

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 проса з модернізацією овочевої
сівалки»

Виконав здобувач вищої освіти IV
курсу, групи АІ-22-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____ Комар Максим Миколайович

« _____ » _____ 2026 р.

Керівник проекту

доц., канд. техн. наук

_____ Дмитро АРТЕМЕНКО

« _____ » _____ 2026 р.

Рецензент

доц., канд. техн. наук

_____ Руслан ОСІН

« _____ » _____ 2026 р.

Анотація

В роботі проведено аналіз технологічного процесу вирощування проса з акцентом на удосконалення конструкції овочевої сівалки для якісного посіву. Встановлено, що сівалка JPH 8 після незначної модернізації здатна відповідати агротехнічним вимогам до посіву проса. Основну роль у забезпеченні якісного висіву відіграють сошник і борозний коток, для яких розроблено нові конструкції. Запропонований сошник і борозний коток мають комбіновані конструкції які забезпечують підвищення якості як укладання так і загортання насіння. Теоретично обґрунтовано геометричні параметри їх робочих поверхонь. Також розроблено заходи для покращення умов праці та усунення небезпечних чинників під час посіву. Запропоновані технічні рішення забезпечують рівномірне загортання насіння, покращують проростання та сприяють підвищенню врожайності.

Abstract

This paper analyzes the technological process of millet cultivation, focusing on improving the design of a vegetable seeder for high-quality sowing. It has been established that the JPH 8 seeder, after minor modernization, is capable of meeting the agrotechnical requirements for millet sowing. The primary role in ensuring high-quality sowing is played by the coulter and the furrow roller, for which new designs have been developed. The proposed coulter and furrow roller feature combined designs that improve the quality of both seed placement and seed covering. The geometric parameters of their working surfaces have been theoretically justified. Additionally, measures have been developed to improve working conditions and eliminate hazardous factors during the sowing process. The proposed technical solutions ensure uniform seed covering, improve germination, and contribute to an increase in yield.

Перв. примен.	Формат	Знач.	Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
					Документація загальна		
Справ. №					Заново розроблена		
	A4			МВП 00.000 ПЗ	Пояснювальна записка		
					Документація по технологічній частині		
					Заново розроблена		
	A1			МВП 00.001 ТЧ	Технологічна карта	1	
	A1			МВП 00.002 ТЧ	Операційна карта	1	
Підп. и дата					Документація по складальним одиницям		
					Заново розроблена		
	A1			МВП 00.000 СБ	Сівалка овочева JPH 8	1	
	A1			МВП 00.110 СБ	Секція	1	
	A3			МВП 00.120 СБ	Сошник	1	
	A3			МВП 00.130 СБ	Борозний коток	1	
Підп. и дата					МВП 00.000 ВП		
	Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		
	Разр. и Пров.	Комар Артеменко				Лит.	Лист
	И.контр. Утв.	Артеменко Васильковский				Листов	1
И.контр. № подл.					Відомість кваліфікаційної роботи	ЦНТУ гр. АІ-22-1	

Копіював

Формат А4

[illegible]

Копировал

Формат А4

Зміст

1. Вступ.....	6
2. Аналіз сучасної технології вирощування проса з визначенням шляхів її удосконалення.....	7
3. Операційна технологія процесу посіву проса.....	15
4. Інженерна частина.....	34
5. Охорона праці.....	53
Висновки.....	55
Список використаної літератури.....	56
Додатки	

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						5
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1. Вступ

Просо є однією з найважливіших круп'яних культур, яка вирізняється високою посухостійкістю, жаростійкістю та здатністю формувати стабільні врожаї навіть у зонах ризикованого землеробства. Однак просо належить до дрібнонасінних культур, що висуває надзвичайно жорсткі агротехнічні вимоги до процесу його сівби. Ключовою умовою отримання дружніх та повноцінних сходів є точне дотримання малої глибини загортання (2 - 4 см) за умови обов'язкового розміщення насіння на щільному вологому ложі [1,2].

