Живиться система контролю від електросистеми засобів агрегування.

Коротка технічна характеристика:

Продуктивність за час основного часу – 4,32га, робоча швидкість 12 км/год, ширина міжрядь 7,5;15;30см, норма висіву різних культур від 15 до 350 кг/га, норма висіву добрив від 25 до 200 кг/га, глибина загортання насіння і добрив від 10 до 80 мм.

Плюси сівалки:

- простота та надійність конструкції і технологічного процесу сівби;
- можливість сівби вузькорядним способом – 7,5;15; 30 см;
- ціна - грн.

Слабкі сторони:

- необхідність попередньої підготовки ґрунту під сівбу;
- сівба тільки рядовим способом;
- низькі показники розподвлу посівного матеріалу по глибині залягання.

На підставі проведеного аналізу найбільш поширених конструкцій посівних машин придатних для сівби насіння сої та з орієнтуванням на покращення технічного забезпечення саме дрібних та середніх фермерських господарств і поширених способів виконання даного процесу з застосуванням посівів з міжряддям 30 см для середньорослих сортів культури, а також враховуючи один з важливих факторів – ціна сівалки вважаємо за можливе звернути увагу на можливість удосконалення конструкції сівалки Астра-3,6.

Доцільним, на наш погляд може бути вирішення двох задач – виконання сівби після мінімальної підготовки ґрунту з одночасним забезпеченням бажаної ширини міжрядь -30см. Вирішити дані задачі можна шляхом використання оригінальних загортаючих робочих органів у вигляді посівних секцій з сошниками, які мають гострий кут входження в ґрунт. Таких секцій на конструкційній ширині захвату сівалки може бути у двічі менше ніж дискових сошників при забезпеченні заданої ширини міжрядь. Таке удосконалення може зменшити металомісткість сівалки, знизити тяговий опір, а отже підвищити робочу швидкість і продуктивність, дати можливість використання машини на полях з мінімальною підготовкою ґрунту, а також можливість переобладнання вживаних сівалок безпосередньо в господарських умовах без залучення дорогих послуг дилерської та сервісної мережі.

Для обґрунтування конструкції модернізованої сівалки, показників її роботи, а також складу посівного агрегату та режимів його роботи необхідно дослідити робочий процес пропонуємої конструкції посівної секції та енергетичних показників її роботи.

### 3. НАУКОВА ЧАСТИНА

#### ДОСЛІДЖЕННЯ ЕНЕРГОЄМНОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ ПОСІВНОЇ СЕКЦІЇ З ДОЛОТОВИДНИМ СОШНИКОМ

##### 3.1. Загальні відомості про роботу загортаючих робочих органів посівних машин

Ефективність функціонування посівної техніки визначається цілим рядом показників. Найбільш поширеними серед них є продуктивність, універсальність, якість виконання технологічного процесу, його надійність та надійність самої конструкції, ремонтпридатність, але не менш важливим є показник енергоємності машини. Стосовно сільськогосподарських машин, найбільш вживаним є показник тягового опору машини, який вона чинить переміщенню по полю при виконанні технологічного процесу. На даний показник впливають ряд факторів: тип робочих органів (приводні чи безприводні), її конструкційні особливості, стан ґрунту та інші. В більшості випадків для посівних машин тяговий опір формується затратами енергії на перекочування опорних коліс по полю, привод висівних та туковисівних апаратів, переміщення в ґрунті загортаючих та інших робочих органів, які працюють безпосередньо з ґрунтом. Саме посівні секції та сошники є основним джерелом формування тягового опору посівних машин.

По ступеню впливу на тяговий опір можна виділити дві основних групи сошників – з тупим та гострим кутом входження в ґрунт. Сошники з тупим кутом входження в ґрунт формують боріздку для укладання посівного матеріалу шляхом деформації ґрунту шляхом його стискання. Для проникнення даних сошників у ґрунт потрібні великі зусилля, створення яких не можливе без великої маси самої машини. Процес роботи таких сошників є постійне стискання ґрунту з метою проникнення на певну глибину. Чим більша глибина загортання насіння тим мають бути вищими затрати енергії, тим більший

тяговий опір. Більшість сівалок для прямої сівби, які обладнані дисковими робочими органами мають питому масу понад 1000кг /м. ширини захвату, щоб мати можливість виконувати технологічний процес сівби.

Сошники з гострим кутом входження в ґрунт формують борідку шляхом сколювання ґрунтув результаті згину при підніманні його по поверхні долота чи іншій криволінійній поверхні. Відомо, що розпушування ґрунту таким шляхом потребує значно менших затрат енергії [20].

Також варто враховувати і те, що навіть однакові за складом робочих органів посівні секції можуть мати різний тяговий опір залежно від конструкційних особливостей окремих елементів та їх взаємного розташування.

Інформація такого характеру також є необхідною для прийняття рішення про можливість подальшої експлуатації машин обладнаних такими робочими органами, як мінімум, з точки зору наявності енергетичних засобів для їх агрегування та їх оптимального завантаження. Не менш важливою є дана інформація і при модернізації існуючих посівних машин шляхом заміни чи удосконалення загортаючих робочих органів чи посівних секцій в цілому.

Враховуючи умови вирощування сої в господарствах Степу України та обґрунтованому виборі для виконання сівби вітчизняних сівалок марки Астра-3,6 та з метою підвищення її використання при вирощуванні сої пропонується провести її модернізацію шляхом обладнання її 12 –а експериментальними посівними секціями (рис.11), які встановлюються замість 24-х дводискових сошників, половина з яких зазвичай виводиться з роботи при необхідності забезпечення 30 сантиметрової ширини міжрядь.

Основним елементом цієї висівної секції виступає сошник 1, який входить у ґрунт під гострим кутом [21]. За ущільнення ґрунту навколо насіння та регулювання глибини його загортання відповідає прикочуючий коток 3, оснащений механізмом налаштування 5. Роботу секції в умовах наявності рослинних решток на поверхні поля або у верхніх шарах ґрунту забезпечує диск 4.



Рис.3.1. Загальний вигляд експериментальної посівної секції: 1 – сошник долотовидний; 2 – утримуюча п’ятка; 3 – прикочуючий коток; 4 – диск; 5 – механізм регулювання глибини ходу; 6 – притискна пружина; 7 – паралелограмний механізм навіски.

Стабільність підтримання заданої глибини висіву визначається масою сівалки, частина якої передається через підпружинену штангу, що також слугує для піднімання секції у транспортне положення. Паралелограмна підвіска гарантує правильне вертикальне розташування стійки сошника, завдяки чому зберігається постійний кут його входження у ґрунт та оптимальне положення утримувальної п’ятки для якісної роботи.

Як зазначалося вище, інформація про показники функціонування даної посівної секції необхідні для прийняття рішення про можливість її використання в складі зернової сівалки Астра-3,6 при забезпеченні ширини міжрядь 30 см та визначення засобу агрегування модернізованої сівалки.

З цією метою були організовані та проведені польові випробування конструкції представленої секції.

**Мета досліджень:** Підвищення функціональної універсальності зернових сівалок шляхом використання в їх конструкції загортаючих робочих органів на основі посівних секцій з долотовидними сошниками.

