

Центральноукраїнський національний технічний університет
Агротехнічний факультет
Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ ____ ” _____ 2026 р.

ВИПУСКНА КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:

Механізація вирощування сої з модернізацією загортальної
системи просапної сівалки

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу,

групи АІ-23мб-1.1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Рустамов Ельвін Ехтірам Огли

« ____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Дмитро АРТЕМЕНКО

« ____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Сергій МАРКОВИЧ

« ____ » _____ 2026 р.

Кропивницький

Анотація

Дипломна робота присвячена вдосконаленню технології вирощування сої шляхом модернізації секції просапної сівалки УПС 8. Встановлено, що насіння сої має підвищену потребу у вологі та потребує створення спеціальних умов для формування оптимального середовища проростання. Проведений технічний аналіз показав, що серійні робочі органи просапних сівалок не завжди забезпечують належний контакт насіння з ґрунтом, що негативно впливає на польову схожість культури. Для усунення виявлених недоліків запропоновано удосконалену конструкцію загортачів і заднього прикочуючого котка сівалки УПС 8. В роботі наведено теоретичне обґрунтування та виконано інженерні розрахунки модернізованих робочих органів, адаптованих до особливостей сівби сої. Запропоновані конструктивні рішення забезпечують підвищення якості виконання технологічного процесу, створюють сприятливі умови для проростання насіння та сприяють підвищенню врожайності культури.

Abstract

This diploma thesis focuses on improving the technology of soybean cultivation through the modernization of the working section of the UPS 8 row-crop planter. It has been established that soybean seeds have an increased need for moisture and require the creation of special conditions to form an optimal germination environment. The conducted technical analysis showed that the standard working tools of row-crop planters do not always ensure proper seed-to-soil contact, which negatively affects the field emergence of the crop. To eliminate the identified shortcomings, an improved design of the covering devices and the rear press wheel of the UPS 8 planter is proposed. The paper provides the theoretical justification and engineering calculations of the modernized working tools adapted to the specific features of soybean sowing. The proposed design solutions ensure an improvement in the quality of the technological process execution, create favorable conditions for seed germination, and contribute to an increase in crop yield.

Перв. примен.	Формат	Зна	Поз	Обозначение	Наименование	Кол	Примечание
					Документація загальна		
Справ. №					Заново розроблена		
	A4			MBC 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
					Документація по технологічній частині		
					Заново розроблена		
	A1			MBC 00.001 ТЧ	Технологічна карта	1	
	A1			MBC 00.001 ТЧ	Операційна карта	1	
Підп. и дата					Документація по складальним одиницям		
					Заново розроблена		
	A1			MBC 00.000 СБ	Універсальна пневматична сівалка УПС-8	1	
	A1			MBC 00.110 СБ	Секція	1	
Взам. инв. №	A2			MBC 00.120 СБ	Загортач	1	
	A2			MBC 00.130 СБ	Коток	1	
Підп. и дата	MBC 00.000 ВП						
	Изм	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
Инв. № подл.	Разр.	Лист	Рустамав			Лист	Лист
	Пров.		Артеменко				1
	И.контр.		Артеменко			ЦНТУ	
	Утв.		Васильковський			гр. АІ-23мд-1.1	

Копіював
Формат А4

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Аналіз сучасної технології вирощування сої з визначенням шляхів її удосконалення.....	7
3. Операційна технологія процесу посіву сої.....	17
4. Інженерна частина.....	30
5. Охорона праці.....	49
Висновки.....	52
Список використаної літератури.....	54
Додатки	

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вступ

Соя є однією з найважливіших високобілкових та олійних культур в сучасному агропромисловому комплексі України. Її вирощування забезпечує високу рентабельність для аграрних підприємств середнього та великого рівня, а також відіграє ключову роль у підтримці родючості ґрунтів завдяки азотфіксуючим властивостям. Однак біологічні особливості сої - зокрема, висока потреба у волозі для набухання насіння та чутливість до глибини загортання висувають жорсткі вимоги до технології її сівби.

Сучасні системи точного землеробства та вдосконалені пневматичні висівні апарати дозволяють з високою точністю дозувати та розподіляти насіння в борозні. Проте, навіть ідеально висіяне насіння не гарантує отримання дружних і повноцінних сходів, якщо порушена архітектура насінневого ложа на фінальному етапі під час його загортання. Саме недосконалість серійних загортаючих систем часто стає вузьким місцем усього процесу механізації сівби, що робить напрям їх модернізації вкрай актуальним.

Важливість конструкції загортаючих робочих органів полягає у необхідності одночасного вирішення кількох суперечливих завдань: забезпечення контакту насіння з ґрунтом та запобігання утворенню ґрунтової кірки. Конструкція має ефективно працювати як на перезволожених ґрунтах (уникаючи налипання та переущільнення стінок борозни), так і в умовах посухи (максимально зберігаючи вологу).

Серійні робочі органи багатьох сівалок не мають достатнього діапазону регулювань кута атаки та сили притискного тиску, а також використовують пасивні загортаючі робочі органи, що зумовлює необхідність їх конструктивної модернізації

					МВС 00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата					
Розроб.		Рустамов			Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушіє	
Перевір.		Артеменко					6		
						ЦНТУ гр. АІ-23мБ-1.1			
Н. Контр.		Артеменко							
Затверд.		Васильковський							

2. Технологічна частина

2.1 Технологія вирощування сої

Опис культури. Соя - одна з найважливіших, найцінніших і найприбутковіших сільськогосподарських культур. Успішне вирощування цієї культури вимагає чіткого розуміння її біологічних особливостей та потреб.

Соя культурна (*Glycine max*) - це однорічна трав'яниста рослина родини бобових. Вона є унікальною завдяки своєму хімічному складу. Її насіння містить 35- 45% повноцінного рослинного білка (який за амінокислотним складом близький до тваринного) та 15 - 25% олії. Вона широко використовується в харчовій, кормовій та технічній промисловостях.

Коренева система стрижнева, проникає в ґрунт на глибину до 1,5 - 2 метрів, що допомагає рослині діставати вологу з глибоких шарів. Як і більшість бобових, соя утворює симбіоз із бульбочковими бактеріями (*Bradyrhizobium japonicum*). Вони фіксують атмосферний азот і перетворюють його на доступну для рослини форму. Завдяки цьому соя є чудовим попередником для інших культур, оскільки залишає після себе ґрунт, збагачений азотом. Стебло прямостояче, жорстке, схильне до розгалуження. Листки трійчасті, вкриті дрібним опушенням (як і стебла та боби). Плід - біб, у якому зазвичай формується від 2 до 4 насінин [1-4].

Вимоги до температури. Соя є теплолюбною культурою. Потреба в теплі змінюється залежно від фази розвитку рослини. Мінімальна температура для початку проростання становить +8...10°C. Проте оптимальною температурою ґрунту на глибині загортання насіння для отримання швидких та дружних сходів є +12...14°C. Сходи сої можуть витримувати короточасні весняні заморозки до -2...-3°C. Однак тривале похолодання затримує ріст, знижує імунітет і може призвести до загибелі рослин. Оптимальна температура для інтенсивного росту і розвитку становить +20...25°C.

Цвітіння та формування бобів - це найбільш критичний до тепла період, найкраще ці процеси проходять за температури +22...25°C. Зниження

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		7

температури нижче +14°C затримує цвітіння. Водночас сильна спека (вище +30...32°C), особливо в поєднанні з нестачею вологи, призводить до масового опадання квіток та зав'язі. Для нормального наливу та дозрівання насіння потрібна тепла і суха погода. Осінні заморозки до -2°C зупиняють вегетацію, листя опадає, а насіння залишається щуплим і зеленим [5-8].

Вимоги до світла. Соя є світлолюбною рослиною і дуже чутлива до тривалості світлового дня та інтенсивності освітлення. Це типова рослина короткого дня, скорочення світлового дня (в другій половині літа) прискорює її перехід до цвітіння та дозрівання. Навпаки, довгий світловий день подовжує фазу вегетативного росту і відтягує цвітіння. Сучасні сорти адаптовані до різних широт, але загальна біологічна реакція на світло зберігається. Культура потребує високої інтенсивності сонячного світла, особливо в періоди бутонізації, цвітіння та наливу зерна. Соя абсолютно не переносить затінення, особливо на ранніх етапах розвитку (тому важливо боротися з бур'янами). При загущених посівах рослини починають конкурувати за світло, вони сильно витягуються у висоту, їх стебла тоншають, що часто призводить до вилягання посівів. За нестачі світла нижні яруси листя передчасно жовтіють і відмирають, а боби на нижній частині стебла або не утворюються взагалі, або кріпляться занадто високо, що ускладнює механізоване збирання врожаю [5-8].

Вимоги до ґрунту. Соя має досить потужну стрижневу кореневу систему, але водночас вона дуже вимоглива до фізико-хімічних властивостей ґрунту. Найвищі врожаї соя формує на глибоких, багатих на органіку, добре структурованих ґрунтах. Ідеальними є чорноземи, темно-сірі лісові та каштанові ґрунти.

Оптимальний рівень рН для сої становить 6,5 - 7,0 (нейтральна або слабкокисла реакція). За кислотності нижче 5,5 діяльність бульбочкових бактерій (які фіксують азот) майже повністю зупиняється. В таких випадках ґрунт необхідно вапнувати.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		8

Культура потребує пухких ґрунтів з хорошою аерацією. Кисень необхідний не лише для дихання коренів, але й для активного розвитку азотфіксуючих бактерій.

Непридатні ґрунти - соя погано росте на важких глинистих, сильно заболочених, засолених ґрунтах, а також на ділянках з близьким заляганням ґрунтових вод (менше 1,5 м) [5-8].

Сівозміна. Правильне місце в сівозміні - запорука чистого від бур'янів поля та зниження ризику ураження хворобами. Соя не є культурою, яку можна вирощувати як монокультуру (на одному місці кілька років поспіль).

Найкращі попередники - озимі зернові (пшениця, ячмінь), вони рано звільняють поле, що дає змогу накопичити вологу та провести якісний основний обробіток ґрунту. Кукурудза, якщо не застосовувалися ґрунтові гербіциди з тривалою післядією.

Хороші попередники - круп'яні культури, такі як просо або гречка, є відмінним вибором, оскільки вони не мають спільних із соєю специфічних хвороб і залишають поле у доброму фітосанітарному стані. Просапні коренеплоди (наприклад, столовий буряк) - після їх збирання ґрунт зазвичай має добру структуру та очищений від бур'янів.

Небажані попередники - інші зернобобові (горох, нут, квасоля), через накопичення в ґрунті спільних шкідників та хвороб (кореневі гнилі, бактеріози). Соняшник - сильно висушує ґрунт на велику глибину і є переносником багатьох хвороб. Ріпак та капустяні культури - хоча іноді їх допускають як попередник, це ризиковано. Ріпак і соя мають спільну небезпечну хворобу - склеротиніоз (біла гниль). Тому після ріпаку сою краще повертати на поле не раніше ніж через 3 - 4 роки [5-8].

Обробіток ґрунту. Головна мета обробітку ґрунту під сою - це максимальне накопичення та збереження вологи, знищення бур'янів і створення ідеально вирівняного насіннєвого ложа, що особливо важливо при використанні сівалок точного висіву.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

Основний (осінній) обробіток - лущення стерні, проводиться відразу після збирання попередника на глибину 6 -8 см. Це провокує проростання насіння бур'янів та руйнує капіляри, запобігаючи випаровуванню вологи.

Зяблева оранка або глибокорозпушування проводиться через 2-3 тижні після лущення коли бур'яни проростуть. Потужні трактори дозволяють якісно виконати оранку на глибину 22 - 27 см. Глибокий обробіток критично необхідний для безперешкодного розвитку стрижневого кореня сої. Для збереження вологи в посушливих умовах оранку часто замінюють глибокорозпушуванням (без обороту пласта).

Передпосівний (весняний) обробіток. Як тільки ґрунт навесні досягає фізичної стиглості, проводять ранньовесняне боронування в один-два сліди під кутом до напрямку осіннього обробітку. Це ключова операція для збереження зимової вологи.

Передпосівна культивуація виконується безпосередньо перед посівом. Глибина культивуації повинна строго відповідати глибині загортання насіння (зазвичай 4 - 5 см). Поле має бути ідеально вирівняним, великі грудки не допускаються, оскільки вони заважатимуть рівномірному загортанню насіння та знизять якість сходів, особливо якщо посів здійснюється сучасними точними сівалками полозковими або наральниковими сошниками [2-7].

Вимоги до посіву та процес посіву. Посів сої не пробачає помилок з глибиною чи строками, оскільки насіння потребує багато вологи для набухання (близько 130 - 160% від власної маси).

Підготовка насіння (Інокуляція) - це обов'язковий і чи не найрентабельніший агрозахід. Безпосередньо перед посівом насіння обробляють (інокулюють) препаратами на основі живих азотфіксуючих бактерій (*Bradyrhizobium japonicum*). Це дозволяє рослині засвоювати азот із повітря, заощаджуючи величезні кошти на мінеральних добривах.

Соя сіється, коли ґрунт на глибині загортання насіння (3 -5 см) стабільно прогрівається до +10...12°C. Зазвичай в умовах України цей період припадає на кінець квітня - першу-другу декаду травня. Занадто ранній посів у холодний

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ґрунт призводить до ураження насіння грибковими хворобами та зрідження сходів, а запізнілий - до втрати дорогоцінної весняної вологи. Оптимальна глибина загортання становить 3 - 5 см.

Якщо верхній шар ґрунту пересушений, глибину можна збільшити до 5 - 6 см, але не глибше, оскільки соя виносить сім'ядолі на поверхню і їй важко пробитися крізь товстий шар землі. Після посіву поле обов'язково коткують для забезпечення контакту насіння з вологим ґрунтом.