Існуючі серійні зернові сівалки не завжди здатні забезпечити необхідну точність дозування та глибину розміщення такого дрібного насіння. Використання для цих цілей овочевих сівалок є перспективним напрямом, оскільки їх висівні апарати спроектовані для роботи з дрібним насіннєвим матеріалом. Проте базові робочі органи овочевих сівалок (сошники та загортачі) здебільшого розраховані на ідеально підготовлений, дрібногрудкуватий ґрунт і не завжди ефективно працюють у польових умовах вирощування проса, де критично важливим є збереження ґрунтової вологи.

Аналіз технологічного процесу показує, що ефективність сівби залежить не лише від рівномірності висіву, а і від якості роботи органів, які формують борозну та закривають її. Тому модернізація овочевої сівалки для сівби проса вимагає перегляду конструкції систем розміщення та загортання насіння. Найбільш доцільним є перехід до двоетапного процесу загортання: першочергове притискання насіння до вологого дна борозни з подальшим закриттям його пухким шаром ґрунту для запобігання випаровуванню вологи. Застосування вдосконалених комбінованих робочих органів дозволить створювати оптимальний мікроклімат, рівномірно розподіляти насіння і запобігати пристінному ефекту в борозні, що суттєво підвищить польову схожість культури.

					МВП 00.000 ПЗ			
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Пояснювальна записка	Літ.	Арк.	Акрушів
Розроб.		Комар						
Перевір.		Артеменко					6	
						ЦНТУ гр. АІ-22-1		
Н. Контр.		Артеменко						
Затверд.		Васильковський						

2. Технологічна частина

2.1 Технологія вирощування проса

Опис культури. Просо посівне (звичайне) - це однорічна яра злакова культура. Воно є однією з найдавніших сільськогосподарських культур, яка має велике продовольче та кормове значення. Зерно проса переробляють на крупу (пшоно), яка відзначається високими смаковими якостями, легко засвоюється організмом і містить багато білків, вітамінів (особливо групи В) та мікроелементів. Також просо та його побічні продукти (солома, полова) є чудовим кормом для тварин і птиці.

Рослина проса має мичкувату кореневу систему, яка проникає в ґрунт на глибину до 1,5 метра, що забезпечує її високу посухостійкість. Суцвіття проса - волоть. Просо має відносно короткий період вегетації від 60 до 120 днів (залежно від сорту). Це робить його ідеальною страховою культурою для пересіву загиблених озимих, а також дозволяє вирощувати як пожнивну або післяукісну культуру [1-6].

Вимоги до температури. Просо є типовою теплолюбною культурою, яка висуває високі вимоги до температурного режиму на всіх етапах розвитку. Насіння починає проростати за температури ґрунту 8 - 10°C. Проте для отримання дружних і гарних сходів оптимальною є температура 15 - 20°C. За недостатньої температури насіння може пліснявіти в ґрунті. Просо дуже боїться холоду. Весняні заморозки до -2...-3°C можуть повністю знищити сходи. Осінні заморозки (навіть слабкі) під час цвітіння та наливу зерна зупиняють розвиток рослини і різко знижують урожай.

Оптимальна температура для росту, кущення та формування волоті становить 20 - 25°C. Просо здатне витримувати підвищення температури до 38 - 40°C набагато краще, ніж пшениця чи ячмінь. Воно переносить спеку без суттєвої втрати здатності до фотосинтезу, впадаючи в стан тимчасового спокою під час найсильнішої ґрунтової та повітряної посухи, і швидко відновлює ріст після дощів [1-6].

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

Вимоги до світла. Просо - це рослина короткого світлового дня, що означає, що для швидкого переходу до цвітіння і плодоношення їй потрібен коротший період освітлення протягом доби. Культура є надзвичайно світлолюбною, вона потребує високої інтенсивності сонячної радіації. Просо абсолютно не витримує затінення, особливо на початкових етапах росту. При сильному забур'яненості або надто загущених посівах рослини витягуються, стають кволими, погано кущаться, а формування волоті затримується. При вирощуванні в умовах короткого дня вегетаційний період проса скорочується (рослина швидше дозріває). В умовах довгого дня (наприклад, при просуванні на північ) вегетаційний період подовжується, що сприяє нарощуванню більшої вегетативної маси, але затримує дозрівання зерна [1-6].