**Об'єкт дослідження:** процес взаємодії з ґрунтом посівної секції з долотовидним сошником.

**Предмет досліджень:** встановлення залежності питомого опору на переміщення в ґрунті посівної секції з долотовидним від заданої глибини та робочої швидкості.

**Задачі досліджень:**

- запропонувати методику визначення реального тягового опору посівної секції при виконанні технологічного процесу;
- провести польові випробування запропонованого зразка посівної секції з долотовидним сошником;
- отримати експериментальні дані для встановлення залежності фактичного значення тягового опору посівної секції від заданої глибини переміщення сошника в ґрунті  $h$ , мм та робочої швидкості  $V$ , м/с
- здійснити обробіток отриманих експериментальних даних з використанням відповідного програмного забезпечення;
- виконати аналіз отриманих результатів та зробити висновки щодо можливості підвищення функціональної універсальності зернових сівалок за умови обладнання їх запропонованими посівними.

**Наукова новизна.** Встановлено експериментальним шляхом фактичні залежності тягового опору посівної секції з долотовидним сошником від глибини та швидкості його переміщення в ґрунті.

### 3.2. Програма польових досліджень та їх технічне забезпечення

Програма польових експериментальних досліджень передбачала встановлення залежності параметра оптимізації  $Y(P)$  – фактичного опору посівної секції при виконанні нею технологічного процесу від заданої глибини ходу сошника  $X_1(h)$ , та робочої швидкості секції  $X_2(V)$ .(табл. 3.1) [22].

## Впливові фактори та рівні їх варіювання

№ п. п.	Фактори		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
	Найменування	Позначення	Верхній (+)	Нижній (-)	
1	Задана глибина ходу сошника секції ( $h, \text{см}$ )	$X_1$	80	40	20
2	Робоча швидкість секції ( $V, \text{км/год}$ ).	$X_2$	2,5	0,5	0,5

## 3.2.1. Технічне забезпечення експериментальних польових досліджень.

Для проведення польових досліджень були задіяні наступні технічні засоби. Функції засобу агрегування виконував малогабаритний трактор марки Т-0,12. Експериментальна посівна секція з долотовидним сошником була встановлена на розроблений на кафедрі сільськогосподарського машинобудування посівний модуль (рис. 3.1).



Рис.3.1. Загальний вигляд посівного модуля для дослідження робочих органів посівних та ґрунтообробних машин

Основою посівного модуля є рама, яка спирається на два опорно-приводних колеса і на якій жорстко встановлено бункер для посівного матеріалу з висівними апаратами та механізм переведення робочих органів з робочого в транспортне положення і навпаки. В задній частині рами розміщений кронштейн для встановлення додаткових вантажів для забезпечення заданої глибини ходу дискових робочих органів, які потребують додаткових зусиль для проникнення у ґрунт. Причіпний пристрій модуля має рухому ланку, яка представляє собою трубу квадратного поперечного перетину з закріпленими на її чотирьох поверхнях парами підшипників. Дана ланка завдяки даним підшипникам вільно переміщається у поздовжньому напрямку в середині іншої труби, більшого поперечного перетину і жорстко з'єднаною з боковими сницями причіпного пристрою. Рухома ланка з'єднана з причіпним пристроєм трактора. З'єднання рухомої ланки з зовнішньою трубою причіпного пристрою посівного модуля через тягомір дає можливість фіксувати цифрові показники зміни тягового опору на швидкісну відеокамеру чи мобільний телефон (рис.3.2)



Рис.3.2. Використання електронного тягоміра для фіксування тягового опору робочих органів

Перевірку посівної секції проводили на дослідному полі кафедри загального землеробства Центральноукраїнського національного технічного університету в червні місяці 2025 року. Ділянка поля, де попередником була люцерна, оброблена з осені дискатором. Грунт за механічним складом – суглинок середній, досить злежаний з твердістю 1,1 мПа. Попередній обробіток не проводили.

### 3.2.2. Методика проведення досліджень.

На поверхні поля були розмічені залікові ділянки, які становили 10м, та розгінні – 5м. За допомогою гвинтового механізму регулювання встановлювали задану глибину обробітку послідовно з інтервалом 20мм. Перевірку правильності встановлення глибини здійснювали шляхом підкладання під прикочуюче колесо спеціально підготовлених дощечок різної ширини (рис.3.3.), товщиною на 1 см менше заданої глибини, для врахування прогнуття останнього.



Рис.3.3. Встановлення глибини ходу долотовидного сошника

Необхідну робочу швидкість забезпечували підбиранням відповідних передач трактора. На початку ділянок були встановлені вішки з інформацією про рівень впливових факторів. При проходженні агрегатом залікової ділянки відеокамера записувала зміни числових показників тягового опору на дисплеї

тягоміра. Обробіток даних проводили в стаціонарних умовах шляхом розкадрування записів і визначення середнього значення показника по всій довжині залікової ділянки при різних установчих значеннях впливових факторів.

Середні значення параметру оптимізації в подальшому використовували при проведенні статистичного аналізу значень тягового опору посівної секції (табл. 3.2).

Таблиця 3.2.

Вихідні дані до визначення залежності фактичного тягового опору на переміщення посівної секції ври виконанні технологічного процесу від заданого значення глибини ходу  $h$  долотовидного сошника та робочої швидкості посівного агрегату  $V$ .

	1 $h, \text{ мм}$	2 $V, \text{ м/с}$	3 $P, \text{ кг}$
1	40	0,5	12,2
2	40	0,86	15,9
3	40	1,48	20,15
4	40	2,5	25,3
5	60	0,63	14,1
6	60	1,01	18,2
7	60	1,94	27
8	60	2,48	32,4
9	80	0,6	17,5
10	80	1,06	23,3
11	80	1,74	32,85
12	80	2,47	39,6

### 3.3. Результати досліджень.

Обробіток даних, отриманих за результатами проведених експериментальних польових досліджень, з використанням пакету прикладних програм «Статистика» дозволив отримати рівняння регресії (3.1), яке описує зв'язок між параметром оптимізації  $P$  та впливовими факторами  $h$  та  $V$ , а також поверхню відгуку (рис.3.4).