Спосіб посіву та ширина міжрядь - вузькорядний (15 - 30 см), використовується для ранньостиглих сортів, які мало гілкуються. Перевага - швидке змикання рядків, що пригнічує ріст бур'янів і зменшує випаровування вологи. Широкорядний (45 - 70 см), застосовується для пізньостиглих, розлогих сортів, а також на сильно забур'янених полях, де планується механічний міжрядний обробіток. Норма висіву залежить від сорту і вологозабезпечення. В середньому це 500 - 700 тисяч схожих насінин на гектар (приблизно 80 - 120 кг/га). У посушливих умовах густоту зменшують, щоб рослинам вистачило вологи [4-10].

Внесення добрив. Система живлення сої має свою специфіку через здатність культури до самостійної фіксації азоту.

Азот (N). Соя здатна забезпечити себе азотом на 65 - 80% завдяки бульбочковим бактеріям. Тому великі дози азотних добрив вносити не лише економічно недоцільно, але й шкідливо - це блокує розвиток бульбочок (рослина стає "лінивою" і не фіксує азот). Допускається лише внесення стартової дози азоту (20 - 30 кг діючої речовини на га) під передпосівну культивуацію на бідних ґрунтах.

Фосфор (P) та Калій (K). Ці елементи критично важливі для розвитку потужної кореневої системи та формування повноцінних бобів. Зазвичай їх вносять восени під основний обробіток ґрунту або навесні при посіві (в рядок). Середня норма становить P40-60 K40-60.

Для активної роботи бактерій та зав'язування бобів соя гостро потребує мікроелементів, особливо молібдену (Mo), бору (B) та кобальту (Co). Їх

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зазвичай вносять під час передпосівної обробки насіння або шляхом позакореневого підживлення (по листу) у фазі бутонізації [4-10].

Боротьба з бур'янами. Соя росте повільно в перші 30 - 40 днів своєї вегетації. В цей час вона є абсолютно неконкурентоспроможною і може легко втратити до 30-50% врожайності через забур'яненість.

Агротехнічний метод боротьби:

досходове боронування - проводиться через 3 - 4 дні після посіву (коли насіння сої проросло, але ще не вийшло на поверхню). Дозволяє знищити до 70% бур'янів у фазі білої нитки;

післясходове боронування - проводиться у фазі 1 - 2 справжніх листків сої в другій половині дня (коли рослини втрачають тургор і стають менш ламкими);

міжрядні культивації - застосовуються лише на широкорядних посівах. Перша, на глибину 5 - 6 см, наступні, мілкіше, щоб не пошкодити коріння сої.

Хімічний метод (гербіциди):

грунтові (досходові) гербіциди - вносяться до посіву, під час посіву або протягом 2-3 днів після нього на добре вирівняний ґрунт. Діючі речовини (наприклад, прометрин, ацетохлор, метрибузин) створюють захисний екран, який не дає бур'янам проростати. Їх ефективність сильно залежить від наявності вологи в ґрунті;

страхові (післясходові) гербіциди - застосовуються по вегетуючих рослинах, коли бур'яни вже зійшли. Проти дводольних (широколистих) бур'янів використовують препарати на основі бентазону або тифенсульфурон-метилу. Проти злакових бур'янів (мишій, пирій) застосовують грамініциди (наприклад, хізалофоп-П-тефурил, галоксифоп-Р-метил).

Обробку страховими гербіцидами слід проводити чітко у рекомендовані фази розвитку культури та бур'янів, уникаючи періодів стресу для сої (спека, посуха, різкі перепади температур) [4-10].

Боротьба зі шкідниками. Соя приваблює багатьох шкідників протягом усього періоду росту. Ключ до успішного захисту - регулярний моніторинг

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		12

посівів та застосування інсектицидів лише за умови досягнення економічного порогу шкодочинності (ЕПШ).

Павутинний кліщ (найбільша загроза) в останні роки, через спекотні та посушливі періоди, цей шкідник завдає колосальних збитків. Він висмоктує соки з нижнього боку листя, яке згодом жовтіє, засихає та опадає. Звичайні інсектициди на нього не діють, тому обов'язково потрібне застосування спеціальних препаратів - акарицидів (на основі абамектину, спіромезифену, гекситіазоксу). Обробку часто доводиться проводити по краях поля, звідки кліщ починає міграцію.

Акацієва (бобова) вогнівка - небезпечний шкідник, гусениці якого проникають всередину бобу і виїдають насіння. Фаза контролю - початок масового льоту метеликів та відкладання яєць. Пізніше, коли гусениця вже в бобі, дістати її препаратами майже неможливо.

Совки (бавовняна, люцернова) - гусениці цих метеликів грубо об'їдають листя, квітки та молоді боби.

Клопи (щитники, сліпняки) - проколюють боби і висмоктують вміст насіння, знижуючи врожайність та погіршуючи якість насіння (особливо схожість).

Система захисту - зазвичай застосовують бакові суміші інсектицидів з різним механізмом дії (наприклад, контактний піретроїд + системний неоніотиноїд), щоб забезпечити як швидкий ефект, так і тривалу захисну дію [4-10].

Хвороби. На сої можуть розвиватися понад 50 видів хвороб (грибкові, бактеріальні, вірусні). Їх розвиток сильно залежить від погодних умов (вологість і температура) та попередників.

Грибкові захворювання (найпоширеніші):

пероноспороз (несправжня борошниста роса) - проявляється у вигляді жовтих плям на листі зверху і сіруватого нальоту знизу;

склеротиніоз (біла гниль) - вражає стебла, які вкриваються білим ватоподібним нальотом, всередині стебла утворюються чорні склероції.

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сильно прогресує у вологу погоду, особливо якщо соя посіяна після соняшнику або ріпаку;

септоріоз (іржава плямистість) - викликає передчасне опадання листя, починаючи з нижніх ярусів;

фузаріоз - вражає сходи, коріння та дорослі рослини (кореневі гнилі, в'янення);

бактеріози - виявляються у вигляді кутастих бурих плям на листі (бактеріальний опік) або здуття на стеблах. Бактерії часто передаються з насінням.

Система захисту:

профілактика - якісне протруєння насіння фунгіцидними препаратами (на основі флудіоксонілу, металаксилу-М) та дотримання сівозміни;

лікування - обробка посівів фунгіцидами (на основі стробілуринів, триазолів, тіофанат-метилу). Зазвичай планову фунгіцидну обробку проводять у фазу бутонізації на початку цвітіння, а другу (за потреби), під час формування бобів [4-10].

Збирання врожаю. Збирання - фінальний і дуже делікатний етап. Соя схильна до розтріскування бобів та осипання насіння, тому зволікати не можна.

Ознаки достигання: рослини скидають усе листя (стебла стоять голі), боби набувають характерного для сорту кольору (бурий, коричневий, сірий), насіння відшаровується від стулок бобу, якщо потрясти рослину, чути характерний шум (насіння торохтить всередині).

Пряме комбайнування починають, коли вологість насіння знижується до 14 - 15%. Оптимальна вологість для обмолоту без травмування насіння 12 - 14%. Якщо вологість падає нижче 10 - 11%, насіння стає дуже крихким і масово дробиться комбайном. Якщо збирати за вологості вище 15%, зерно потребуватиме негайної дороговартісної сушки.

Десикація (передзбиральне підсушування), застосовується часто, особливо якщо посіви дозрівають нерівномірно, поле забур'янене або

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		14

наближається сезон дощів. Посіви обробляють препаратами на основі диквату або гліфосату (якщо соя стійка або це дозволено) за 10 - 14 днів до збирання, коли вологість насіння становить 30 - 35% (нижні боби вже бурі).

Головна проблема при збиранні сої - нижні боби кріпляться дуже низько до землі (іноді на висоті 5 - 7 см). Стандартна зернова жатка залишає їх на полі, що може призвести до втрати 10 - 20% врожаю. Тому сою збирають комбайнами зі спеціальними жатками типу Flex. Вони мають гнучкий ріжучий апарат, який копіює рельєф ґрунту і зрізає стебла на висоті 3 - 5 см. Оберти барабана комбайна знижують (до 400–600 об/хв), щоб уникнути дроблення цінного білкового зерна [4-10].

2.2 Технологічна карта вирощування сої [7-10]:

1. Лущення стерні. Одразу після збирання попередника. Подрібнення пожнивних решток, провокування росту бур'янів, закриття вологи. Глибина: 6-8 см. Трактор New Holland T7 + дискова Велес-Агро Kronos.

2. Внесення основних добрив. Вересень – Жовтень. Забезпечення фосфором та калієм (Р, К) під основний обробіток. Трактор 80-110 к.с. + розкидач Amazone ZA-M.

3. Основний обробіток (глибокорозпушування або оранка). Через 2-3 тижні після лущення. Трактор New Holland (T8/T9) + глибокорозпушувач (Case IH Ecolo-Tiger, DMI) або плуг (Lemken Diamant). Руйнування плужної підшви, накопичення осінньо-зимової вологи. Глибина: 25-30 см.

4. Закриття вологи. За фізичної стиглості ґрунту (Березень-Квітень). Трактор New Holland (T7) + шлейфова або зубова борона (McFarlane, Лозовські машини "Ліра"). Збереження накопиченої за зиму вологи, вирівнювання фону.

5. Передпосівна культивуація. За 1-2 дні до посіву. Трактор New Holland + передпосівний компактор (Farmet Kompaktomat, Horsch Tiger). Створення ідеального насінневого ложа. Глибина строго 4-5 см.

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		15

6. Інокуляція та протруєння насіння. Безпосередньо перед посівом або за кілька днів (залежить від препарату). Мобільний протруювач (ПК-20 "Супер", шнекові навантажувачі-протруювачі Заводу Кобзаренка). Захист від хвороб/шкідників та заселення азотфіксуючими бактеріями.

7. Посів. Кінець квітня - травень (темп. ґрунту +10...12°C). Трактор New Holland + сівалка точного висіву УПС 8. Рівномірний розподіл насіння на глибину 4 - 5 см.

8. Коткування (за потреби). Одразу після посіву. Трактор 80 к.с. + кільчасто-шпорові котки (КЗК-6). Забезпечення контакту насіння з ґрунтом за умов дефіциту вологи.

9. Досходове / післясходове боронування. 3-4 день після посіву / фаза 1-2 справжніх листків. Трактор 80-110 к.с. + ротаційна борона (John Deere 400, Агромаш "Ротаційна"). Знищення бур'янів у фазі білої нитки, руйнування ґрунтової кірки.

10. Внесення гербіцидів. Ґрунтові: до/після посіву. Страхові: по вегетації. Причіпний обприскувач (Berthoud Tracker, Amazone UX, Boguslav) або самохідний). Хімічний контроль бур'янів. Важливе дрібнокраплинне розпилення.

11. Фунгіцидний/Інсектицидний захист та мікродобрива. Бутонізація - формування бобів. Самохідний обприскувач з високим кліренсом (Case IH Patriot, New Holland Guardian) або агродрони (ХАG, DJI). Захист від хвороб (склеротиніоз), шкідників (кліщ) та підживлення (Бор, Молібден). Дрони не пошкоджують посіви.

12. Десикація (за потреби). За 10-14 днів до збирання (вол. 30%). Агродрони (ХАG, DJI) або самохідні обприскувачі. Рівномірне підсушування рослин і бур'янів для полегшення комбайнування.

13. Збирання. Вологість насіння 12-14%. Комбайн (Claas Lexion, New Holland CX/CR) + жатка типу Flex (MacDon FD, Claas Maxflex). Жатка Flex копіює рельєф і зрізає сою на висоті 3-5 см, мінімізуючи втрати нижніх бобів.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		16

14. Відвезення зерна. Паралельно зі збиранням. Трактор New Holland + бункер-перевантажувач (Завод Кобзаренка ПБН) + Автомобілі-зерновози. Бункери-перевантажувачі запобігають ущільненню ґрунту і прискорюють логістику.

3. Операційна технологія посіву сої

3.1 Операційна технологія процесу посіву при вирощуванні сої

Умови роботи наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Умови роботи

Показник	Значення показника
Сільськогосподарська операція	Посів сої
Марка трактора	New Holland T5.110
Сівалка	УПС 8
Довжина гонів, L м	900
Фон поля	Під посів
Кут підйому, %	2

Агротехнічні вимоги до посіву сої при використанні сівалок точного висіву [1-4,6-8]

Використання сівалок точного висіву (пневматичних або механічних) для посіву сої дозволяє суттєво заощадити дорогий насіннєвий матеріал (до 15-20%), уникнути конкуренції між рослинами в рядку та забезпечити ідеальну площу живлення для кожного куща.

Щоб повністю розкрити потенціал такої технології, необхідно дотримуватися жорстких агротехнічних вимог.

Вимоги до передпосівного обробітку ґрунту. Точний висів неможливий на погано підготовленому полі. Робочі органи сівалок точного

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		17

висіву дуже чутливі до мікрорельєфу. Поверхня поля має бути ідеально рівною. Наявність колій від трактора або гребенів призведе до нерівномірного руху секцій сівалки і, як наслідок, до нерівномірної глибини розміщення насіння. Діаметр ґрунтових агрегатів у верхньому шарі не повинен перевищувати глибину загортання насіння (тобто не більше 2 - 3 см). Більші грудки заважатимуть роботі сошника та прикочуючих коліс.

Архітектура насінневого ложа - на глибині висіву (3 - 5 см) ґрунт має бути щільним (непорушеним), щоб забезпечити капілярне підняття вологи до насінини. Верхній шар має бути пухким для вільного доступу повітря та легкого проростання паростків.

Параметри налаштування висівного апарату. Головна мета сівалки точного висіву - рівномірно розкласти насіння на заданій відстані одне від одного без двійників та пропусків.

Насіння сої має бути ретельно відкаліброване на фракції. Висівні диски підбираються строго під розмір фракції. Якщо насіння різнокаліберне, вакуумні апарати будуть захоплювати по дві дрібні насінини або скидати великі.