Вимоги до ґрунту. Хоча просо вважається менш вибагливим до ґрунтів порівняно з озимою пшеницею, для отримання високих врожаїв воно потребує сприятливих умов. Найкраще просо росте на структурних, добре аерованих і чистих від бур'янів ґрунтах. Ідеальними є чорноземи (типові, звичайні, південні) та каштанові ґрунти. Культура погано переносить важкі глинисті ґрунти, що схильні до запливання, а також заболочені, холодні та кислі ґрунти. Оптимальний рівень рН ґрунту становить 5,5 - 7,5. На кислих ґрунтах просо потребує попереднього вапнування. Просо має помірну стійкість до засолення ґрунтів, перевершуючи за цим показником багато інших зернових культур [1-6].

Попередники. Оскільки на початкових етапах росту просо розвивається дуже повільно і легко пригнічується бур'янами, правильний вибір попередника, якісний обробіток ґрунту та збалансоване живлення відіграють критичну роль у формуванні врожаю. Вибір правильного місця в сівозміні - це половина успіху при вирощуванні проса. Культура потребує чистих від бур'янів полів із достатнім запасом вологи. Найкращі попередники: зернобобові культури (горох, соя), озимі зернові (пшениця, жито), багаторічні трави (як злакові, так і бобові), а також просапні культури (картопля, цукрові буряки, баштанні), під які вносилися органічні добрива. Задовільні

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						8
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

попередники: ярі зернові (ячмінь, овес), але лише за умови ідеального очищення поля від бур'янів. Неприпустимі попередники: кукурудза (через спільного небезпечного шкідника - стеблового метелика), сорго та суданська трава (мають спільні хвороби та шкідників, а також сильно висушують ґрунт), соняшник (залишає після себе падалицю та виснажує запаси вологи). Крім того, просо не варто сіяти після проса раніше, ніж через 4 - 5 років [1-6].

Обробіток ґрунту. Головна мета обробітку ґрунту під просо - максимальне збереження вологи, знищення бур'янів та створення ідеально вирівняного дрібногрудкуватого посівного ложа, оскільки насіння проса дуже дрібне. Основний (осінній) обробіток починається з лушення стерні відразу після збирання попередника. Після появи сходів бур'янів проводять зяблеву оранку на глибину 20 - 22см. У посушливих регіонах замість оранки застосовують глибоке безполіцеве розпушування. Ранньовесняний обробіток виконують щойно ґрунт досягає фізичної стиглості, проводять закриття вологи, боронування важкими або середніми боронами у два сліди по діагоналі поля. Передпосівний обробіток - оскільки просо сіють пізно, до сівби ґрунт підтримують у чистому стані за допомогою 1 - 2 культивацій. Першу культивацію роблять на глибину 8 - 10см, а передпосівну, безпосередньо перед сівбою на глибину загортання насіння (4 - 5см) з одночасним боронуванням та шлейфуванням. Коткування - це обов'язковий агрозахід. Допосівне коткування кільчасто-шпоровими котками вирівнює поле і підтягує вологу до насіння, а післяпосівне - забезпечує щільний контакт насінини з ґрунтом для дружних сходів [1-6].

Вимоги до посіву і посів. Просо вимагає ретельної підготовки насіннєвого матеріалу та суворого дотримання температурного режиму під час посівної. Для сівби використовують відкаліброване, велике насіння. Обов'язковим є протруювання фунгіцидами (для захисту від сажки та корневих гнилей) та інсектицидами (проти ґрунтових шкідників). Просо не терпить холодного ґрунту. Сівбу починають, коли ґрунт на глибині 10см

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		9

стабільно прогріється до 10 - 12°C, а загроза весняних заморозків мине. В Україні це зазвичай середина або кінець травня.

Способи сівби:

суцільний рядовий (міжряддя 15 см) застосовують на чистих від бур'янів полях. Це забезпечує вищий урожай та рівномірне дозрівання;

широкорядний (міжряддя 45 см) використовують на засмічених полях (дає змогу проводити міжрядні обробітки) та в насінницьких посівах.

При суцільному рядовому посіві норма становить 3,0 - 4,0 млн схожих насінин на гектар (приблизно 20 -25 кг/га). При широкорядному 2,0 - 2,5 млн насінин на гектар (12 - 15 кг/га). У посушливих умовах норму висіву зменшують. На вологих і важких ґрунтах насіння сіють на глибину 3 - 4 см, на легких і пересушених - заглиблюють до 5 - 7 см [1-6].