$$P = -3,0767 + 0,2177 \cdot h + 9.1884 \cdot V$$

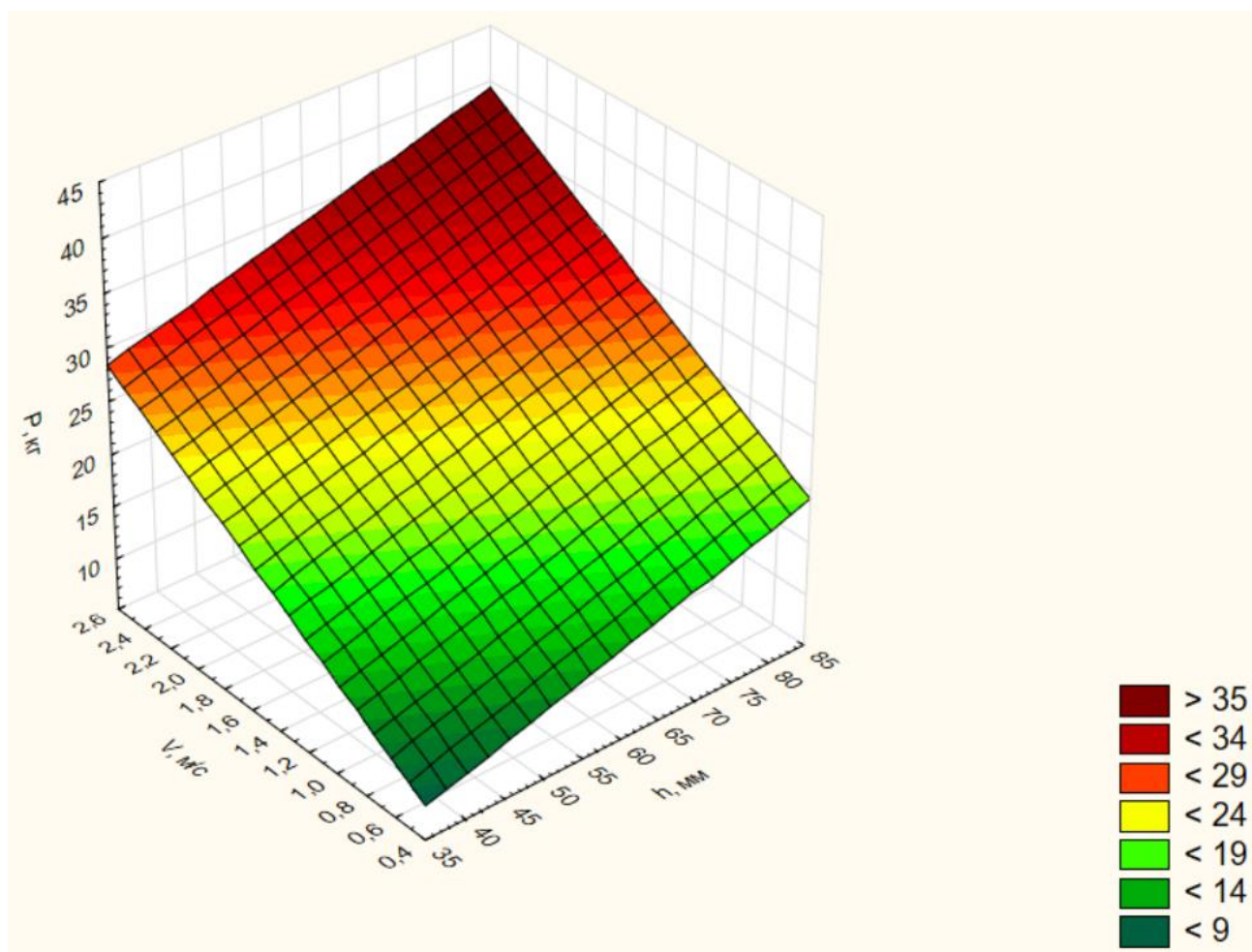


Рис. 3.4. Графічна інтерпретація залежності значень тягового опору посівної секції з долотовидним сошником від заданої глибини його переміщення в ґрунті  $h_{\text{мм}}$  та робочої швидкості посівного агрегату  $V$ , км/год:

Отримані в процесі аналізу результати свідчать про те, що обидва прийняті до вивчення фактори мають вплив на формування тягового опору посівної секції. Встановлено, що зі збільшенням заданої (установчої) глибини ходу сошника значення тягового опору також зростає, як і при збільшенні робочої швидкості. Також підтверджено, що фактор швидкості є більш впливовим порівняно з глибиною ходу сошника. Так при початкових показниках впливових факторів параметр швидкості призводить до зростання опору від 0,12 до

0,25кН, а глибина ходу сошника тільки до 0,17кН. Загальні фактичні значення зміни тягового опору знаходяться в діапазоні від 12 до 40кг (0,12...0,4кН). З урахуванням того, що сою рекомендовано висівати на глибину 4...5см то максимальне значення тягового опору посівної секції буде знаходитися у межах 0,3 кН.

За результатами багатьох попередніх досліджень даного питання [23,24] загальний тяговий опір сівалок має ряд складових з орієнтовно визначеним їх співвідношенням (табл.3.3)

Таблиця 3.3.

Розподіл тягового опору сівалок між його компонентами

Компонент	Частка в загальному опорі
Опір ходової частини	10–20%
Опір приводу висівних апаратів	5–10%
Опір сошників	70–85%

Враховуючи те, що передбачається використання на зернових сівалках всього 12 посівних секцій то загальний опір посівних секцій становитиме 3,6 кН. Загальний середній тяговий опір зернової сівалки СЗ-3,6 становить 6,3 кН [25] , то відсоток опору, який приходить на посівні секції становитиме 57% порівняно з серійними машинами. Отже загальний тяговий опір експериментальної сівалки зменшиться на 25...28% і становитиме 4,7...4,5кН, що відкриває нові можливості при її агрегуванні.

Отримані результати, певною мірою підтверджують можливу ефективність використання посівних секцій з долотовидними сошниками у складі посівних машин для роботи на полях, поверхня яких не є якісно підготовленою і може бути частково покрита рослинними рештками та мати значне ущільнення поверхневих шарів ґрунту.

## 4. ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДОСЛІДЖЕНЬ.

### 4.1. Обґрунтування складу посівного агрегату та режимів його роботи.

Якість виконання операції та затрати механічної енергії на її виконання залежать від раціонального комплектування агрегату, яке в більшості випадків визначають шляхом порівняння характеристик базового та модернізованого агрегатів. Базовий агрегат складається з трактора ЮМЗ-6Л та сівалки СЗ-3,6. На підставі проведеного аналізу та експериментальних досліджень пропонується до використання посівний агрегат, який складається з трактора ЮМЗ-6Л та модернізованої сівалки СЗ-3,6С.

Робочі органи напівпричіпної рядкової зернотукової сівалки СЗ-3,6, як і в пропонуємої для використання модернізованої сівалки СЗ-3,6С, приводяться в дію від опорно-приводних коліс. Підйом та опускання у робоче положення сошників здійснюється гідравлічною системою, отже вибір трактора для агрегування з сівалкою необхідно проводити за тяговим зусиллям.

Згідно з агротехнічними вимогами, роботи можуть виконуватися на швидкостях 7 – 12 км/год. Таку швидкість трактор ЮМЗ-6Л може забезпечувати на Ій, Пй і Шй передачах [25].

Для взятих передач визначаємо тягове зусилля трактора на гаку  $P_{гак}$  (кН) з урахуванням величини підйому [25].