Стандартна глибина загортання насіння становить 3 - 5 см. Відхилення глибини загортання не повинно перевищувати $\pm 0,5$ см. Це досягається правильним налаштуванням опорних (копіювальних) коліс на кожній висівній секції та достатнім тиском секції на ґрунт.

При використанні сівалок точного висіву сою зазвичай сіють широкорядним способом - 45 см або 70 см. Це дозволяє в подальшому проводити механічні міжрядні культивації та забезпечує відмінну аерацію посівів.

Густота стояння (відстань в рядку) - залежно від норми висіву (зазвичай 500 - 600 тис. шт./га для міжряддя 70 см), відстань між насінинами в рядку має становити приблизно 3,5 - 4,5 см.

Технічні вимоги до робочих органів (сошників та загортачів):

якість формування борозни безпосередньо впливає на дружність сходів;

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

робота сошника - сошники повинні формувати чітку V-подібну борозну. Важливо, щоб сошник не переущільнював стінки борозни (що часто буває при посіві у перезволожений ґрунт), оскільки це перешкоджає розвитку бічних корінців;

прикочування (загортання) - після укладання насінини на щільне насіннєве ложе, повітряні кишені мають бути видалені. Найкраще з цим справляються V-подібні прикочуючі (регульовані) колеса. Вони стискають ґрунт з боків борозни, щільно притискаючи його до насінини, але при цьому залишають ґрунт безпосередньо над насіниною відносно пухким, запобігаючи утворенню кірки.

Швидкісний режим посівного агрегату. Це найпоширеніша причина втрати точності висіву на потужних тракторних агрегатах. Для більшості класичних пневматичних сівалок точного висіву робоча швидкість трактора не повинна перевищувати 6 - 8 км/год. При русі на швидкості 10 км/год і вище висівні апарати не встигають якісно захопити та скинути насіння (збільшується відсоток пропусків). Крім того, висівна секція починає вібрувати та підстрибувати на мікронерівностях, через що насіння лягає на різну глибину, а сходи виходять нерівномірно з різницею в 3 - 5 днів), що вкрай ускладнює подальший гербіцидний захист.

Комплектування і підготовка агрегату до роботи [11-13]

Підготовка посівного агрегату (трактор + сівалка точного висіву) до роботи - це точний інженерний процес, який безпосередньо впливає на якість сходів. Будь-який перекис рами чи неправильно налаштована гідравліка призведе до нерівномірного загортання насіння та втрати врожаю.

Процес комплектування та налаштування складається з кількох чітких етапів. Розглянемо їх на прикладі агрегування сучасної сівалки точного висіву вітчизняної УПС-8 з трактором New Holland.

Етап 1. Підготовка трактора.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		19

Перш ніж підганяти трактор до сівалки, він має бути правильно налаштований під тягове зусилля та вагу агрегату. Для роботи з причіпними або навісними сівалками тиск має бути оптимальним (зазвичай 1.0 - 1.4 бар для задніх і 1.2 - 1.6 бар для передніх коліс, залежно від моделі). Це зменшує ущільнення ґрунту і мінімізує пробуксовку, що критично для підтримки стабільної швидкості (6-8 км/год).

Необхідно перевірити наявність і розподіл передніх та колісних противаг. Для важких навісних сівалок (наприклад, 8-рядних) передня вісь трактора має бути достатньо завантажена (не менше 20% від загальної маси), щоб зберегти керованість на розворотах. Перевірити рівень гідравлічної оливи. Очистити швидкокорозивні муфти від пилу, щоб уникнути потрапляння бруду в систему. Якщо вентилятор сівалки працює від ВВП, переконайтеся, що хвостовик встановлено на потрібний режим (зазвичай 540 об/хв).

Етап 2. Зчеплення (агрегатування).

Під час під'їзду трактора до сівалки між ними не повинно бути людей. Усі операції зі зчеплення виконувати тільки після зупинки двигуна та постановки трактора на стоянкове гальмо. Підвести нижні тяги трактора до осей підвісу сівалки, зафіксувати їх чеками. Потім приєднайте центральну тягу (гвинт). Відрегулюйте розтяжки (ланцюги) нижніх тяг так, щоб сівалка не розгойдувалася в транспортному положенні, але мала невеликий вільний хід (близько 2-3 см) у робочому, щоб копіювати рельєф.

Етап 3. Підключення комунікацій.

Підключити кабель ISOBUS (або кабель монітора контролю висіву) до розетки трактора. Перевірити працездатність термінала в кабіні.

Під'єднати карданний вал. Переконайтеся, що довжина кардана достатня для розворотів (труби не випадають і не впираються одна в одну до упору). Обов'язково закріпити страхувальні ланцюжки захисних кожухів.

Етап 4. Налаштування сівалки на рівному майданчику.

Це найвідповідальніший етап механічного регулювання перед виїздом у поле. Рама сівалки в робочому положенні (сошники опущені на землю)

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						20
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

повинна бути строго паралельна поверхні поля. Регулюється довжиною центральної тяги трактора. Якщо рама нахилена вперед або назад, змінюється кут атаки сошників, і вони недостатньо прорізають ґрунт. Крім того, порушується робота кокових загортачів (нерівномірно розподіляється тиск на ґрунт).

Встановіть висівні диски, які точно відповідають фракції вашого насіння сої. Налаштуйте скидач двійників (селектор) згідно з інструкцією до сівалки УПС 8, щоб уникнути висіву двох насінин одночасно.

На кожній висівній секції встановіть опорні (копіювальні) колеса на однакову глибину (наприклад, 4 см). Відрегулюйте натяг пружин (або тиск у пневмобалонах) на кожній секції. Для сої у пухкому ґрунті тиск може бути мінімальним, але якщо поле має ущільнення після весняного обробітку, тиск на сошник потрібно збільшити (до 100 - 150 кг), щоб він стабільно прорізає ґрунт. Виставте зірочки на коробці передач сівалки (або введіть дані в термінал, якщо привід електричний) на потрібну норму висіву (наприклад, 600 тис. шт/га).

Етап 5. Польове калібрування (остаточна перевірка).

Виїхавши в поле, зробіть пробний прохід (50-100 метрів) на робочій швидкості. Зупиніть трактор, не піднімаючи сівалки. Обережно розгорніть борозну за сошником на кількох рядках (крайніх і центральних). Виміряйте лінійкою фактичну глибину залягання насіння до поверхні ущільненого ґрунту. Виміряйте відстань між насінинами в рядку. За необхідності відкоригуйте роботу скидача двійників або вакуум (якщо насіння часто випадає). Оцініть роботу прикочуючих (загортаючих) коліс. Насіння має бути щільно притиснуте до вологого ложа, а зверху присипане пухким шаром ґрунту без утворення надмірного гребеня чи щільної кірки.

3.2 Підготовка поля до роботи [11-13]

Безпосередня підготовка поля до роботи посівного агрегату - це ключовий організаційний етап. Від нього залежить не лише продуктивність

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		21

зміни, а і рівномірність сходів сої. Оскільки соя дуже чутлива до глибини загортання та ущільнення ґрунту, процес підготовки має бути максимально точним.

Для сучасних машин цей процес починається ще до заїзду техніки на ріллю і включає кілька послідовних кроків:

перед початком робіт поле має пройти фінальну перевірку агрономом;

за допомогою ґрунтового термометра вимірюється температура на глибині загортання насіння (3 - 5 см). Роботи починають лише тоді, коли ґрунт стабільно прогрівся до +10...+12°C;

ґрунт не повинен мазатися і налипати на робочі органи сівалки. Водночас на глибині насінневого ложа має бути достатньо вологи (соя поглинає до 160% води від маси насінини для проростання);

поле оглядають на наявність великих каменів, гілок або скупчень пожнивних решток, які можуть забити секції просапної сівалки або пошкодити сошники.

Навігаційна підготовка (для систем точного землеробства). При роботі з сучасними тракторними агрегатами (лінійки New Holland), обладнаними системами автопілотування та RTK-сигналом, механічна розмітка маркерами відходить на другий план.

Контури поля завантажуються в термінал трактора. Це дозволяє системі автоматично відключати висівні секції на перекриттях і краях (Section Control), заощаджуючи дороге насіння сої.

Задається оптимальна траєкторія руху агрегату. Зазвичай найдовший прямий край поля обирається як базова лінія А-Б, паралельно якій будуть здійснюватися всі наступні проходи. Це мінімізує кількість розворотів.

Поворотні смуги (краї поля, де агрегат розвертається) піддаються найбільшому ущільненню. Ширина поворотної смуги має бути кратною ширині захвату сівалки і достатньою для безпечного розвороту трактора з причіпним агрегатом без здавання назад (зазвичай це 2 або 3 повні ширини сівалки).

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		22

Найчастіше спочатку засівають основний масив поля, залишаючи поворотні смуги порожніми, вони слугують майданчиком для маневрів. Після завершення основного посіву поворотні смуги засіваються по контуру (обсів краю). Це дозволяє уникнути витоптування вже посіяної сої під час розворотів важкої техніки.

Правильне розміщення допоміжної техніки економить до 20% робочого часу зміни. Автомобілі з насінням та добривами (або шнекові навантажувачі-борти) розміщують на краях поля з боку під'їзних шляхів. Місце має бути рівним і забезпечувати вільний під'їзд посівного агрегату.

Якщо насіння обробляється інокулянтами (живими бактеріями) безпосередньо в полі, завантажувальний майданчик потрібно розмістити так, щоб насіння не перебувало під прямими сонячними променями тривалий час, оскільки ультрафіолет вбиває бактерії.

Після заїзду на поле та заповнення бункерів механізатор робить перший пробний прохід на відстань 50 - 100 метрів із робочою швидкістю (6 - 8 км/год). Агрегат зупиняється, сівалка залишається в опущеному робочому положенні. Проводиться обережне розкопування кількох засіяних рядків.

Перевіряється: фактична глибина (чи відповідає вона заданим 3 - 5 см), відстань між насінинами (відсутність двійників та пропусків), якість роботи загортачів та прикочуючих коліс (чи немає повітряних кишень навколо насінини та чи не утворилася занадто щільна кірка зверху).

Тільки після підтвердження, що насіння укладається ідеально згідно з агротехнічними вимогами, дається дозвіл на повноцінний посів усього масиву поля.

3.3 Організація роботи агрегату в загінці [11-13]

Організація руху посівного агрегату безпосередньо в загінці (робочій ділянці поля) визначає продуктивність зміни, витрату пального та якість сходів на краях поля. Неправильний рух призводить до надмірних перекриттів,

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		23

перевитрати дорогого насіння сої та сильного ущільнення ґрунту в місцях розворотів.

Сучасний підхід до організації роботи ґрунтується на мінімізації холостих пробігів та захисті вже посіяних рядків.

На рівних полях сівбу завжди проводять уздовж найдовшої сторони поля. Це зменшує кількість розворотів, економить час і ресурс гідравлічної системи трактора.

На полях навіть із незначним ухилом посів сої необхідно проводити строго поперек схилу (або по контуру). Це критично важливо для запобігання водній ерозії, борозни від сошників затримуватимуть весняну та літню вологу, не даючи їй стікати вниз.

Перед початком сівби поле візуально або за допомогою навігації розбивається на робочі загінки та поворотні смуги (краї поля).

Ширина поворотної смуги має бути кратною ширині захвату сівалки. Для роботи сучасного трактора типу New Holland з 8 рядною сівалкою зазвичай виділяють поворотну смугу шириною у 2 - 3 проходи сівалки (наприклад, 12 - 18 метрів). Цього достатньо для вільного розвороту агрегату без здавання назад, що заборонено з опущеними сошниками. Між основною загінкою та поворотною смугою візуально або в терміналі навігатора проводиться контрольна лінія. Саме на ній механізатор повинен піднімати та опускати сівалку.

Для просапних сівалок точного висіву застосовують два основні види руху:

човниковий (найпоширеніший), агрегат рухається від краю до краю, розвертається і заходить у сусідній, суміжний прохід. Перевагою є мінімальна кількість холостих переїздів. Вимагає достатньої ширини поворотної смуги для розвороту у формі "груші" або "петлі". Ідеально реалізується при використанні автопілота або довгих маркерів;

човниковий з пропуском (перекриттям). Якщо трактор має великий радіус розвороту і не може відразу зайти в сусідній ряд без складних маневрів,

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
						24
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

він пропускає один або два проходи (залишає порожню смугу, кратну ширині сівалки), а потім повертається і засіває ці пропуски. Розворот відбувається плавно, без різких навантажень на зчіпку та ходову частину трактора. Рух вкругову від країв до центру для точного висіву категорично не застосовується, оскільки призводить до клинів, перекриттів та неможливості подальшого міжрядного обробітку).

Техніка виконання розворотів - цей маневр вимагає найбільшої уваги механізатора.

При наближенні до контрольної лінії поворотної смуги механізатор переводить гідророзподільник у режим підйому без зупинки трактора. Виїзд на поворотну смугу здійснюється з повністю піднятими сошниками та маркерами. Трактор розвертається виключно на площі поворотної смуги (щоб не трамбувати основне поле).

Після вирівнювання агрегату по курсу нового проходу, сівалка переводиться в плаваюче (робоче) положення за 2 - 3 метри до перетину контрольної лінії, щоб до моменту входу в загінку сошники встигли заглибитися на задані 3 - 5 см і система висіву (вакуум) стабілізувалася.

Робота із системами точного землеробства (Section Control), наявність GPS-навігації кардинально змінює організацію процесу посіву. Якщо трактор обладнано системою Section Control (через ISOBUS), механізатору не потрібно ідеально розраховувати момент відключення висіву на краях. Система сама автоматично відключає секції (поштучно або групами), щойно вони перетинають лінію вже засіяної ділянки або поворотної смуги.

Це виключає подвійний посів (перекриття) на розворотах. Для сої подвійний посів є дуже небажаним - загущені рослини в цих місцях сильно витягуються, вилягають, вражаються білою гниллю і майже не дають бобів.