Внесення добрив. Хоча просо добре використовує післядію добрив від попередника, воно формує високі врожаї лише за умови достатнього прямого живлення. Коренева система на початку вегетації розвинена слабо, тому рослина потребує легкодоступних елементів. Основне удобрення - фосфорні та калійні добрива (зазвичай у нормі 40 - 60 кг діючої речовини на гектар) найкраще вносити восени під зяблеву оранку. Азотні добрива (40 - 60 кг д.р./га) вносять навесні під передпосівну культивуацію. Надлишок азоту шкідливий він затягує вегетацію, призводить до вилягання посівів і знижує якість зерна. Внесення в рядки під час сівби невеликої дози гранульованого суперфосфату (10 - 15 кг д.р./га) дає потужний старт кореневій системі та прискорює початковий ріст. Просо дуже чутливе до нестачі цинку та марганцю. Їх дефіцит компенсують обробкою насіння мікродобривами або проведенням позакоренових підживлень (обприскування по листу) у фазі кущення [1-6].

Боротьба з бур'янами. На початку вегетації просо росте дуже повільно і легко пригнічується бур'янами. Тому захист посівів у перші 3 - 4 тижні є критично важливим. На суцільних посівах ефективним прийомом є післясходове боронування легкими боронами у фазі кущення (коли рослина

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						10
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

має 3 - 4 листки). Це знищує до 60% ниткоподібних сходів бур'янів. На широкорядних посівах проводять 1 - 2 міжрядні обробітки культиваторами.

Для боротьби з дводольними бур'янами застосовують гербіциди (на основі 2,4-Д, МЦПА, дикамби тощо). Обприскування гербіцидами слід проводити виключно у фазі кущення. Обробка у фазі виходу в трубку або викидання волоті категорично заборонена, оскільки це призводить до стерильності пилку, деформації волоті та різкого зниження врожаю [7,8].

Боротьба з шкідниками і хворобами. Просо має специфічних шкідників та хвороби, здатних суттєво знизити якість і кількість зерна. Найбільшої шкоди завдають просяний комарик (пошкоджує зав'язь і зерно, що формується), стебловий метелик (гусінь виїдає стебла зсередини, що призводить до ламкості), а також попелиці та хлібні блішки. Найнебезпечнішою хворобою є сажка (просяна сажка руйнує волоть, перетворюючи її на чорну спорову масу). Також поширений меланоз (потемніння ядра під плівками).

Головним методом профілактики сажки та меланозу є обов'язкове передпосівне протруювання насіння фунгіцидами. Для контролю шкідників (особливо комарика та попелиці) застосовують інсектицидні обробки полів у період викидання волоті. Дотримання сівозміни (не сіяти після кукурудзи та проса) є найкращою профілактикою проти стеблового метелика [7,8].

Збирання врожаю. Збирання, чи не найскладніший етап через біологічну особливість проса, його зерна досягають вкрай нерівномірно. Спочатку дозріває верхня частина волоті, потім середня, і найпізніше — нижня. Якщо чекати повного дозрівання всієї волоті, найцінніше зерно з верхівки просто обсиплеться.

Роздільне збирання (двофазне) - це основний і найбільш поширений спосіб. Просо скошують у валки, коли у верхній та середній частинах волоті досягає близько 80 - 85% зерен. У валках зелені зерна з нижньої частини поступово дозрівають за рахунок поживних речовин зі стебла. Через 3 - 5 днів,

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						11
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

коли вологість зерна падає до 14 - 15%, валки підбирають і обмолочують комбайнами.

Пряме комбайнування: Застосовується на чистих від бур'янів посівах низькорослих сортів, які досягають більш рівномірно. Збирання починають при повній стиглості 90% зерен у волоті.

Щоб прискорити та вирівняти досягання перед прямим комбайнуванням (особливо у вологу погоду або на сильно забур'янених полях), посіви обробляють десикантами за 10 - 14 днів до збирання.

Зерно проса дуже дрібне, має щільну оболонку і схильне до швидкого самозігрівання, тому одразу після обмолоту його необхідно ретельно очистити від вологих домішок і, за потреби, просушити до базової вологості 13 - 14% для тривалого зберігання [1-6].