Визначимо тягове зусилля з урахуванням величини підйому

$$P_{гак} = P_{ном.гак} - G_{тр} \cdot j \quad (4.1)$$

де  $P_{ном.гак}$  - номінальне тягове зусилля трактора на відповідних передачах;

$G_{тр}$  – маса трактора – 34,3кН;

J – величина підйому (j=0,05).

$$P_{\text{зак.}}^{1\text{ЮМЗ-6Л}} = 14 - 34,3 \cdot 0,05 = 12,28 \text{кН}$$

$$P_{\text{зак.}}^{2\text{ЮМЗ-6Л}} = 12,5 - 34,3 \cdot 0,05 = 10,78 \text{кН}$$

$$P_{\text{зак.}}^{3\text{ЮМЗ-6Л}} = 9,6 - 34,3 \cdot 0,05 = 7,88 \text{кН}$$

Визначаємо робочу швидкість руху агрегату, враховуючи буксування коліс трактора, км/год.

$$v_p = v_t \left( 1 - \frac{\delta}{100} \right) \quad (4.2)$$

де  $\delta$  - коефіцієнт буксування ( $\delta = 6...20\%$ ), при роботі на стерні для колісного трактора  $\delta = 5...10\%$  (приймаємо  $\delta = 5\%$ ).

$$V_p^1 = 7,6 \left( 1 - \frac{5}{100} \right) = 7,22 \text{км / год.}$$

$$V_p^2 = 9,07 \left( 1 - \frac{5}{100} \right) = 8,6 \text{км / год.}$$

$$V_p^3 = 11,1 \left( 1 - \frac{5}{100} \right) = 10,98 \text{км / год.}$$

Згідно з [25] тяговий опір серійної сівалки СЗ-3,6 становить 6,3 кН на, а для модернізованої сівалки згідно результатів експериментальних досліджень ЗС-3,6С – 4,7 кН. Отже тягового зусилля трактора достатньо на III-й передачі при швидкості руху 10,98 км/год.

Визначаємо змінну продуктивність

$$W_{\text{зм}} = 0,1 B_p V_p T_p, \quad (4.3)$$

де  $B_p$  – робоча ширина агрегату;

$V_p$  – робоча швидкість.

$$B_p = B_k \cdot \beta, \quad (4.4)$$

де  $B_k$  – конструкційна ширина захвату – 3,6м;

$\beta=1,05$  – коефіцієнт використання ширини захвату агрегату.

$$B_p = 3,6 \cdot 1,05 = 3,78\text{м}$$

Робочий час зміни визначаємо за формулою

$$T_p = T_{зм} \cdot \tau, \quad (4.5)$$

де  $T = 7$  год. – час зміни;

$\tau=0,86$  – коефіцієнт використання часу зміни.

$$T_p = 7 \cdot 0,86 = 6,02 \text{ год.}$$

Тоді

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 3,78 \cdot 10,98 \cdot 6,02 = 24,98 \text{ га/зм}$$

Розраховуємо витрати палива

$$Q_{га} = \frac{Q_{зм}}{W_{зм}} \quad (4.6)$$

де  $Q_{зм}$  – витрати палива за зміну.

$$Q_{зм} = Q_p T_p + Q_x t_x + Q_3 t_3, \quad (4.7)$$

де  $Q_p, Q_x, Q_3$  – погодинні витрати палива за час робочих та холостих ходів і на зупинках з працюючим двигуном:

$Q_p^M = 15,4$  кг/год. – годинна витрата палива за час робочих ходів;

$Q_x^M = 9,7$  кг/год – годинна витрата палива під час холостих;

$Q_3^M = 1,9$  кг/год. – годинна витрата палива на зупинках з працюючим двигуном.

$t_x, t_3$  – відповідно затрачений час на робочі ходи та на зупинки з працюючим двигуном, для сівби приймаємо  $t_x = t_3$ .

Розрахуємо витрати палива з урахуванням знайдених величин:

$$Q_{ca.} = \frac{15,4 \cdot 6,02 + 9,7 \cdot 0,525 + 1,9 \cdot 0,525}{24,98} = 3,84 \text{ кг}$$

#### 4.2. Підготовка агрегату до роботи

Для агрегування сівалки з трактором застосовують тягово-зчіпний пристрій машини та страховий ланцюг. Щоб забезпечити прямолінійність проходів і стабільну ширину стикових міжрядь, посівні агрегати обладнують маркерами. Також на агрегат встановлюють двосторонню сигнальну систему, яка дає змогу підтримувати зв'язок між трактористом і робітником, якщо такий залучений до роботи з сівалкою.

Перед початком роботи проводять підготовку агрегату: перевіряють комплектність машини, правильне розташування робочих органів, їх технічний стан і надійність кріплення, а також змащують вузли, що обертаються. На секціях сівалки контролюють відсутність люфтів у кріпленнях. Для кожної секції встановлюють потрібну глибину загортання насіння. Пружинні штанги за потреби вирівнюють, а пружини підбирають однакової довжини. У висівних апаратах перевіряють коректність розташування всіх катушок.

При встановленні важеля регулятора клапана на нульову поділку шкали торець висівної катушки не повинен виступати за внутрішню поверхню розетки. Якщо виявлено відхилення — його усувають, зміщуючи корпус висівного апарата або саму катушку.

Положення клапанів насінневих коробок налаштовують відповідно до розміру насіння. Під час висівання бобових культур зазор між поверхнями клапанів і нижніми ребрами муфт у всіх апаратах не повинен бути більшим за 8–10 мм. Регулювання здійснюють затягуванням або послабленням пружини за допомогою болта з гайкою.

У приводному механізмі перевіряють правильність монтажу та натяг ланцюгів. Допустимий перекис ланцюга — не більше 2 мм. Ступінь натягу

контролюють за прогином неробочої гілки. Змащувати зірочки та ланцюги приводу не рекомендується.

Для під'єднання гідросистеми сівалки до трактора в отвір гідроциліндра з позначенням «П» встановлюють сповільнюючий клапан (з малим прохідним отвором), а до штуцерів гідроциліндрів під'єднують трубопроводи високого тиску. Ширину міжрядь регулюють на розмічальній дошці, довжина якої має відповідати відстані між внутрішніми краями коліс сівалки. Орієнтовну норму висіву насіння та добрив задають згідно з інструкціями виробника, а остаточне коригування проводять у польових умовах шляхом висіву контрольної наважки.

Глибину ходу сошників модернізованої зернової сівалки налаштовують механізмом регулювання, змінюючи положення опорних прикочуючих котків відносно корпусів сошників. Під час сівби після опускання секцій важіль гідророзподільника трактора має знаходитись у нейтральній позиції.

#### 4.3. Взаємне розташування сошників на сівалці

Під час руху сошника в ґрунті, останній утворює перед сошником горб, який розповсюджується на деяку відстань уперед та в боки [26].

Відстань між сошниками  $a_c$  має бути більшою за ширину  $b_x$  горба перед сошником, тобто має виконуватись умова  $a_c > b_x$  (рис. 4.1).

При двохранньому розташуванні сошників на сівалці відстань між сошниками має бути більша за зону деформації ґрунту у поздовжньому напрямі. У разі недотримання цих умов горби перед сошниками зникають і утворюють суцільний вал. Виконання технологічного процесу стає неможливим.