Головне правило сучасної агрономії: поворотні смуги засіваються в останню чергу, коли основний масив поля вже повністю посіяний. Агрегат робить ті самі 2 або 3 проходи по контуру поля. Якщо обсіяти краї спочатку,

					<i>MBC 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

трактор під час розворотів сотні разів переїде засіяні рядки, знищивши до 80% насіння на цих ділянках через екстремальне ущільнення ґрунту колесами.

3.4 Показники та методи контролю якості сівби [14-16].

Контроль якості сівби - це безперервний процес, який поділяється на електронний моніторинг під час руху та інструментальну перевірку безпосередньо в полі. Відхилення від заданих параметрів навіть на кілька відсотків може призвести до суттєвих втрат врожаю або неможливості проведення подальшого міжрядного обробітку.

Головні показники якості сівби:

глибина загортання насіння, для сої це зазвичай 3 - 5 см, допустиме відхилення за агротехнічними вимогами не повинно перевищувати $\pm 0,5$ см (максимум ± 1 см). Нерівномірна глибина призводить до зріджених сходів. Насіння, посіяне занадто мілко, може висохнути, а занадто глибоко виснажитися до виходу на поверхню;

норма висіву (густота стояння) - задана кількість насінин на гектар (наприклад, 550 тис. шт./га). Фактична норма не повинна відхилятися від заданої більше ніж на $\pm 3 - 5\%$.

Рівномірність розподілу насіння в рядку:

строго визначена відстань між насінинами без двійників (двох насінин в одному гнізді) та пропусків;

відсоток двійників і пропусків для сучасних пневматичних сівалок точного висіву не повинен перевищувати 1,5 -2%;

задана ширина 70 см, для основних міжрядь відхилення становить $\pm 1 - 2$ см, для стикових (між суміжними проходами сівалки) не більше ± 5 см. Критично важливо для подальшого проходження міжрядного культиватора без підрізання культурних рослин;

прямолінійність рядків і відсутність викривлень на основному масиві поля. Допустиме відхилення не більше 1 - 2 см на 50 метрів довжини гону (забезпечується системами GPS-автопілотування).

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		26

Методи контролю якості в полі:

електронний моніторинг (у реальному часі), сучасні трактори та сівалки обладнуються системами контролю висіву (наприклад, датчики на насіннєпроводах, підключені до ISOBUS-терміналу). Оптичні або мікрохвильові датчики фіксують проліт кожної насінини, монітор в кабіні показує механізатору - фактичну норму висіву в тисячах штук на гектар, наявність двійників та пропусків у відсотках по кожному ряду. Сповіщення про забивання сошника або закінчення насіння в бункері. Цей метод дозволяє миттєво реагувати на збої (наприклад, падіння вакууму або забивання дозатора), але не звільняє від необхідності ручної перевірки;

інструментальний (ручний) польовий контроль, проводиться агрономом або механізатором після перших 50 - 100 метрів проходу, а потім, кілька разів протягом зміни (особливо при зміні типу ґрунту на полі).

Визначення глибини загортання - агрегат зупиняють (не піднімаючи сівалку). На засіяному рядку обережно знімають верхній пухкий шар ґрунту до моменту виявлення насінини на щільному ложі. Лінійку ставлять на насінину і вимірюють відстань до рівня природної (неприкоченої) поверхні поля. Замір роблять у 5 - 10 місцях по діагоналі сівалки.

Визначення відстані між насінинами (перевірка розкладки) - обережно розкопують рядок уздовж борозни на довжину 1 - 2 метри. За допомогою рулетки вимірюють відстань між сусідніми насінинами, фіксуючи наявність пропусків або здвоєного насіння.

Визначення фактичної норми висіву (метод погонного метра) - відміряють рулеткою певну довжину рядка. Для міжряддя 70 см зручно використовувати відрізок 14,3 метра (це площа рівно 10 кв. м., або 1/1000 гектара). Розкопують цей відрізок і рахують усі знайдені насінини. Кількість знайдених насінин множать на 1000 та отримують фактичну густоту висіву на 1 гектар (наприклад, 55 насінин $\times$ 1000 = 55 000 шт./га, що відповідає заданій нормі).

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

Контроль стикового міжряддя - за допомогою рулетки вимірюють відстань між крайнім рядком попереднього проходу та крайнім рядком поточного проходу трактора. Якщо відстань нерівномірна, необхідно відкалібрувати GPS-навігацію або відрегулювати виліт маркерів.

Детальний розрахунок головних параметрів операційної технології процесу посіву при вирощуванні сої наведений в Додатку А. На основі отриманих результатів була складена операційна карта посіву сої (рис. 3.1)

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
						28
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Операційна карта вирощування сої

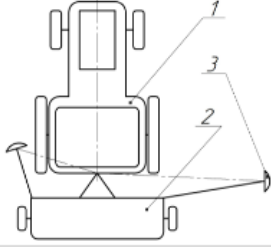
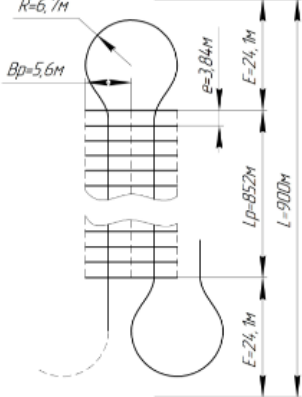
Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
Умови роботи	Площа – 120 га, довжина гонів – 900 м, величина підйому – 0,02, питомий опір з поправкою на швидкість – 15 кН/м, глибина посіву – 4 см.	 Схема поля
Агротехнічні вимоги	Каливання ширини міжрядь повинно бути не більше: у основних ± 1 см, суміжних проходів ± 5 см, відхилення від заданої глибини посіву ± 2 см. Не допускаються незагорнуте насіння на поверхні поля. Число пропусків не повинно перевищувати 2% від числа висіяних насінин.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор New Holland TD5.90, сівалка Vesta-8, робоча ширина захвату 5,6 м, мінімальний радіус повороту – 6,7 м, кінематична довжина агрегату – 6,4 м. Підготовка агрегату: 1. провести щозмінне ТО трактора і сівалки; 2. відрегулювати на задану норму висіву; 3. встановити маркери	 1 – трактор New Holland TD5.90 2 – сівалка Vesta-8 3 – маркер
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 24,1 м.	
Спосіб руху	Спосіб руху гонівий човниковий, спосіб повороту петльовий грушоподібний	 $R=6,7\text{ м}$ $Bp=5,6\text{ м}$ $B=1,84\text{ м}$ $E=24,1\text{ м}$ $Lp=85,2\text{ м}$ $L=900\text{ м}$
Швидкість руху	Робоча передача V, враховуючи буксування, робоча швидкість 7 км/год	
Показники організаційного процесу	Тривалість циклу 17,9 хв, технічна продуктивність за цикл 0,91 га/ц; змінна продуктивність агрегату 22 га/зм, кількість циклів за зміну 23 ц/зм	
Контроль за якістю роботи сівалки	Відхилення від заданої глибини повинно бути не більше ± 5 мм. Норма висіву становить 500–600 тис.шт/га, відстань між насіннями 3,5–4,5 см.	При оцінці якості посіву врахувати такі показники: ширину основних і стикових міжрядь – відкопати насіння без уаго переміщення і заміряти відстань між суміжними рядками; глибину посіву – відкрити насіння і заміряти глибину їх загортання; точність висіву насіння – легкими руками поперек рядка відкрити 1 м рядка і заміряти відстань між насіннями; прямолінійність рядків – на довжині 50 м відкрити базову лінію і через 0,5 м заміряти відхилення.

Рис. 3.1 Операційно - технологічна карта на посів сої

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВС 00.000 ПЗ

Арк.

29

4. Інженерна частина

4.1 Обґрунтування напряму модернізації просапної сівалки під посів сої

Обґрунтування модернізації просапної сівалки, моделі УПС 8, для посіву сої базується на необхідності створення оптимального гідротермічного режиму для насінини. Соя є культурою, критично чутливою до рівномірності глибини загортання (40 - 50 мм) та якості контакту насіння з вологим шаром ґрунту. Серійна сівалка УПС-8 в базовій комплектації зазвичай оснащується пасивними загортачами пластинчастого або ложкового типу.

Такі робочі органи працюють як деформатори ковзання. Вони просто зміщують верхній шар ґрунту, нагорнутий сошником, назад у борозну за рахунок своєї геометричної форми та притискної сили пружини розтягу.

Недоліки для сої:

ефект бульдозера - на суглинистих чорноземах при вологості 20% пасивні пластини часто не розпушують, а змазують ґрунт, створюючи щільну кірку, яка важко долається паростками сої;

низька адаптивність - при швидкості 2 м/с пасивні органи мають високу амплітуду коливань, що призводить до нерівномірного об'єму засипаного ґрунту над насінням;

забивання - у вологих умовах на пластинах накопичуються рослинні рештки та липкий ґрунт.

Напрямок модернізації. В конструкції загортачів замість пасивних пластин пропонується встановлення дискових загортачів на N-подібних пружних стійках.

Використання плоского диска діаметром до 160 мм дозволяє перейти від тертя ковзання до тертя кочення. Диск активно розрізає та кришить шар ґрунту, що особливо важливо для суглинків. Одностороннє загострення під кутом нахилу та кут атаки самих дисків створюють ефект спрямованого відвалу, який формує пухкий гребінь над рядком.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		30

N-подібна пружина працює, як двоплечий демпфер. Вона забезпечує постійний контакт диска з ґрунтом при зусиллі 100...150 Н, нівелюючи вібрації секції вагою 54 кг. Це гарантує, що глибина загортання не зміниться при наїзді на грудки або нерівності.

Серійні широкі пневматичні колеса часто переуцільнюють ґрунт безпосередньо над насінною, що в поєднанні з сонячним випромінюванням створює тверду кірку.

Тому пропонується використання в конструкції заднього прикочуючого котка шини атмосферного тиску із профілем комбінованого типу. Конструкція шини повинна забезпечувати ущільнення ґрунту навколо насіння сої і залишати над нею шар неущільненого ґрунту для вільного виходу паростка.

Основне завдання при роботі такого котка забезпечити капілярне підтягування вологи знизу і залишити верхній шар над насінням максимально пухким. Це створює мульчувальний затвор, який зупиняє випаровування.

Модернізація дозволяє досягти трьох критичних цілей:

збереження вологи - пухкий шар ґрунту, сформований диском, має низьку теплопровідність, що захищає насіння сої від перегріву та пересихання;

енергоефективність - опір кочення диска на 15 - 20% нижчий за опір волочіння пасивних пластин, що знижує тягове навантаження на сівалку при роботі на швидкості 2 м/с;

стабільність – обґрунтована жорсткість пружини повинна утримувати диск на глибині навіть у щільному суглинистому чорноземі, де пасивні органи зазвичай вимілюються.

4.2 Опис об'єкту розробки і пропозиції по модернізації.

Пневматична сівалка УПС 8 є спеціалізованою модифікацією класичної просапної сівалки, призначеною для роботи за традиційною технологією обробітку ґрунту. Якщо дводискові сошники сьогодні широко застосовуються в умовах мінімального обробітку та на полях із великою кількістю пожнивних решток, то полозковий сошник залишається ефективним рішенням для

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

високоточного висіву на якісно підготовлених ґрунтах з вирівняною поверхнею.

Сівалка УПС 8 (рис. 4.1) використовується для точного пунктирного висіву насіння просапних культур, зокрема кукурудзи, соняшнику, сорго, ріпичи та сої, а також бобових культур - квасолі, люпину, нуту, а також насіння столових та цукрових буряків [17]. Конструкція машини дозволяє висівати як каліброване, так і некаліброване насіння із забезпеченням необхідної рівномірності його розміщення в рядку.



Рис. 4.1 Сівалка Elvorti – УПС 8

Одночасно з процесом висіву сівалка виконує локальне внесення гранульованих мінеральних добрив, які розміщуються глибше та збоку від насіння, що забезпечує оптимальні умови живлення рослин на початкових етапах розвитку. Крім того, конструкція агрегату передбачає локальне прикочування ґрунту безпосередньо над рядком, що сприяє покращенню контакту насіння з ґрунтом та збереженню вологи в зоні проростання.

Конструктивною основою сівалки є несуча рама-брус, на якій встановлені вакуумний вентилятор, туковисівна система, опорно-привідні колеса та вісім незалежних посівних секцій. Головною особливістю цієї

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

модифікації є саме будова посівної секції з полозковим сошником. На відміну від дискових робочих органів, які розрізають ґрунт, полозковий сошник функціонує за принципом клина - він розсовує ґрунтовий шар у сторони, формуючи чисту та стабільну борозну без значного перемішування ґрунту.

Нижня частина сошника, так звана п'ята, виконує не лише функцію формування борозни, а і забезпечує ущільнення її дна. Завдяки цьому насіння, яке подається вакуумним висівним апаратом, укладається на щільне та вологе насіннєве ложе. Гладкі стінки сформованої борозни зменшують ймовірність відскоку або зависання насіння у верхньому сухому шарі ґрунту. Після укладання насіння борозна закривається пухким ґрунтом за допомогою загортачів або внаслідок природного обсипання стінок, а прикочувальне колесо остаточно ущільнює верхній шар.

Така схема роботи посівної секції забезпечує високі показники рівномірності загортання, що особливо важливо для дрібнонасінневих культур та рослин, чутливих до умов проростання, зокрема столових буряків і бобових культур. Насіння розміщується на ущільненому вологому ложі та одночасно вкривається пухким шаром ґрунту, що створює сприятливі умови для швидкого та дружного проростання навіть за недостатнього зволоження верхнього шару ґрунту.

Разом із перевагами полозкові сошники мають і певні обмеження. Їх робота суттєво погіршується за наявності пожнивних решток, великих грудок або підвищеної вологості ґрунту. В таких умовах сошник починає згрібати ґрунт і рослинні залишки перед собою, що призводить до забивання робочих органів та порушення стабільності ходу. На відміну від дводискових сошників, які здатні перекочуватися через перешкоди, полозковий сошник потребує ретельно підготовленого поля з вирівняною поверхнею та дрібногрудкуватою структурою ґрунту.