2.2 Технологічна карта вирощування проса [1-8]:

1. Осінній обробіток ґрунту (після збирання попередника). Головна мета цього етапу - накопичення осінньо-зимової вологи, провокація росту бур'янів та їх знищення, а також загортання пожнивних залишків. Луцення стерні (Серпень – Вересень): відразу або не пізніше 3-5 днів після збирання попередника. Глибина 6 - 8 см (дисковими луцильниками). При засміченні коренепаростковими бур'янами (осоти) проводять друге луцення лемішними знаряддями на глибину 10 - 12 см через 2 тижні: New Holland TD 5.110 + Vaderstad Carrier.

2. Внесення основних мінеральних добрив (Вересень – Жовтень). Вносити фосфорні та калійні добрива (наприклад, суперфосфат амонізований, хлористий калій або комплексні NPK з низьким вмістом азоту). Норми - Фосфор (P) 40 - 60 кг/га діючої речовини (д.р.), Калій (K) 40 - 60 кг/га д.р.: New Holland TD 5.90 + РМД-1000.

3. Основний обробіток ґрунту (Вересень - Жовтень). Зяблева оранка полицевими плугами. Глибина: 20 - 22 см: New Holland TD 5.110 + ПОН-4.

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

4. Весняний передпосівний обробіток та живлення. Мета - зберегти накопичену вологу, вирівняти поле, знищити ранні ярі бур'яни та підготувати ідеальне дрібногрудкувате ложе для дрібного насіння проса. Закриття вологи (Березень - Квітень). За настання фізичної стиглості ґрунту, боронування важкими або середніми зубовими боронами у два сліди по діагоналі до напрямку оранки: Holland TD 5.90 + СГ-15.

5. Внесення азотних добрив (Квітень): Аміачна селітра, карбамід або КАС. Норма: Азот (N) 40 - 60 кг/га д.р. (розкидачами мінеральних добрив або обприскувачами для КАС).

6. Рання культивация (Квітень). Після масової появи сходів ранніх бур'янів. Глибина 8 - 10 см з одночасним боронуванням. Передпосівна культивация (Травень), в день сівби або за день до неї. Чітко на глибину загортання насіння 4 - 5 см. Використовуються культиватори із суцільним перекриттям лап та важкими котками/шлейфами для ідеального вирівнювання: New Holland TD 5.110 + Polaris 8.5.

7. Підготовка насіння та сівба. Просо сіють пізно, коли ґрунт гарантовано прогрівся, щоб отримати швидкі та дружні сходи, які зможуть конкурувати з бур'янами.

Протруювання насіння (Квітень – Травень). Обробка насіння баковою сумішшю (фунгіцид проти сажки + інсектицид проти ґрунтових шкідників + мікродобрива, зокрема цинк).

Сівба з припосівним удобренням (Друга-третя декада Травня). Температура ґрунту на глибині 10 см становить стабільні +10...+12°C. Широкорядним способом (45 см) сівалкою точного висіву. Норма висіву 2,0 - 2,5 млн шт./га (широкорядний). Це орієнтовно 15 - 25 кг/га. Глибина загортання: 3 - 5 см: New Holland TD 5.90 + JPH 8.

8. Післяпосівне коткування (Травень). Обов'язковий захід кільчасто-шпоровими котками відразу після сівалки. Забезпечує підтягування вологи до насінини: New Holland TD 5.90 + ККШ-9.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						13
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

9. Догляд за посівами. Найважливіший період від сходів до кущення, просо в цей час дуже вразливе. Боротьба з кіркою та бур'янами механічно (Травень – Червень). Якщо пройшли сильні дощі і утворилася кірка - боронування легкими боровами впоперек рядків (за 3-4 дні до появи сходів проса): New Holland TD 5.90 + БР-9.

Міжрядний обробіток. На широкорядних посівах проводять 1-2 міжрядні культивації (перша у фазі 3-4 листків на глибину 4-5 см, друга у фазі кущення): New Holland TD 5.90 + КРН-5.6.