Величину зон деформації ґрунту у поздовжньому напрямі визначаємо:

$$L_x = (h / \operatorname{tg} \phi + 0,5b) \sin(\eta/2 + \phi) \quad (4.8)$$

де  $b$  – ширина сошника, мм;

$\eta$  - кут розхилу щік сошника, град ( для долото видного сошника  $\eta=0$ );

$\varphi$  - кут тертя ґрунту, град;

$$L_x = (8 / \operatorname{tg} 35 + 0,5 \cdot 25) \sin (35) = 7,2 \text{ см}$$

Величину зон деформації ґрунту у поперечному напрямі обчислюємо:

$$b_x = (2h / \operatorname{tg} \varphi + b) \cdot \cos(\eta / 2 + \varphi) \quad (4.9)$$

$$b_x = \left( \frac{16}{\operatorname{tg} 35} + 2,5 \right) \cdot \cos(10 + 35) = 24,8 \text{ см}$$

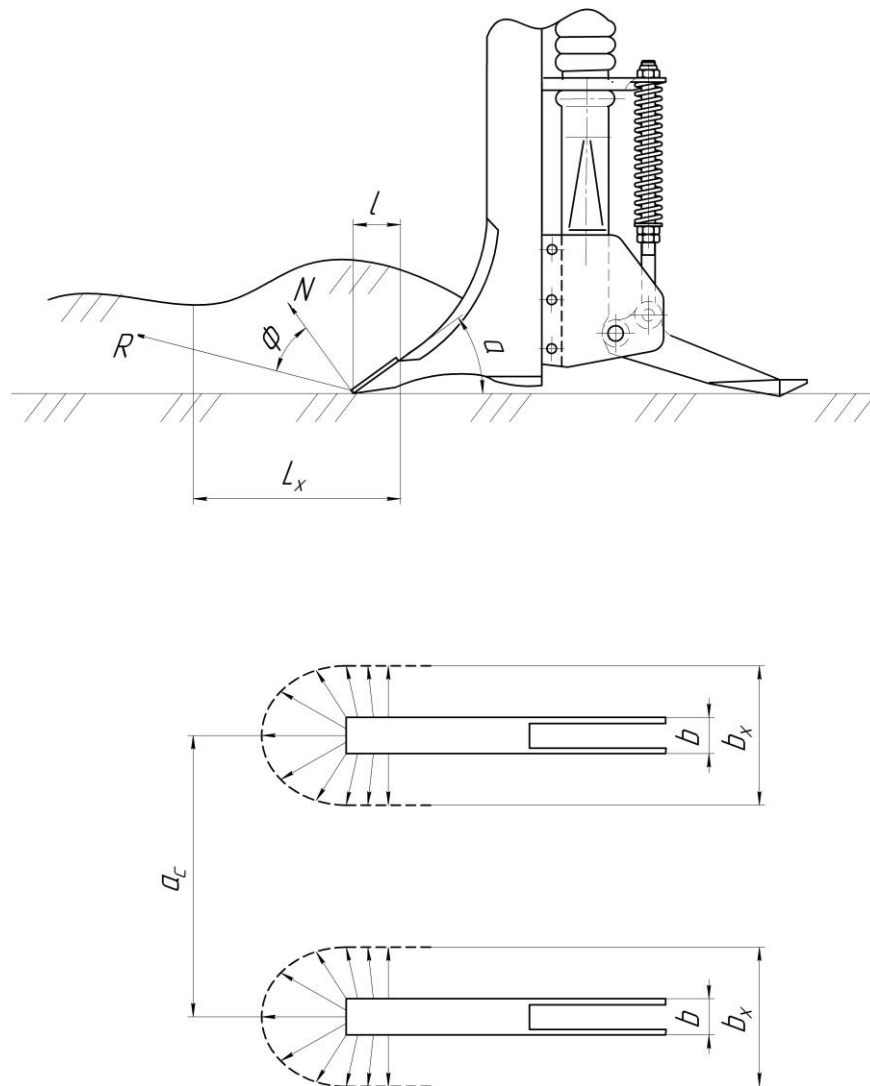


Рис.4.1. Схема розміщення сошників.

З урахуванням того, що сошники на модернізованій сівалці будуть розташовуватися в один ряд (рис.4.1), то на підставі проведених розрахунків та при необхідній відстані між сусідніми сошниками  $a_c = 30$  см, компоновочна схема сівалки є цілком працездатною.

Загальний вигляд збоку модернізованої сівалки матиме вигляд представлений на рис.4.2.

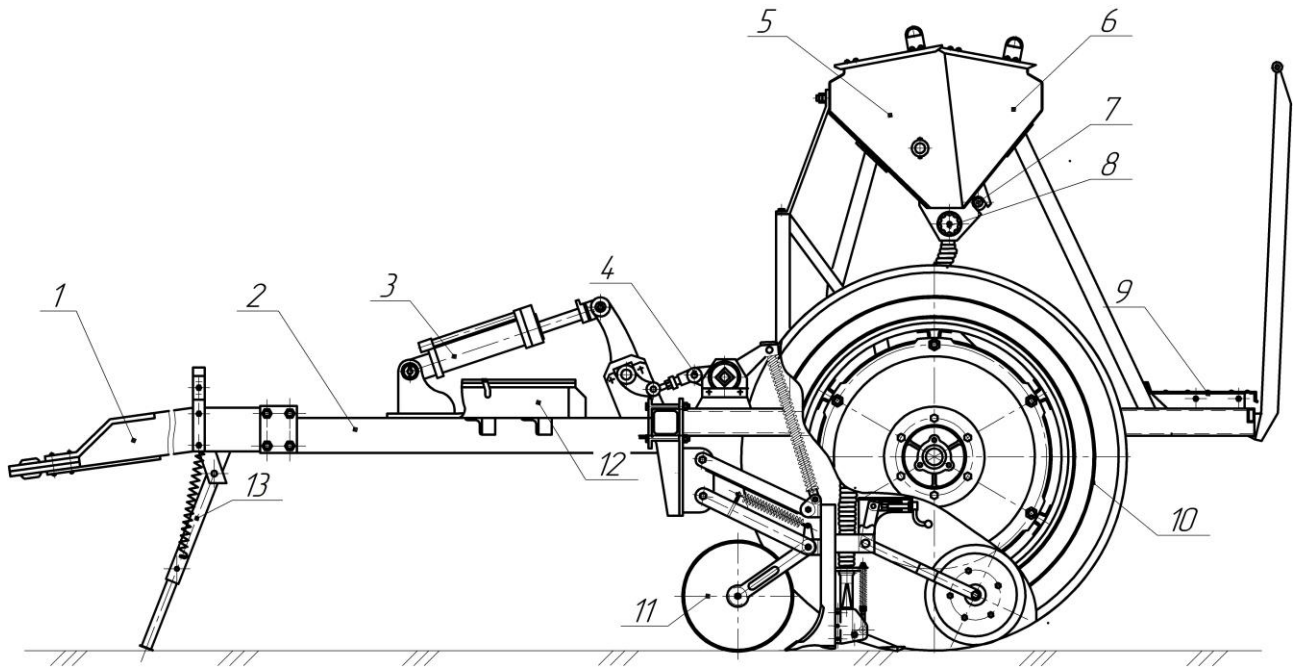


Рис.4.1. Загальний вигляд модернізованої сівалки з однорядним розташуванням посівних секцій для використання у технологіях вирощування сої в Степовій зоні України: 1 – причіпний пристрій; 2 – сниці; 3 – гідроциліндр; 4 - механізм переведення сівалки з робочого в транспортне положення в навпаки; 5 – зерновий ящик; 6 – туковий ящик; 7 – туковисівний апарат; 8 – зерно висівний апарат; 9 – підніжна дошка; 10 – опорно-приводні колеса; 11 – посівна секція з долотовидним сошником; 12 – інструментальний ящик.