Технічні характеристики УПС 8 (згідно [17])

Найменування показника	Значення
Тип сівалки	Навісна
Ширина захвату	5,6 м
Кількість посівних секцій	8 шт.
Ширина міжряддя	70 см (можливе переналаштування на 45 см для бобових)
Робоча швидкість	3,6 – 9,0 км/год
Тип висіваючого апарату	Пневматичний (вакуумний)
Тип сошника (насіннєвого)	Полозковий
Тип тукового сошника (для добрив)	анкерний/кілеподібний
Робоча швидкість	5,0 – 7,0 км/год
Глибина загортання насіння	40 – 120 мм (регулюється плавно)
Транспортна швидкість	до 15 км/год
Ємність бункерів для насіння (загальна)	200 дм ³ (8 x 25 дм ³)
Ємність бункерів для добрив (загальна)	192 дм ³ (4 x 48 дм ³)
Габаритні розміри у робочому положенні	Довжина: ~1700 мм Ширина: 6250 мм Висота: 1430 мм
Маса сівалки (без насіння і добрив)	~ 1100 - 1200 кг
Агрегаткування (клас трактора)	1.4 (Трактори потужністю 80 - 110 к.с., наприклад, лінійка New Holland серії T5/T6 або MT3-80/82)
Привід вентилятора	Від ВВП трактора (540 об/хв) через карданну передачу

Оскільки полозковий сошник працює за принципом жорсткого входження в ґрунт, навантаження на посівну секцію, яке створюється натягом пружини паралелограмного механізму, необхідно регулювати з високою точністю. Надмірний тиск може спричинити надто глибоке заглиблення сошника на ущільнених ділянках поля, що негативно впливатиме на стабільність глибини загортання насіння та рівномірність сходів.

Регулювання глибини сівби здійснюється шляхом зміни положення опорно-прикочуючого колеса відносно полозкового сошника. Для цього на посівній секції передбачений кулісний або гвинтовий механізм налаштування, який дозволяє точно встановлювати необхідну глибину ходу робочого органу залежно від агротехнічних вимог та фізичного стану ґрунту.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Обґрунтування виконання загортаючих робочих органів секції просапної сівалки

Для підвищення ефективності роботи серійних загортачів доцільно враховувати технічні рішення, які застосовуються зарубіжними виробниками посівної техніки. Аналіз літературних джерел [18-22] показує, що конструктивні схеми іноземних загортачів не мають принципових відмінностей від вітчизняних аналогів. У зв'язку з цим основну увагу доцільно приділити дослідженню конструкцій, які використовуються на вітчизняних сівалках, зокрема на посівних секціях УПС 8. На даний час ця сівалка комплектується двома типами загортачів.

Одним із варіантів робочих органів є загортач пластинчастого типу у вигляді прямої пластини з лопаткою на кінці (рис. 4.2), який встановлюється безпосередньо позаду сошника. Основне призначення такого робочого органу полягає у переміщенні верхнього шару ґрунту для закриття посівної борозни. Конструктивно загортач складається з плоского важеля 1 та прямокутної лопатки 2, розташованої під певним кутом до напрямку руху.

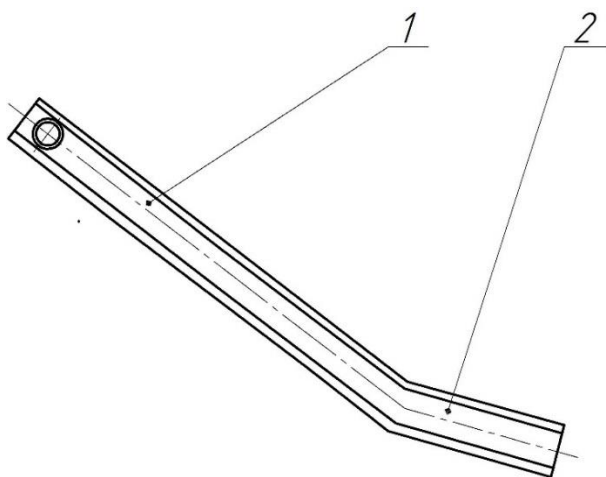


Рис. 4.2 Пластинчастий загортач секції УПС 8:

1 – важіль; 2 – прямокутна лопатка

В процесі роботи лопатка захоплює поверхневий шар ґрунту та переміщує його в зону борозни [17]. Однак суттєвим недоліком пластинчастої конструкції є те, що в борозну переміщується переважно верхній, часто пересушений шар ґрунту, тоді як для забезпечення ефективного проростання

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		35

насіння необхідно створити умови з підвищеним вмістом води. У результаті це може призводити до зниження рівномірності сходів та уповільнення процесу проростання.

Найбільш розповсюдженим типом загортача у складі секцій сівалок УПС 8 є конструкція з криволінійною лопаткою (рис. 4.3) [17]. Такий робочий орган складається зі стійки-важеля 1, на якій закріплена криволінійна лопатка 2. Під час роботи лопатка відокремлює верхній шар ґрунту та спрямовує його до посівної борозни, формуючи над рядком невеликий гребінь. Остаточне ущільнення та вирівнювання поверхні забезпечується прикочувальним котком, що сприяє створенню більш сприятливих умов для проростання насіння. Разом із тим робота такого загортача супроводжується інтенсивним перемішуванням ґрунтових шарів, що може викликати втрату води в зоні насінневого ложа та, як наслідок, затримувати появу дружних сходів.

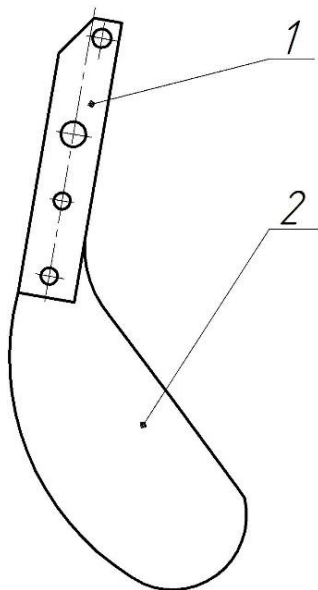


Рис. 4.3 Загортач у вигляді криволінійної лопатки:

1 – стійка; 2 – лопатка

Перспективним напрямом удосконалення робочих органів для закриття посівної борозни є впровадження поетапного формування ґрунтового шару над насінням. Суть такого підходу полягає в по черговому використанні різних за вологістю шарів ґрунту: на першому етапі насіння вкривається більш вологим ґрунтом із нижніх горизонтів, що забезпечує покращений контакт

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
						36
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

насінини з вологою та сприяє активізації процесів проростання, а на другому - формується поверхневий шар із менш вологого та більш розпушеного ґрунту, який запобігає утворенню ґрунтової кірки та покращує аерацію зони проростання.

Одним із найбільш перспективних напрямів реалізації такого технологічного процесу є використання пружинно-дискових загортачів. Робочі органи цього типу поєднують переваги дискових елементів і пружних механізмів, що дозволяє забезпечити стабільне закриття борозни навіть за змінних фізико-механічних властивостей ґрунту. Дискові елементи сприяють акуратному переміщенню ґрунту до центру рядка без надмірного його перемішування, тоді як пружна підвіска забезпечує копіювання мікрорельєфу поверхні поля та підтримання сталого тиску на ґрунт.

Важливою перевагою конструкцій пружинного типу є їх висока адаптивність до умов роботи. За рахунок пружної деформації робочі органи здатні ефективно самоочищуватись від налиплого вологого ґрунту та рослинних решток, що особливо важливо при роботі на полях із підвищеною вологістю або після мінімального обробітку. Крім того, пружинні механізми зменшують ударні навантаження на елементи посівної секції, підвищуючи довговічність конструкції та стабільність технологічного процесу.

Аналіз результатів досліджень [23-25] свідчить, що застосування дискових загортачів із пружним навантаженням дозволяє покращити рівномірність загортання насіння, зменшити втрати вологи з поверхневого шару ґрунту та створити більш сприятливі умови для формування дружних сходів. Завдяки цьому такі конструкції мають значний потенціал для подальшого вдосконалення та використання у сучасних просапних сівалках, зокрема при вирощуванні культур, чутливих до умов загортання насіння.

Для оптимізації роботи механізмів закриття борозни та усунення раніше виявлених конструктивних недоліків нами було розроблено і обґрунтовано удосконалену модель комбінованого загортача пружинно-дискового типу (рис. 4.4). Аналіз робочих процесів показує, що поєднання ротаційних

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						37
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

(дискових) і пружних елементів дозволяє значно покращити якість загортання насіння порівняно з жорсткими пасивними робочими органами.

Базовим елементом запропонованого вузла є плоский диск із рівнобічним одностороннім загостренням, який встановлено під раціональним кутом атаки до напрямку руху агрегату. На зовнішній площині диска змонтовано маточину, що слугує точкою кріплення для пружинної стійки N-подібного профілю. Використання саме N-подібної конфігурації пружини є аналітично обґрунтованим - вона працює як динамічний амортизатор, що генерує постійне притискне зусилля на диск. При цьому просторова орієнтація пружини (під кутом до осі посівного рядка в вертикальній площині) створює найкращі умови для зрізання та переміщення ґрунтового шару.

На (рис. 4.4) наведено дві проєкції створеного дискового загортального механізму. Його конструкція - це плоский робочий диск 1; маточина 2; N-подібна пружина 3.

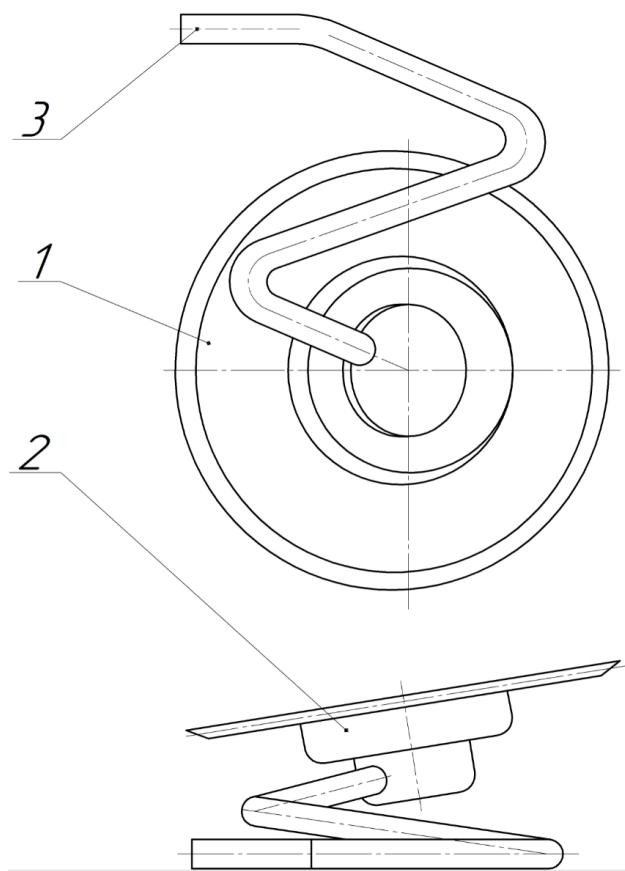


Рис. 4.4 Запропонований загортач:

1 – плоский диск; 2 – маточина; 3 – пружина

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

MBC 00.000 ПЗ

Арк.

38

Кінематика та принцип роботи загортального механізму полягає в наступному. Під час поступального руху посівного комплексу пружинний елемент 3 генерує постійний тиск на диск 1. Це гарантує точне дотримання заданої глибини ходу незалежно від мікрорельєфу поля. Врізаючись у землю, диск отримує додаткову стабілізацію в горизонтальній площині саме завдяки жорсткості пружини на скручування. Це значно полегшує процес відокремлення розпушеного шару ґрунту. Оскільки диск зорієнтований під кутом до центральної осі борозни, під час свого обертання він виконує роль відвала, плавно та дозовано зсуває ґрунтову масу безпосередньо в посівний рядок. В результаті над насінням формується ґрунтовий шар (гребінь) чітко заданого об'єму та форми.

Висока технологічна результативність такого підходу базується на кількох критичних факторах:

точне дозування ґрунту - динамічна реакція пружної стійки нівелює коливання, забезпечуючи стабільний хід диска. Як наслідок, робочий орган захоплює рівно ту кількість пухкого ґрунту, яка необхідна для створення рівномірного захисного шару над насіннєвим ложем, без ризику надмірного заглиблення насінин;

створення мульчувального шару - просторове позиціонування пружини (як по вертикалі, так і по горизонталі) у взаємодії з ротаційним рухом диска спричиняє інтенсивне кришення ґрунту. Це створює ефект поверхневого мульчування та генерує оптимальний локальний тиск, формуючи ґрунтовий гребінь правильної агротехнічної геометрії, що запобігає швидкому випаровуванню вологи;

високий рівень самоочищення - на відміну від пасивних загортачів (загортачів-скребків), ротаційна складова диска разом із вібрацією пружини не дозволяють вологому ґрунту та пожнивним залишкам накопичуватися на робочих поверхнях. Ця здатність до самоочищення критично підвищує експлуатаційну надійність механізму, дозволяючи проводити сівбу без зупинок навіть на забур'яненних або перезволожених ґрунтах.

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

Для покращення умов проростання насіння та забезпечення оптимального розподілу щільності ґрунту в зоні висіву була розроблена удосконалена конструкція прикочуючого котка сівалки УПС 8. Основною метою модернізації є створення такого характеру ущільнення ґрунту, за якого насіння отримує достатній контакт із вологим шаром ґрунту, водночас над ним зберігається розпушений шар, що не перешкоджає появі сходів.