10. Хімічний захист від бур'янів (Червень). Строго у фазі кущення проса (до початку виходу в трубку). Обприскування гербіцидами проти дводольних бур'янів (препарати групи 2,4-Д, агрітокс, дикамба).

Захист від шкідників та хвороб (Липень). Фаза викидання волоті. При перевищенні економічного порогу шкодочинності просяного комарика, стеблового метелика або попелиці - обробка інсектицидами (наприклад, фосфорорганічними або піретроїдами). За потреби додають фунгіцид. New Holland TD 5.90 + ОП-2000.

11. Збирання та післязбиральна доробка.

Через нерівномірне досягання проса процес збирання потребує чіткого таймінгу. Десикація (Серпень). Застосовується для вирівнювання досягання та підсушування бур'янів перед прямим комбайнуванням (за 10-14 днів до збирання препаратами на основі диквату або гліфосату).

Збирання врожаю (Серпень – Вересень). Варіант 1 (Роздільне збирання - пріоритетне), скошування у валки жатками, коли у волоті достигло 80-85% зерен. Через 3-5 днів підбирання валків і обмолот комбайнами (частота обертів барабана знижена до 700-800 об/хв, щоб не травмувати зерно): New Holland TD 5.90 + ЖВП-4.9.

Варіант 2 (Пряме комбайнування). На чистих посівах або після десикації, коли достигло 90-95% зерна: Claas Mega.

Очищення та сушіння зерна (Вересень). Негайна первинна очистка (просо легко зігрівається в буртах): ОВС-25. Доведення зерна до базисної

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

вологості 13-14% за допомогою зерносушарок (температура теплоносія не повинна перевищувати 40°C для насіннєвого матеріалу).

3. Операційна технологія посіву проса

Вихідні умови для розрахунку наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1

Вихідні умови

Показник	Значення показника
Операція	Посів проса
Трактор	New Holland TD5.90
Овочева сівалка	JPH 8
Довжина гонів, L м	900
Площа посіву, га	10
Фон поля	Під посів
Кут підйому, %	2

3.1 Агротехнічні вимоги до посіву проса [1-8]:

Агротехнічні вимоги до сівби проса є досить вимогливими, оскільки культура має дуже дрібне насіння, повільно росте на початкових етапах і гостро реагує на порушення глибини загортання та норми висіву. Для успішного проведення посівної кампанії необхідно детально розглянути технологічні параметри, критерії якості роботи техніки та протоколи безпеки.

Вимоги до строків та умов сівби. Температурний режим - просо висівають виключно тоді, коли ґрунт на глибині загортання насіння (10 см) стабільно прогріється до +10...+12°C, а загроза повернення весняних заморозків повністю мине.

Насіннєве ложе має бути дрібногрудкуватим (розмір грудок не більше 1-2 см), осілим і щільним. Наявність великих грудок призводить до провалювання насіння та нерівномірних сходів.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						15
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Способи сівби та норми висіву. Вибір способу залежить від засміченості поля та мети вирощування. Широкорядний спосіб (міжряддя 45 см), застосовується на забур'яненних полях, оскільки дозволяє проводити механічний міжрядний обробіток, а також на насінницьких посівах для отримання більшої маси тисячі насінин. Норма висіву: 2,0 - 2,5 млн схожих насінин на гектар (приблизно 12 - 15 кг/га).

Суцільний рядовий спосіб (міжряддя 15 см): Забезпечує найвищий рівень урожайності на чистих полях завдяки оптимальній площі живлення. Норма висіву 3,0 - 4,0 млн шт./га (20 - 25 кг/га). У посушливих умовах норму знижують на 15-20%.

Вимоги до глибини загортання насіння. Це один із найкритичніших параметрів для проса. На важких суглинкових і вологих ґрунтах 3 - 4 см. На легких (або якщо верхній шар пересушений) 5 - 6 см, з обов'язковим наступним коткуванням.

Максимально допустиме відхилення від заданої глибини не повинно перевищувати ± 1 см. Заглиблення понад 7 см призводить до різкого зниження польової схожості (паростки просто не можуть пробитися на поверхню), а мілкіший посів до висихання насіння.

Налаштування техніки та показники якості сівби. Для дотримання суворих вимог до рівномірності розподілу насіння необхідне точне налаштування посівних комплексів.