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 5.1. Аналіз небезпечних і шкідливих виробничих факторів, що можуть виникати під час роботи посівного агрегату, та заходи щодо їх запобігання

Під час експлуатації тракторних агрегатів у сільському господарстві можливе виникнення різноманітних небезпечних ситуацій [27, 28]. Дослідження причин виробничого травматизму свідчить, що більшість нещасних випадків трапляється через незадовільний технічний стан трактора та машин, які працюють у складі агрегату. Часто травмування відбувається під час усунення несправностей або очищення робочих органів при працюючому двигуні чи під час руху трактора, а також через невідповідний одяг персоналу. Тому при виконанні робіт із посівним агрегатом необхідно забезпечити механізаторів спеціальними пристроями для очищення робочих органів, а працівників, які здійснюють заточування сошників, — захисними окулярами та рукавицями.

Під час експлуатації посівних і садильних машин слід враховувати дію небезпечних і шкідливих факторів, серед яких:

- рухомі машини, агрегати та знаряддя;
- рухомі вузли та деталі обладнання (начіпні та причіпні пристрої, робочі органи — сошники, диски, котушки висівних апаратів, мішалки насінневих матеріалів, привідні механізми, маркери, колеса тощо);
- робочі рідини та елементи гідросистем;
- вплив хімічних матеріалів, зокрема протруєного насіння і добрив;
- підвищена запиленість повітря та наявність мінеральних добрив у робочій зоні;
- несприятливі кліматичні й метеорологічні фактори.

Під час роботи з посівними агрегатами персонал повинен дотримуватися таких вимог безпеки:

- за необхідності переміщатися разом з агрегатом лише перебуваючи на

- підніжній дошці та тримаючись за поручні;
- залишати підніжну дошку під час будь-яких маневрів агрегату;
  - не вживати їжу, воду, не палити та не працювати без рукавиць із протруєним насінням чи добривами поблизу машини;
  - не допускати потрапляння протруєного зерна в харчові продукти, а також у корми для худоби, птиці й диких тварин;
  - не торкатися руками чи ногами робочих органів і рухомих деталей сівалки, використовуючи для цього лише спеціальні інструменти;
  - суворо забороняється під час роботи агрегату стрибати на трактор чи з нього, переходити між секціями машини, здійснювати ремонт або регулювання робочих органів, а також знаходитися на підніжках, крилах трактора, драбинах, майданчиках чи причіпних вузлах;
  - будь-які операції з технічного обслуговування трактора та машин (за винятком регулювання двигуна) виконувати лише після повної зупинки двигуна;
  - неухильно дотримуватися загальних правил техніки безпеки.

## Висновки

На підставі проведеного аналізу поширених технологій вирощування мої у зоні Степу України встановлено, що досить поширеними сортами даної культури є середньо рослі, вирощування яких рекомендовано з дотриманням величини міжрядь 30 см, та глибині загортання 4...5 см, з можливістю застосування рядових способів розподілу насіння і нормами висіву 60...70 кг/га.

Для виконання процесів сівби використовують різні марки посівних машин різних закордонних та вітчизняних виробників. Найбільш поширеними в Україні є сівалки УПС-8, УПС-12, Вега-8, Monosem — NG

Plus, John Deere 1775NT, Väderstad — Tempo з пневмомеханічними висівними апаратами та здатністю забезпечення сівби з шириною міжрядь від 35 до 70см залежно від марки машини. Сівалки з механічними висівними апаратами представлені в основному вітчизняними марки СЗ-5,4, СЗ-4, СЗ-3 СЗ-3,6 (Astra-3.6 standart), а також сівалками Kinze 3000. Серед розглянутих машин ширину міжрядь у 30 см здатні забезпечувати тільки сівалки марки СЗ, шляхом перекриття подачі посівного матеріалу до половини сошників через один. В такому варіанті сівалка забезпечує висів насіння у 12 рядків. Ає, попередній аналіз якісних показників роботи таких сівалок свідчить про досить низьку рівномірність загортання насіння по глибині, а попередні випробування свідчать, що краще справляються з даною задачею посівні секції з долотовидним сошником, які можуть встановлюватися на зернові сівалки замість дискових сошників без додаткового переобладнання конструкції сівалки. Залишається не підтвердженою можливість їх агрегування у складі сівалок за енергетичним показником- тяговим опором та можливістю використання в якості енергетичних засобів традиційних марок тракторів (ЮМЗ-6Л) у складі посівних агрегатів.

З цією метою були проведені польові експериментальні дослідження названої посівної секції з метою встановлення її тягового опору залежно від глибини ходу сошника та робочої швидкості. Встановлено, що обидва впливових фактори аналогічно призводять до збільшення тягового опору при збільшенні їх значень, а загальний діапазон зміни тягового опору знаходиться в межах 0,12...0,4кН.

Це свідчить про те, що загальний тяговий опір сівалки оснащеної новими посівними секціями у кількості 12 штук буде на 25...30% меншим за опір серійної машини. Це дозволяє агрегувати модернізовану сівалку на підвищених швидкостях і забезпечити вищу продуктивність, якість виконання сівби, і знизити загальні витрати пального до 3,81 кг/га.

## Список використаної літератури

1. Мазур В. Соя в інтенсивному землеробстві: монографія — Одеса, 2009, 248 с.
2. М. А. Бобро, монографія Адаптивна технологія вирощування сої у Східному Лісостепу України, 2016.
3. Технологія вирощування сої: насіння, інокуляція, живлення та захист. 9 травня 2025. Електронний ресурс. <https://www.eridon.ua/tehnologiya-viroschuvannya-soyi-nasinnya-inokulyaciya-jivlennya-ta-zahist>
4. Мостипан О. В. (2024). Формування продуктивності сої залежно від агротехнологічних заходів вирощування в умовах Правобережного Лісостепу України: дис. на здобуття наукового ступеня канд. с.-г. наук / (аббревіатура університету). — Біла Церква, 218 с.
4. Фурман О. В. Оптимізація елементів технології вирощування сої в умовах лісостепу правобережного: дис. канд. с.-г. наук. — Нац. акад. аграр. наук України. 2021.
6. Нетіс В. І. «Оптимізація технології вирощування сої на зрошуваних землях півдня України». Таврійський науковий вісник, №100, Т.2. 2018.
7. Бабич А. О., Бахмат О. М., Чинчик О. С. (монографія). Поліпшена технологія вирощування сої в умовах Західного Лісостепу України / 2011 р.
8. Huang, Z. et al. (2023). Recent advances in soybean protein processing technologies: A review of preparation, alterations in conformational and functional properties. Food Research International / Journal of Food Engineering .
9. Monosem — сторінка NG Plus (офіційна, опис моделі і опцій). Електронний ресурс: monosem.com
10. Monosem — NG Plus / Monoshox брошури та PDF-брошури (технічні характеристики). Електронний ресурс: monosem.com+1
11. Monosem — сторінка «NG Plus Series Manuals» (операторські/сервісні мануали — калібрування/налаштування). Електронний ресурс: Monosem+1.
12. • John Deere — офіційна сторінка 1775NT Drawn Planter (специфікації, опції MaxEmerge/ExactEmerge, SeedStar). Електронний ресурс: deere.com.
13. John Deere — 1775NT product page (опис конструкції, BrushBelt/seed delivery, опції MaxEmerge/ExactEmerge). Електронний ресурс: deere.com
14. John Deere — ExactEmerge / 1775NT operator's manual (деталі row-unit, налаштування, рекомендовані робочі швидкості). Електронний ресурс: manuals.deere.com
15. Сівалка Tempo від Väderstad: особливості будови, переваги та досвід користування. Електронний ресурс: <https://kurkul.com/spetsproekty/1629-sivalka-tempo-vid-vderstad-osoblivosti-budovi-perevagi-ta-dosvid-koristuvannya>
16. Деталізація: сівалка швидкісного посіву Väderstad Tempo L. Електронний ресурс: <https://traktorist.ua/articles/detalizaciya-sivalka-shvidkisnogo-posivu-vaderstad-tempo-l>