Запропонований прикочуючий коток (рис. 4.5) виконаний у вигляді шини атмосферного тиску з комбінованим радіально-прямолінійним профілем робочої поверхні. В поперечному перерізі профіль шини складається з декількох функціональних зон, причому ділянка з більшим радіусом кривизни розташована ближче до рядка з висіяним насінням. В центральній частині шини передбачена спеціальна радіальна впадина, призначена для локального зменшення тиску на ґрунт безпосередньо над насіннєвим ложем.

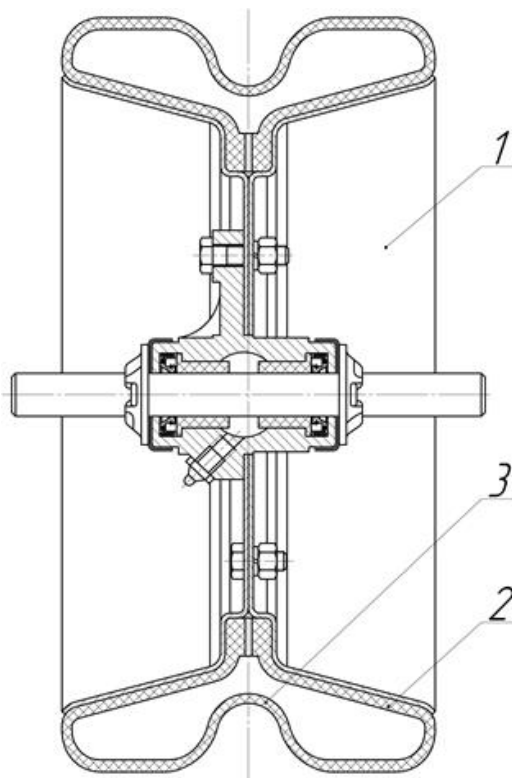


Рис. 4.5 Удосконалений коток сівалки УПС 8

Конструкція котка включає два металеві ободи 1 та гумову шину атмосферного тиску 2 із комбінованою формою робочого профілю. В середній частині шини виконана радіальна впадина 3, яка формує зону зниженого тиску

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
						40
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

над рядком. Під час роботи сівалки коток перекочується поверхнею поля та здійснює диференційовану дію на ґрунт. Криволінійна частина профілю забезпечує плавне ущільнення ґрунту навколо насіння за дугоподібною траєкторією, створюючи щільне насіннєве ложе та покращуючи капілярне підтягування вологи до насінини. Одночасно прямолінійні ділянки профілю формують стабільне ущільнення ґрунту з обох боків посівної борозни, не допускаючи надмірного вертикального тиску в центральній зоні.

Розташована посередині профілю радіальна впадина сприяє зменшенню щільності ґрунту безпосередньо над насінням. В результаті формується пухкий поверхневий шар, який покращує повітрообмін та знижує механічний опір для проростка під час виходу на поверхню. Крім того, така форма профілю підвищує здатність котка до самоочищення при роботі на перезволожених ґрунтах, зменшуючи налипання ґрунтових частинок на робочу поверхню шини.

Основними перевагами удосконаленого прикочуючого котка є забезпечення диференційованого ущільнення ґрунту в зоні висіву, підвищення щільності ґрунту поблизу насіння для відновлення капілярного зв'язку та підтягування вологи, а також збереження розпушеного шару над насінням. Завдяки комбінованому профілю шини досягається плавний розподіл напружень у ґрунті та зменшується ризик утворення ґрунтової кірки. Додатково конструкція сприяє усуненню згруджування ґрунту і забезпечує стабільну роботу котка навіть за умов підвищеної вологості.

В цілому слід відзначити, що використання запропонованих робочих органів в конструкції модернізованої просапної сівалки УПС 8 забезпечує підвищення якості виконання технологічного процесу висіву та загортання насіння сої в порівнянні з базовими серійними рішеннями. Вдосконалення конструкції загортачів та прикочуючих елементів котків дозволяє сформувати більш стабільне насіннєве ложе, забезпечити рівномірний розподіл ґрунту над насінням і створити сприятливий водно-повітряний режим у зоні проростання.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

Особливого значення це набуває при вирощуванні сої, насіння якої характеризується підвищеними вимогами до вологості ґрунту в початковий період розвитку. Завдяки диференційованому ущільненню ґрунту, підтягуванню капілярної вологи до насінневого ложа та збереженню розпушеного шару над насінням створюються оптимальні умови для швидкого і дружного проростання. Це сприяє підвищенню польової схожості, вирівняності сходів та стабільності подальшого розвитку рослин.

Крім того, запропоновані конструктивні рішення дозволяють зменшити негативний вплив переущільнення ґрунту, покращити стабільність глибини загортання насіння та забезпечити більш ефективну роботу сівалки за змінних ґрунтово-кліматичних умов. В результаті впровадження модернізованих робочих органів створюються передумови для підвищення продуктивності посівного агрегату, зниження енерговитрат і більш повної реалізації біологічного потенціалу культури.

4.3 Обґрунтування параметрів модернізованих робочих органів

З метою забезпечення якісного загортання насіння сої на задану глибину до 5 см у попередньо підготовлений суглинистий чорнозем виконаємо числове визначення основних конструктивних параметрів комбінованого пружинно-дискового загортача. Проведення розрахунку ґрунтується на кінематичних моделях взаємодії робочих органів із ґрунтовим середовищем, а також на агротехнічних вимогах, що висуваються до роботи сівалки УПС 8.

Вихідні дані для розрахунків:

тип ґрунту - суглинистий чорнозем (однорідного агрегатного складу, під посів сої);

культура - соя (оптимальна глибина загортання $h = 40...50$ мм);

щільність ґрунту (ρ) - $\rho = 0,9$ г/см³;

вологість (W) - до 20%;

швидкість руху (V) - 2 м/с;

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		42

вага секції (G) - 54 кг (вагова сила $Fg = 530$ Н).

Обґрунтування параметрів пружинного загортача

Обґрунтування діаметра диска загортача

Плоский диск виконує роль відвала, який зсуває ґрунт у посівний рядок. Щоб диск обертався без явища зсування ґрунту перед собою без обертання, його діаметр має задовольняти кінематичні та конструктивні умови.

Глибина занурення диска (a) для сої становить близько 40 мм. Щоб маточина, яка є точкою кріплення для пружинної стійки, не терлася об ґрунт і не порушувала мульчувальний шар, радіус диска (R) повинен бути більшим за суму глибини ходу, радіуса маточини (r_m) та гарантійного зазору (Δ):

$$R \geq a + r_m + \Delta.$$

Виходячи з конструктивних міркувань, радіус маточини становить $r_m = 30 \dots 35$ мм. Приймаємо конструктивний зазор $\Delta = 5$ мм.

$$R \geq 40 + 35 + 5 = 80 \text{ мм}$$

$$D = 2R = 2 \cdot 80 = 160 \text{ мм}$$

Обґрунтування товщини диска

Товщина диска розраховується з умови міцності на вигин від дії бічного тиску ґрунту. Динамічний опір ґрунту (P_x) складається зі статичного опору деформації та динамічного опору відкидання шару ґрунту при швидкості 2 м/с:

$$P_x = k_0 \cdot a \cdot b + \rho \cdot a \cdot b \cdot V^2,$$

де k_0 - питомий опір пухкого чорнозему ($\approx 2 \cdot 10^4$ Н / м²);

b - ширина захвату диска ($b = 0,05$ м).

Площа контакту (A):

$$A = a \cdot b,$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

$$A = 0,04 \cdot 0,05 = 0,002 \text{ м}^2.$$

Тоді:

$$P_x = (2 \cdot 10^4 \cdot 0,002) + (900 \cdot 0,002 \cdot 2^2) = 40 + 7,2 = 47,2 \text{ Н}$$

Враховуючи можливі ударні навантаження (каміння, тверді грудки) та наявність рівнобічного одностороннього загострення, напруження в металі не повинно перевищувати допустиме. Для сталі 65Г (яка використовується для більшості дискових робочих органів) з твердістю HRC 45...50, товщина $S = 4 \text{ мм}$ забезпечує необхідний момент опору перерізу та гарантує відсутність деформацій кромки, зберігаючи високий рівень самоочищення диска [26].

Обґрунтування параметрів N-подібної пружини

Конфігурація N-подібної пружини обґрунтована тим, що вона працює як динамічний амортизатор і генерує постійне притискне зусилля.

Вага секції становить 54 кг. Для стабільного заглиблення загортача в суглинистий чорнозем щільністю $\rho = 0,9 \text{ г/см}^3$ необхідно визначити притискне зусилля на один диск F_z . N-подібна пружина повинна долати вертикальний опір ґрунту, щоб утримувати диск на заданій глибині $a = 40 \text{ мм}$ не допускаючи його вимілення, але й не перепіднімаючи всю посівну секцію. Розрахунок проводимо шляхом визначення площі диска, яка тисне на ґрунт зверху вниз, та несучої здатності самого ґрунту.

Оскільки диск занурюється на глибину $a = 40 \text{ мм}$, а його загальний діаметр $D = 160 \text{ мм}$ (радіус $R = 80 \text{ мм}$), спочатку обчислюється довжина хорди зануреної частини (l):

$$l = 2\sqrt{2Ra - a^2},$$

$$l = 2\sqrt{2 \cdot 80 \cdot 40 - 40^2} = 2 \cdot \sqrt{6400 - 1600} = 138,6 \text{ мм}$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		44

Площа сегмента диска (A_s), що знаходиться в ґрунті, наближено дорівнює:

$$A_s \approx \frac{2}{3} \cdot l \cdot a,$$

$$A_s \approx \frac{2}{3} \cdot 138,6 \cdot 40 = 3696 \text{ мм}^2 = 36,96 \text{ см}^2$$

Опір заглибленню створюють дві поверхні:

бічна площина диска - через кут нахилу до вертикалі ($\beta = 11^\circ$), диск частково спирається на дно борозни своєю бічною поверхнею;

товщина леза - торець диска товщиною $S = 4$ мм.

Горизонтальна проєкція площі зминання (A_z) розраховується як сума проєкцій цих двох поверхонь:

$$A_t = A_s \cdot \sin(\beta),$$

$$A_t = 36,96 \cdot \sin(11^\circ) \approx 36,96 \cdot 0,1908 \approx 7,05 \text{ см}^2$$

$$A_e = l \cdot S \cdot \cos(\beta),$$

$$A_e = 13,86 \cdot 0,4 \cdot \cos(11^\circ) \approx 5,54 \cdot 0,9816 \approx 5,44 \text{ см}^2$$

$$A_z = A_t + A_e,$$

$$A_z = 7,05 + 5,44 = 12,49 \text{ см}^2$$

Для розпушеного суглинистого чорнозему (вологість 20%, щільність 0,9 г/см³) питомий опір зминання (q) становить в середньому 10 Н/см² (або 0,1 мПа) [27,28].

Статична складова опору ґрунту заглибленню (R_s):

$$R_s = A_z \cdot q,$$

$$R_s = 12,49 \cdot 10 \approx 125 \text{ Н}$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		45

Оскільки агрегат рухається зі швидкістю $V = 2 \text{ м/с}$, виникає додатковий динамічний опір. На таких швидкостях для ротаційних робочих органів він складає близько 10...15% від статичного зусилля:

$$R_d \approx 0,15 \cdot 125 \approx 18,7 \text{ Н}$$

Повний вертикальний опір ґрунту:

$$F_z = R_s + R_d,$$

$$F_z = 125 + 18,7 = 143,7 \text{ Н}$$

Щоб пружина працювала як динамічний амортизатор, що генерує постійне притискне зусилля на диск, вона повинна бути попередньо натягнута на зусилля, яке компенсує F_z . Тому діапазон $F_z = 100...150 \text{ Н}$ є безпечним для стабільності секції. Загальна вага посівної секції становить 54 кг (530 Н). Якщо загортач забирає на себе близько 140 Н, залишається ще 390 Н ваги, яка розподіляється на сошник та опорно-прикочувальне колесо. Цього достатньо, щоб запобігти «підвисанню» всієї секції на загортачах і гарантувати точне дотримання заданої глибини ходу незалежно від мікрорельєфу поля.

Пружина працює на згин та кручення. Максимальний згинальний момент (M) виникає на плечі (L) - горизонтальна проекція від точки кріплення до диска. Згідно з проектними розмірами на кресленні $L \approx 108 \text{ мм} = 0,108 \text{ м}$

$$M = F_z \cdot L,$$

$$M = 150 \cdot 0,108 = 16,2 \text{ Нм}$$

Діаметр дроту (d) визначається з умови міцності на згин [26]:

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot M}{\pi \cdot [\sigma]}}$$

Допустиме напруження для ресорно-пружинної сталі при динамічних циклічних навантаженнях $[\sigma] = 600 \text{ МПа}$.

$$d = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 16,2}{3,14 \cdot 600 \cdot 10^6}} \approx 6,5 \text{ мм}$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
						46
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Оскільки пружина також виконує функцію просторової стабілізації в горизонтальній площині за рахунок жорсткості на скручування, вводиться коефіцієнт запасу жорсткості $k = 1,5$.

$$d_p = 6,5 \cdot 1,5 = 9,75 \text{ мм}$$

Вибираємо пруток стандартного діаметра 10 мм.

Рациональні кути установки дискового загортача

Аналітичне обґрунтування кутів встановлення дискового загортача базується на законах землеробської механіки та кінематики взаємодії ротаційних робочих органів із ґрунтом. Вибір кутів розхилу пружини в вертикальній площині 42° та в горизонтальній площині 11° , що задаються конфігурацією N-подібної пружини, обумовлений фізико-механічними властивостями суглинистого чорнозему та швидкісним режимом роботи.

Кут атаки визначає положення диска відносно напрямку руху і відповідає за те, щоб робочий орган виконував роль відвала, плавно зсуваючи ґрунтову масу в посівний рядок.

Щоб вологий ґрунт (вологість до 20%) не налипав на диск, а плавно сходив з нього, забезпечуючи високий рівень самоочищення, кут атаки α має бути більшим за кут зовнішнього тертя ґрунту по сталі φ_1 .

Для суглинистого чорнозему при вологості 20% коефіцієнт тертя $f = 0,5 \dots 0,6$.

$$\operatorname{tg}(\varphi_1) = f,$$

$$\varphi_1 = \operatorname{arctg}(0,55) = 28 \dots 31^\circ$$

Тоді, $\alpha > 31^\circ$.

Щоб диск обертався, а не сунув ґрунт перед собою, дотична складова сили опору ґрунту має створювати обертальний момент, що перевищує момент тертя в маточині. Це вимагає, щоб кут атаки не був занадто великим:

$$\alpha < 90^\circ - \varphi_2$$

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
						47
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де φ_2 - кут внутрішнього тертя ґрунту (для пухкого чорнозему $\approx 35...40^\circ$).

$$\alpha < 90^\circ - 37^\circ = 53^\circ$$

При швидкості руху 2 м/с кінетична енергія ґрунтової маси значно зростає. Якщо кут буде близьким до верхньої межі ($50...53^\circ$), диск відкидатиме ґрунт за межі рядка. Вибір кута $\alpha = 42^\circ$ є найбільш раціональним і задовольняє умову $31^\circ < \alpha < 53^\circ$. Саме цей кут у взаємодії з ротаційним рухом спричиняє інтенсивне кришення ґрунту без його надмірного розкидання, гарантуючи точне дозування ґрунту.

Просторова орієнтація пружини під кутом у вертикальній площині створює найкращі умови для зрізання шару ґрунту. Нахил диска β розраховується з умов геометрії леза та вимог до агротехніки.

Базовим елементом є диск із рівнобічним одностороннім загостренням. Нехай кут заточки леза становить (i) (для ґрунтообробних дисків товщиною 4 мм стандартний кут заточки ($i = 8...10^\circ$)).

Якщо диск поставити вертикально ($\beta = 0$), його неробоча (задня) фаска буде тертися об незрізану стінку борозни. Це призведе до різкого зростання тягового опору та переущільнення ґрунту навколо насінини. Щоб цього уникнути, вводиться задній кут (кут зазору) δ , який має бути додатнім ($\delta > 0$).

Геометрична залежність для плоского диска:

$$\beta = i + \delta.$$

Приймаючи стандартний кут заточки $i = 10^\circ$ і мінімально необхідний гарантійний зазор для уникнення тертя фаски $\delta = 1^\circ$, отримуємо:

$$\beta = 10^\circ + 1^\circ = 11^\circ$$

Нахил в 11° змушує диск працювати не просто як загортач, а створює спрямований вниз вектор сили. При зустрічі з ґрунтом під швидкістю 2 м/с,

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		48

диск частково притискає розпушену масу, формуючи ґрунтовий шар (гребінь) чітко заданого об'єму та форми. Це також генерує ефект поверхневого мульчування, що запобігає швидкому випаровуванню вологи.

5. Охорона праці

5.1 Аналіз і усунення небезпечних факторів які можуть виникати під час посіву сої:

Під час виконання сівби сої агрегатом, до складу якого входять трактор і пневматична сівалка УПС 8, виникає низка небезпечних та шкідливих виробничих факторів. Недотримання вимог безпеки при експлуатації техніки може стати причиною травмування персоналу, аварійних ситуацій, пошкодження обладнання або негативного впливу на навколишнє середовище. Тому організація безпечних умов праці під час посівних робіт є важливою складовою технологічного процесу.

Механічні небезпеки пов'язані насамперед із наявністю рухомих елементів сівалки та трактора. У сівалці УПС 8 для створення розрідження використовується вакуумний вентилятор, привід якого здійснюється від вала відбору потужності трактора зі швидкістю обертання 540 об/хв. Відкритий карданний вал становить особливу небезпеку, оскільки може захопити одяг або частини тіла працівника. Саме тому експлуатація агрегату допускається лише за умови наявності справного захисного кожуха, який повинен вільно обертатися незалежно від карданного вала. Під час роботи ВВП категорично заборонено перебування людей в зоні між трактором і сівалкою.

Окрему небезпеку становлять маркери сівалки, які мають значну масу та великий радіус вильоту. У випадку пошкодження гідравлічної системи або помилкових дій механізатора можливе раптове опускання маркера, що створює загрозу тяжкого травмування. Під час транспортування та технічного обслуговування маркери необхідно фіксувати механічними стопорами або спеціальними гаками, а не залишати їх утримуваними виключно

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

гідросистемою. Перебування працівників у зоні потенційного падіння забороняється.

В процесі роботи сошники можуть забиватися вологим ґрунтом або рослинними рештками, що змушує операторів виконувати їх очищення. Проведення таких операцій біля працюючого агрегату створює небезпеку травмування рук або наїзду техніки. Будь-яке очищення, регулювання висівних апаратів, заміна висівних дисків, підтягування кріплень чи налаштування робочих органів повинні здійснюватися лише після повної зупинки агрегату, вимкнення ВВП та заглушення двигуна трактора. Для очищення слід застосовувати спеціальні скребки або лопатки, уникаючи контакту рук із робочими органами [29 - 35].

До небезпечних чинників також належать хіміко-біологічні фактори виробничого середовища. Перед висівом насіння сої, як правило, обробляють фунгіцидними препаратами та інокулянтами. Під час завантаження насіння у бункери сівалки утворюється пил, який містить частинки протруйників і може негативно впливати на органи дихання. Додатково пил поширюється вакуумною системою сівалки через вентилятор. У зв'язку з цим механізатори та допоміжний персонал повинні використовувати засоби індивідуального захисту: респіратори класу не нижче FFP2, захисні окуляри та прогумовані рукавиці. Завантаження насіння необхідно проводити з підвітряного боку, щоб потік повітря відносив пил в напрямку від працівника. Хоча бактеріальні препарати для інокуляції не належать до високотоксичних речовин, вони можуть викликати подразнення слизових оболонок або алергічні реакції. Після завершення робіт із насінням, а також перед прийомом їжі чи палінням необхідно ретельно мити руки з милом. Для цього в кабіні трактора або поблизу місця завантаження повинні бути передбачені ємності з чистою водою та засоби гігієни [29 - 35].

Важливе значення мають і **організаційні фактори безпеки**, пов'язані з людським фактором, координацією дій та втомою персоналу. Нечітка взаємодія між трактористом і працівниками може призвести до нещасних

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

випадків, зокрема якщо рух агрегату починається під час завантаження насіння або перебування працівника на підніжці сівалки. Перевезення людей на сівалці під час руху заборонене, якщо конструкцією не передбачені спеціально обладнані місця з поручнями. Починати рух тракторист має право лише після подачі попереджувального звукового сигналу та отримання візуального підтвердження від працівників про їх відхід на безпечну відстань. Додатковим ризиком є ручне завантаження мішків із насінням або добривами, маса яких може досягати 25 - 50 кг. Постійне підймання вантажів на висоту бункерів викликає значне навантаження на хребет та опорно-руховий апарат працівників. Для зменшення фізичного навантаження доцільно використовувати механізовані засоби завантаження - шнекові завантажувачі, маніпулятори або пристрої для роботи з біг-бегами. За умови ручного завантаження необхідно дотримуватися допустимих норм підймання вантажів та застосовувати спеціальні підставки чи сходинки [29 - 35].

Під час виконання посівних робіт слід також враховувати **вимоги пожежної та екологічної безпеки**. Висока температура елементів двигуна трактора, зокрема вихлопної системи, може стати причиною займання сухих рослинних решток або стерні. Техніка повинна регулярно очищатися від пилу, залишків соломи та мастильних матеріалів. На агрегаті обов'язково має бути справний вогнегасник ємністю не менше 5 л, а також штикова лопата для локалізації можливого загоряння. Особливу увагу слід приділяти поводженню з протруєним насінням. У разі його розсипання насіння необхідно негайно зібрати та повернути до бункера або утилізувати відповідно до встановлених вимог. Забороняється залишати протруєний нут на поверхні ґрунту, оскільки це може спричинити отруєння птахів і диких тварин та негативно вплинути на екологічний стан навколишнього середовища [29 - 35].

					<i>МВС 00.000 ПЗ</i>	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

Висновки

1. Проведений аналіз агротехнічних особливостей вирощування сої показав, що створення оптимальних умов для її проростання є однією з ключових вимог технології вирощування. Оскільки соя належить до великонасінних культур із підвищеними вимогами до вологозабезпечення, насіння необхідно розмішувати на глибині 4 - 5 см із забезпеченням стабільного контакту з вологим ґрунтом. У зв'язку з цим робочі органи просапних сівалок повинні забезпечувати якісне формування насіннєвого ложа та надійне загортання насіння.

2. Встановлено, що модернізація загортачів і заднього прикочуючого котка є необхідною умовою адаптації сівалки УПС 8 до біологічних особливостей сої, оскільки її проростки характеризуються низькою здатністю долати ущільнений шар ґрунту та чутливістю до утворення поверхневої кірки. Використання стандартних пасивних загортачів і гладких котків створює надмірний вертикальний тиск, що за умов пересихання ґрунту сприяє його переущільненню. Застосування конструкцій з активними дисковими робочими органами та котками комбінованого типу суттєво покращує умови проростання насіння: закриття борозни здійснюється вологим ґрунтом зі стінок, ущільнення формується лише з боків борозни, усуваючи повітряні порожнини, тоді як шар ґрунту безпосередньо над насінням залишається розпушеним і добре аерованим. Це дозволяє запобігти утворенню ґрунтової кірки та забезпечує формування рівномірних і дружних сходів.

3. Проведені розрахунки підтверджують технічну доцільність заміни пасивних робочих органів сівалки на удосконалену модель комбінованого загортача пружинно-дискового типу. Визначені оптимальні геометричні та силові параметри вузла - діаметр плоского диска 160 мм при товщині 4 мм та використання N-подібної пружини з діаметром прутка 10 мм, яка генерує стабільне притискне зусилля в межах 100...150 Н. Це гарантує точне дотримання заданої глибини ходу незалежно від мікрорельєфу поля та

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		52

критично підвищує експлуатаційну надійність завдяки високому рівню самоочищення робочого органу.

4. Встановлено, що раціональна просторова орієнтація диска (кут атаки 42° та кут нахилу до вертикалі 11°) створює найкращі умови для зрізання та переміщення ґрунтового шару. У взаємодії з ротаційним рухом це забезпечує точне дозування пухкого суглинистого чорнозему та формування мульчувального гребеня правильної агротехнічної геометрії безпосередньо над насінням. Такий підхід запобігає швидкому випаровуванню вологи та утворенню ґрунтової кірки, що є критично важливим фактором для забезпечення високої польової схожості сої.

5. Застосування розроблених загортаючих робочих органів в складі просапної сівалки УПС 8 дозволяє суттєво покращити якість виконання посіву сої, завдяки створенню оптимальних умов для проростання насіння, а також така конструкція може забезпечити підвищення врожайності культури до 12%.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		53

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Вишнякова М. Л. Соя – історія культури. Агроном. 2004. № 3 (5). С. 82–83.
2. Водний режим ґрунту та продуктивність посівів сої за різних способів і глибини основного обробітку ґрунту / Р. Вожегова, В. Найдьонова, О. Митрофанов, В. Малярчук // Техніка і технології АПК. - 2015. - № 3. - С. 29–32.
3. Соя: монографія / В. Ф. Петриченко, В. В. Лихочвор, С. В. Іванюк та ін. Вінниця : Діло, 2016. 392 с. URL: <https://dspace.pdau.edu.ua/items/ee3fc19a-d100-4a72-b6f1-a72d7ca08878>
4. Бабич А. О., Бабич-Побережна А. А. Селекція, виробництво, торгівля і використання сої у світі. Київ: Аграрна наука, 2011. 548 с.
5. Бернет Т., Рекнагель Ю., Людвіг А., Мессмер М. Органічна соя з Європи. Рекомендації з вирощування та торгівлі органічною соєю в Європі. Київ, 2021. 48 с. URL: https://www.donausoja.org/wp-content/uploads/2022/03/BRM_ua_Organichna_soja_z_Europy_Ukraine_organichna-2.pdf.
6. Мазур В. А., Ткачук О. П., Панцирева Г. В. Сортові ресурси сої в Україні: монографія. Вінниця: ТОВ «Твори», 2023. 220 с.
7. Бабич А. О. Сучасне виробництво і використання сої: монографія. Київ: Урожай, 1993. 432 с.
8. Norberg M. B., Deutsch L. The Soybean Through World History Lessons for Sustainable Agrofood Systems. London and New York, 2023. 255 p. URL: <https://library.oapen.org/bitstream/handle/20.500.12657/63700/1/9781000903478.pdf>
9. Складові технології вирощування сої: навч. посібник / Г.М. Господаренко, О.М. Бахмат, І.В. Прокопчук, Л.В. Вишневська; за заг. ред. Г.М. Господаренка. - Умань: Сочінський М.М., 2019. - 205 с.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

10. Технологія вирощування сої [Електронний ресурс] / Наук. - вироб.
Фірма СемАгро. - Режим доступу: URL:
<http://www.semagro.com.ua/info/tehnologijaviroshuvannja-soji-411.html>.

11. Системи сучасних інтенсивних технологій у рослинництві: навч.
посібник / В.Д. Паламарчук, І.С. Поліщук, О.М. Венедиктов. – Вінниця:
Данилюк В.Г., 2011. – 432.

12. Ластівка М.М. Експлуатація машин і обладнання. Навчальний
посібник для здобувачів вищої освіти аграрних технікумів і коледжів денної і
заочної форми навчання зі спеціальності 208 Агроінженерія. Ладижинський
коледж, ВНАУ, 2019. – 374 с.

13. Навчальний посібник. Експлуатація машинно-тракторного парку в
аграрному виробництві./ А.С. Лімонт, І.І. Мельник, А.С. Малиновський, В.В.
Марченко, В.Л. Гуз, І.М. Грищенко. - К.: Кондор, 2004. - 284 с.