17. Протокол випробувань № 1931/0301-01-2015 від 29 липня 2015 р. УкрНДПВТ ім. Л. Погорілого.
18. Техніка від Інтернет магазину Ельворті. Електронний ресурс: <https://elvortishop.com.ua/ua/catalog/seyalki>
19. Сівалка зернотукова рядкова СЗ-3,6А та пристосування. Керівництво з експлуатації СЗГ 00.000А. ПАТ «ЧЕРВОНА ЗІРКА», Кіровоград 2011р.
20. Демидко М.О. Теоретичний аналіз опору ґрунту при переміщенні двогранного плина // Наук. вісник Нац. агр. ун-ту / Редкол.: Д.О. Мельничук (відп. ред.) та ін. – Вип. 9.– К., 1998– 370с.
21. Посівна секція. Патент на корисну модель. Україна. 156272.A01С 7/00, А01С7/20. Вовнянко Б.Г. Володілець: Центральноукраїнський національний технічний університет.и 2023; 29.05.2024, Бюл. №23.
22. Васильковський О.М., Лещенко С.М., Васильковська К.В., Петренко Д.І. Підручник дослідника. Навчальний посібник для студентів агротехнічних спеціальностей. Х.: Мачулін. 2016 р. 204 с.
- 23.— Горобей В.П., Лузін В.А., Москалевич В.Ю. Дослідження тягового опору сошника культиваторного типу для розкидної сівби насіння / В.П. Горобей, В.А. Лузін, В.Ю. Москалевич // Механізація та електрифікація сільського господарства. — Вип. 97. — 2013. — С. 204–210.
24. Панков А.А. Аналіз динаміки питомого тягового опору рядкових сівалок / А.А. Панков // Матеріали з проблем конструювання та експлуатації с.-г. техніки. КНТУ — 2012.
25. 6. Методичні вказівки до виконання практичних робіт з курсу „Механізація, електрифікація, автоматизація сільськогосподарського виробництва”, „Експлуатація машинно-тракторного парку” для студентів спеціальності – Агрономія / Укл: П.Г.Лузан, І.М.Осипов, В.М.Сало, С.М.Мороз.-Кіровоград КДТУ. 1999. – 44с.
26. Сисолін П.В., Сало В.М., В.М. Кропівний. Сільськогосподарські машини/ Теоретичні основи, конструкція, проектування. Книга 1: Машини для рільництва// За ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 382 с.
27. Цілинський В.П. Охорона праці в рослинництві / В.П. Цілинський.- К.: "Урожай", 1991. – 186 с.
28. Лесенко Г.В. Профілактика травматизму в сільськогосподарському виробництві / Г.В. Лесенко, І.І. Скороходю - К.: "Урожай", 1973. – 240 с.

## ДОДАТКИ

Додаток А.

Аналіз посівних машин призначених для виконання сівби сої

	<p>Сівалки Monosem - NG Plus Ширина міжрядь 37,5 – 80 см</p>	
	<p>Сівалки John Deere 1775NT Ширина міжрядь 70 см</p>	
	<p>Сівалки Väderstad Tempo Ширина міжрядь 45 - 70 см</p>	
	<p>Сівалки Kinze 3000 Ширина міжрядь 35 - 70 см</p>	
	<p>Сівалки Астра- 3,6 (С3-3,6) Ширина міжрядь 15 – 30 - 45 см</p>	

Впливові фактори та рівні їх варіювання

Технічне забезпечення  
польових  
експериментальних  
досліджень

№ п. п.	Фактори		Рівні варіювання		Інте варію
	Найменування	Позна чення	Верхній (+)	Нижн ий (-)	
1	Задана глибина ходу сошника секції ( $h, \text{см}$ )	$X_1$	80	40	20
2	Робоча швидкість секції ( $V, \text{км/год}$ )	$X_2$	2,5	0,5	0,5



Загальний вигляд посівного модуля

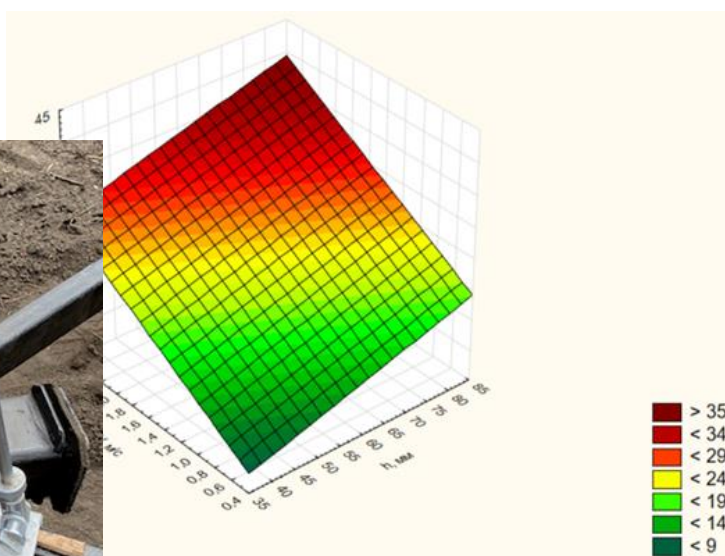
### Результати досліджень

Рівняння регресії

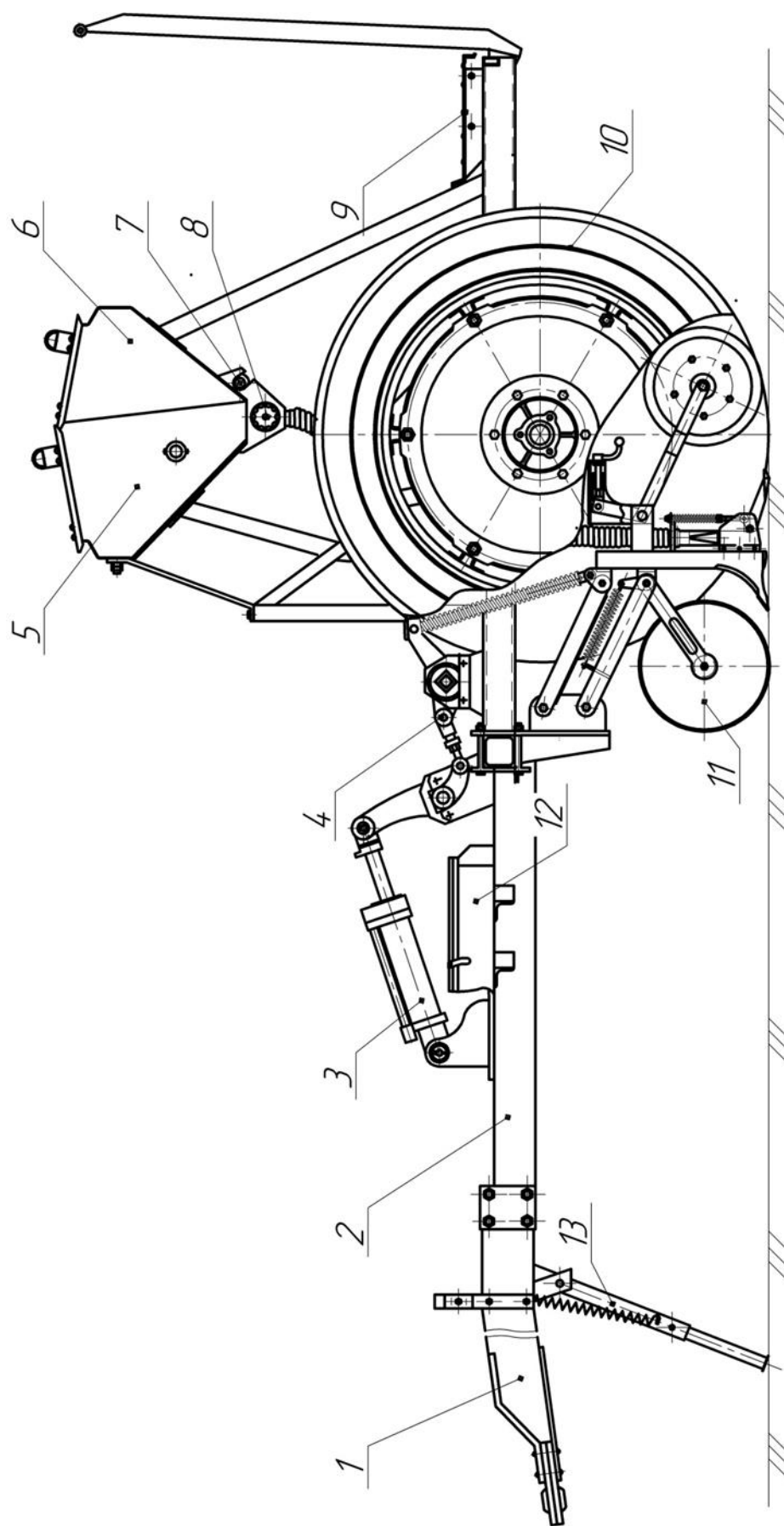
$$P = -3,0767 + 0,2177 \cdot h + 9,1884 \cdot V$$



Використання електронного тягоміра для фіксування тягового опору робочих органів



Графічна інтерпретація залежності значень тягового опору посівної секції з долотовидним сошником від заданої глибини його переміщення в ґрунті  $h, \text{мм}$  та робочої швидкості посівного агрегату  $V, \text{км/год}$ :



Загальний вигляд модернізованої сівалки з однорядним розташуванням посівних секцій для використання у технологіях вирощування сої в Степовій зоні України:  
1 – причіпний пристрій; 2 – сниця; 3 – гідроциліндр; 4 – зерновий ящик; 6 – туковий ящик;  
7 – туковисівний апарат; 8 – зерно висівний апарат; 9 – підніжна дошка; 10 – опорно-приводні колеса; 11 – посівна секція; 12 – інструментальний ящик.

## Додаток Е

## Технологічна карта

Культура: соя на зерно

Площа сівби – 100 га, урожайність – 20 ц/га.

Валовий збір основної продукції – 20ц,

Найменування робіт	Одиниці виміру	Склад агрегату		Змінна норма виробітку	Затрати праці, л-год.		Послуги автограна портю г/км	Електроенергія, кВт/час	Витрати пального, ц
		Трактор, комбайн	С.-г. машина, знаряддя		Тракторів, машинистів	Інших працівників			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>1. Основний обробіток ґрунту</b>									
Подрібнення рослинних решток	га	МТЗ-80	КП-6	29,8	23,4				3,27
Оранка, 20-25 см	га	Т-150К	ПЛН-5-35	9,8	71,4				23,1
<b>За період</b>	<b>х</b>	<b>Х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>83,44</b>				<b>26,37</b>
<b>11. Передпосівний обробіток ґрунту, сівба</b>									
Раннє весняне боронування	га	Т-70	ЗБЗТ-1,0	67	20,93				2,40
Культивація 15 – 16 см	га	Т-70	КПСП-4	16,5	42,42				3,10
Підвезення води, гербіцидів	т	ЮМЗ-6	АНЖ-2	11,0	22,26				0,70
Приготування роб розчину	т	ЮМЗ-6	„ Темп”	56,0	4,34	8,68			1,50
Внесення гербіциду	га	ЮМЗ-6	КПСП-4+ ПОУ	21,0	33,32				1,50
Протруювання насіння	т		ПУ-3	15	4,20	8,40		10	-
Завантаження насіння	т		вручну	8		1,26			-
Завантаження добрив	т		вручну	18		14,98			-
Транспорт. насіння і добрив	т	ЮМЗ-6	2ПТС-4	13,5	3,85				0,12
Заправка сівалок	т		вручну	1,0		105,0			
<b>Сівба з внесенням добрив</b>	<b>га</b>	<b>ЮМЗ-6</b>	<b>УПС-12</b>	<b>16</b>	<b>49,98</b>	<b>49,98</b>			<b>3,81</b>
Прикочування посівів	га	Т-70	ЗККШ-5	62	11,27				2,4
<b>За період</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>Х</b>	<b>188,7</b>	<b>188,3</b>		<b>10</b>	<b>15,53</b>
<b>111. Догляд за посівами</b>									
Досходове боронування	га	Т-70	ЗБЗС-1,0	58	24,15				2,4
Міжрядна обробка 4-5 см	га	ЮМЗ	КРН-4,2	18	38,92				2,30
Підвезення води і гербіцид.	т	ЮМЗ-6	АНЖ-2	11,0	25,48				0,76
Приготування роб. розчину	т	ЮМЗ-6	„ Темп „	56,0	5,11	10,22			1,27
Обробка посівів гербіцидами	га	ЮМЗ-6	ОП-2000	23,0	30,38				1,80
<b>За період</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>124,0</b>	<b>10,22</b>			<b>8,53</b>
<b>1V. Збирання врожаю</b>									
Збирання з обмолоч - ням	га		СК-5	8,5	82,32	82,32			11,60
Транспортування зерна	т		ГАЗ- 53				2000		
Очистка зерна на току	т		ОВП-20А	50,0		56,00		130	-
Завантаження на автомобілі	т	ЮМЗ-6	СНУ-05	35,0	199,9				1,50
Вивезення зерна	т		автомоб.				3000		
<b>За період</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>282,2</b>	<b>138,3</b>	<b>5000</b>	<b>130</b>	<b>13,1</b>
<b>Всього за рік</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>х</b>	<b>678,4</b>	<b>331,8</b>	<b>5000</b>	<b>140</b>	<b>63,53</b>