14. Лихочвор В.В., Бомба М.І., Дубковецький С.В. Довідник з
вирощування зернових та зернобобових культур. Львів: Українські технології,
1991. 408 с.

15. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських
культур / В.В. Лихочвор, В.Ф. Петриченко, П.В. Іващук, О.В. Корнійчук;
заред. В.В. Лихочвора, В.Ф. Петриченко. - 3-є вид., вип. та доп. - Львів: НВФ
«Українські технології», 2010. - 1088 с.

16. Лихочвор В.В., Петриченко В.Ф. Рослинництво. Сучасні
інтенсивні технології. Львів: НВФ «Українські технології», 2006. 729 с.

17. Product Catalog. Technology in harmony with the nature. Elvorti -
Chervona zirka. Ukraine, 2016. 20p. URL:
https://www.elvorti.com/content/pdf/2016/KATALOG_2016_EN_SITE.pdf

18. Войтюк Д.Г. Сільськогосподарські машини. Основи теорії і
розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та
ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: Вища освіта, 2005. – С. 141 – 142.
<https://studfiles.net/preview/5063474/page:25/>

					MBC 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		55

19. Prospect of the Kuhn Company. 2015. Planter 3. Precision seed drills. Kuhn farm machinery (UK). URL: <http://www.kuhn.co.uk/uk/range/seeding/pneumatic-precision-seed-drills/planter-3-m-single-bar.html>
20. MONOSEM. The precision Planter specialist. MECA V4. Ribouleau MONOSEM – FRANCE, 2018. 24p. URL: <https://www.monosem.com/Range/Planter-range/MECA-V4>
21. Operating manual. AMAZONE. Precision airplanter. AMAZONENWERKE H. DREYER GmbH & Co. KG. Germany, 2017. 224p. URL: <http://et.amazone.de/files/pdf/mg5226.pdf>
22. Prospect of the GASPARDINO Company. 2017. SP Range. Pneumatic precision seed drills. Italy. URL: <https://www.maschio.com/assets/Uploads/Leaflet-SP-RANGE-17-2017-09-W00230043R-EN.pdf>
23. Артеменко Д.Ю., Магопєць О.С. Теоретичне дослідження основного технологічного параметру удосконаленої конструкції пружинного загортача просапної сівалки. Вісник аграрної науки Причорномор'я: науково-теоретичний фаховий журнал / В.С. Шєбанін (гол. ред.) та ін. - Миколаїв, 2011. - Вип. 4 (61), Т.1. - С. 244 – 250.
24. Артеменко Д.Ю., Кислун О.А., Онопа В.А., Богатирьов Д.В. Дослідження конструкції дискового пружинного загортача просапної сівалки. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин, 2024, вип. 54. ЦНТУ, Кропивницький – 2024. - С. 174-184.
25. Д.Ю. Артеменко, В.А. Онопа. Дослідження і обґрунтування конструкції пружинного загортача просапної сівалки. Загальнодержавний міжвідомчий науково-технічний збірник. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / ЦНТУ, Вип. 52, 2022 – С. 12-24.
26. Деталі машин: підручник / [А.В Міняйло, Л.М. Тіщенко, Д.І. Мазорєнко та ін.] – К.: Агроосвіта, 2013. – 448с.

27. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів / Г.А. Хайліс, А.Ю. Горбів, З.О. Гошко та ін., – Луцьк: Ред.-вид. відділ ЛДТУ, 1998. – 268 с.

28. Механіко – технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Підручник / О.М. Царенко, Д.Г. Войтюк, В.М. Швайко та ін.; За ред. С.С. Яцуна. – К.: Мета, 2003. – 448 с.

29. Гандзюк М.П. Основи охорони праці: Підручник для студентів вищих навчальних закладів / М.П. Гандзюк, Є.П. Желібо, М.О. Халімовський. За редакцією М.П. Гандзюка. – К.: Каравела, 2003. – 408с.

30. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту.
http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf

31. ДСТУ 2867-94. Державний стандарт України. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження.
https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2867-94.pdf

32. СП 4282-87. Санітарні правила по устрою тракторів та сільськогосподарських машин.
https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F_4282-87

33. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машина сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Київ, 1994. – 25 с.

34. ГОСТ 25942-90. Трактори і сільськогосподарські машини. Пристрої швидковідєднуючі. Вимоги до конструкції.
http://www.leonorm.lviv.ua/p/DG/CND2015_2.HTM

35. Жидецький В.Ц. Основи охорони праці. Підручник / В.Ц. Жидецький – Львів: Афіша, 2002.– 320 с.

					МВС 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		57

Додатки

Розрахунок параметрів операційної технології процесу посіву при вирощуванні сої

Розрахунки проводимо згідно рекомендацій [12,13].

Розрахуємо номінальне тягове зусилля на гаку на відповідних передачах:

$$V_m^{IV} = 6,55 \text{ км/год} \qquad V_m^V = 8,05 \text{ км/год}$$

$$P_{н.гак}^{IV} = 13,5 \text{ кН} \qquad P_{н.гак}^V = 11 \text{ кН}$$

Максимальна ширину захвату агрегату:

$$B_{\max} = \frac{P_{гак}}{K_o^V + R_i},$$

Питомий опір K_o^V (кН/м):

$$K_o^V = K_o \left[1 + \Pi (V_p - V_o) \right],$$

де при $V_o = 5$ км/год, ($K_o = 1,5$ кН/м);

Π - коефіцієнт приросту, ($\Pi = 1,5\%$);

V_o - швидкість, ($V_o = 5$ км/год);

V_p - робоча швидкість, км/год.

$$V_p = V_m \cdot \left(1 - \frac{\delta}{100} \right),$$

де V_m - швидкість теоретична, км/год

δ – коефіцієнт буксування ($\delta = 6 \dots 20\%$).

$$V_p^{IV} = 6,55 \cdot \left(1 - \frac{15}{100} \right) = 5,57 \text{ км/год}$$

$$V_p^V = 8,05 \cdot \left(1 - \frac{15}{100} \right) = 6,84 \text{ км/год}$$

$$K_o^{IV} = 1,5 \cdot [1 + 0,015(5,57 - 5)] = 1,51 \text{ кН / м}$$

$$K_o^V = 1,5 \cdot [1 + 0,015(6,84 - 5)] = 1,54 \text{ кН / м}$$

При русі агрегату на підйом виникає додатковий опір (кН/м):

$$R_i = \frac{G_m}{B_k} \cdot i,$$

де $G_m = 15,2$ кН – маса машини;

$B_k = 5,4$ м – конструктивна ширина;

$$R_i = \frac{15,2}{5,4} \cdot 0,05 = 0,14 \text{ кН / м}$$

Максимальна ширина захвату:

$$B_{\max}^{IV} = \frac{13,5}{1,51 + 0,14} = 8,9 \text{ м}$$

$$B_{\max}^V = \frac{11}{1,54 + 0,14} = 6,54 \text{ м}$$

Кількість сівалок в агрегаті:

$$n_c = \frac{B_{\max}}{B_k},$$

$$n_c^{IV} = \frac{8,9}{5,4} = 1,65 - \text{буде 2 сівалки}$$

$$n_c^V = \frac{6,54}{5,4} = 1,21 - \text{буде 1 сівалка}$$

Тяговий опір агрегату:

$$R_{a2p} = K_o^V B_p n_c + R_{3ч}$$

$$R_{a2p}^{IV} = 1,51 \cdot 5,4 \cdot 2 + 1,3 = 17,61 \text{ кН}$$

$$R_{a2p}^V = 1,54 \cdot 5,4 \cdot 1 + 1,3 = 9,62 \text{ кН}$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля трактора:

$$\eta_{T3} = \frac{R_{a2p}}{P_{2ak}},$$

$$\eta_{T3}^{IV} = \frac{17,61}{13,5} = 1,3,$$

$$\eta_{T3}^V = \frac{9,62}{11} = 0,87.$$

Змінна продуктивність, га/зм:

$$W_{3M} = 0,1 \cdot B_p V_p T_p,$$

де B_p – робоча ширина захвату, м:

$$B_p = B_\kappa \beta,$$

де β – коефіцієнт використання ширини агрегату ($\beta = 1,0$)

$$B_p = 5,4 \cdot 1 = 5,4 \text{ м}$$

T_p – робочий час зміни, год:

$$T_p = T_{3M} \tau,$$

де T_{3M} – час зміни, год ($T_{3M} = 7$ год);

$\tau = 0,82$ - коефіцієнт використання часу зміни.

$$T_p = 7 \times 0,82 = 5,74 \text{ год}$$

Змінна продуктивність:

$$W_{3M}^{IV} = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 5,57 \cdot 5,74 = 17,3 \text{ га / зм}$$

$$W_{3M}^V = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 6,84 \cdot 5,74 = 21,2 \text{ га / зм}$$

Розрахунок витрат палива (кг/га):

$$Q_{2a} = \frac{Q_{3M}}{W_{3M}},$$

де $Q_{зм}$ – витрати палива за зміну, кг;

$W_{зм}$ – продуктивність агрегату за зміну, га/зм.

$$Q_{зм} = Q_p T_p + Q_x t_x + Q_3 t_3,$$

де Q_p, Q_x, Q_3 – годинні витрати палива за час робочих та холостих ходів і на зупинках з працюючим двигуном, кг/год;

$$t_x = t_3 = \frac{7 - 5,74}{2} = 0,63 \text{ год}$$

При $\eta_{ТЗ}^{IV} = 0,7$; $Q_p = 16,7 \text{ кг/год}$; $Q_x = 11,4 \text{ кг/год}$; $Q_3 = 2 \text{ кг/год}$,

а при $\eta_{ТЗ}^V = 0,87$; $Q_p = 15 \text{ кг/год}$; $Q_x = 9 \text{ кг/год}$; $Q_3 = 2 \text{ кг/год}$.

Витрата палива на 1 га:

$$Q_{га}^{IV} = \frac{16,7 \cdot 5,74 + 11,4 \cdot 0,63 + 2 \cdot 0,63}{17,7} = 5,9 \text{ кг/га}$$

$$Q_{га}^V = \frac{15,5 \cdot 5,74 + 9,0 \cdot 0,63 + 2 \cdot 0,63}{20,9} = 4,6 \text{ кг/га}$$

Приймаємо спосіб руху – човниковий, напрямок руху агрегату – вздовж сторони гону $L=900\text{м}$ [16,17].

Кінематична довжина агрегату:

$$L_k = l_m + l_{зч} + l_m,$$

де $l_m + l_{зч} + l_m$ – кінематичні довжини трактора, зчіпки та сільськогосподарської машини, м.

$$l_m = 4,2\text{м}, l_{зч} = 1,3\text{м}, l_m = 2,2\text{м}.$$

$$L_k = 4,2 + 1,3 + 2,2 = 7,9\text{м}.$$

При петльовому способі повороту ширина поворотної смуги агрегату:

$$E_p = 3R_{\min} + e,$$

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту, м.

$$R_{\min} = 1,2B_p = 1,2 \cdot 5,4 = 6,48 \text{ м},$$

e – довжина виїзду, м.

$$e = (0,50 \dots 0,70) \cdot L_k = 0,6 \cdot 7,9 = 4,74 \text{ м},$$

$$E_p = 3 \cdot 6,48 + 4,74 = 24,2 \text{ м}$$

Кратна ширині захвату:

$$E_p = K \cdot B_p,$$

де K – число кратності.

$$K = \frac{E_p}{B_p} = \frac{24,2}{5,4} = 4,48$$

$$E_p = 4,48 \cdot 5,4 = 24,2 \text{ м}$$

Ширина загінки:

$$C = \frac{10^4 (2 \dots 3) W_{\text{зм}}}{L},$$

де $W_{\text{зм}}$ – змінна продуктивність агрегату, га/зм;

L – довжина загінки, м.

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 17,3}{900} = 577 \text{ м}$$

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 21,2}{900} = 706 \text{ м}$$

Кількість заїнок:

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot F}{LC}$$

де F – площа посіву, га.

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 211}{900 \cdot 577} = 4,1$$

$$n_3 = \frac{10^4 \cdot 211}{900 \cdot 706} = 3,33$$

На 4 передачі приймаємо за гінку 900м і 450м.

На 5 передачі приймаємо 1 загінку 900м і 1 загінку 250м.

Тривалість одного циклу, хв:

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot L_p}{10^2 \cdot V_p} + 2t_n,$$

де L_p – робоча довжина загінки, м;

$t_n = 1,5$ хв – час повороту в кінці загінки.

$$L_p = L - 2 \cdot E_p$$

де $L = 900$ м – довжина загінки;

$E_p = 24,2$ м – ширина поворотної смуги.

Визначаємо робочу довжину загінки:

$$L_p = 900 - 2 \cdot 24,2 = 852 \text{ м}$$

$$T_{\text{ц}} = \frac{12 \cdot 852}{10^2 \cdot 8,05} + 2 \cdot 1,5 = 15,7 \text{ хв} = 0,26 \text{ год}$$

Технічна продуктивність за цикл:

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot B_p V_p T_{\text{ц}} \tau,$$

$$W_{\text{ц}} = 0,1 \cdot 5,4 \cdot 8,05 \cdot 0,26 \cdot 0,82 = 0,92 \text{ га/ц}.$$

Циклів за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{W_{\text{зм}}}{W_{\text{ц}}},$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{17,3}{0,92} = 18,8 \text{ ц / зм},$$

$$n_{\text{ц}} = \frac{21,2}{0,92} = 23 \text{ ц} / \text{зм} .$$

Витрати палива за зміну:

$$Q_{\text{зм}} = Q_{\text{за}} \cdot W_{\text{зм}} ,$$

$$Q_{\text{зм}} = 5,9 \cdot 18,8 = 110,9 \text{ кг} / \text{зм}$$

$$Q_{\text{зм}} = 4,6 \cdot 23 = 105,8 \text{ кг} / \text{зм}$$