Робота висівних апаратів: При широкорядному посіві проса за допомогою сівалок точного висіву (таких як JPH 8) необхідно встановити відповідні мірно-висівні ролики, спеціально призначені для дрібнонасінневих культур. Це запобігає пошкодженню зернівок і гарантує поштучне укладання насіння в рядок без «двійників» та пропусків.

Конструкція робочих органів повинна забезпечувати 100% загортання насіння вологим шаром ґрунту. Прикочувальні колеса мають створювати належний контакт насінини з ґрунтом (щільність 1,1 - 1,2 г/см³), але при цьому не формувати твердої кірки на поверхні, яка блокує сход.

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

Допустиме відхилення фактичної норми висіву від заданої становить не більше $\pm 3\%$. Відхилення ширини стикових міжрядь суміжних проходів сівалки допускається в межах ± 5 см (це критично для подальшої безпроблемної роботи міжрядних культиваторів).

Вимоги до охорони праці та техніки безпеки.

Проведення посівних робіт вимагає суворого дотримання протоколів безпеки. Оскільки насіння проса обов'язково протруюється фунгіцидами та інсектицидами, завантаження бункерів сівалки має виконуватися механізованим способом (шнековими завантажувачами). Персонал повинен використовувати ЗІЗ (респіратори, захисні окуляри, рукавиці).

Будь-які роботи з очищення сошників, заміни висівних роликів, налаштування глибини ходу чи регулювання систем закриття борозни проводяться виключно при повністю зупиненому тракторі, вимкненому ВВП (валу відбору потужності) та заглушеному двигуні.

Переведення посівного комплексу з транспортного положення в робоче (і навпаки) здійснюється лише на рівних ділянках поля, переконавшись у відсутності людей у зоні дії гідравлічних механізмів.

Ретельний контроль цих агротехнічних та експлуатаційних показників дозволяє отримати дружні сходи проса, що є фундаментом для реалізації максимального потенціалу врожайності.

3.2 Підготовка і комплектування агрегату до посіву проса [9,10]:

Комплектування та підготовка машинно-тракторного агрегату (МТА) для точної сівби дрібнонасінневих злакових культур, зокрема проса, є складним технологічним процесом. Він вимагає суворого дотримання кінематичних та гідродинамічних параметрів.

Розглянемо алгоритм підготовки агрегату на базі трактора та 8-рядної механічної сівалки точного висіву JPH-8 (чи аналогів, наприклад, модифікацій Agricola, Gaspardo адаптованих для дрібного насіння).

1. Підготовка енергетичного засобу (трактора).

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

Агрегатування сівалки починається з оптимізації тягово-динамічних характеристик трактора для забезпечення стабільної робочої швидкості та мінімізації буксування. Коригування тиску в шинах, для зменшення ущільнення ґрунту та стабілізації швидкості руху (що критично для рівномірності висіву) тиск у задніх (ведучих) шинах трактора знижують до оптимальних значень (зазвичай 1,0 - 1,2 бар), а в передніх встановлюють на рівні 1,4 - 1,6 бар.

Блокування нижніх тяг, нижні поздовжні тяги триточкової навіски жорстко блокуються обмежувальними ланцюгами (або телескопічними стабілізаторами) для запобігання поперечному зміщенню сівалки під час роботи. Відхилення сівалки від осі симетрії трактора не повинно перевищувати 10 - 15 мм.

Регулювання розкосів - довжина лівого та правого розкосів навісної системи встановлюється однаковою для забезпечення горизонтальності осі підвісу.

2. Комплектування МТА (агрегатування).

Процес з'єднання трактора із сівалкою ЛРН-8 включає механічне, кінематичне та гідравлічне сполучення.

Механічне з'єднання - сівалка приєднується до триточкової навіски. Після підняття сівалки в транспортне положення за допомогою центральної (верхньої) тяги раму сівалки вирівнюють паралельно поверхні майданчика. Це гарантує однакові кути входження сошників в ґрунт.

Підключення ВВП (для пневматичних систем) - карданний вал підключається до вала відбору потужності (ВВП) трактора. Робоча частота обертання ВВП для створення оптимального вакууму зазвичай становить 540 об/хв. Важливо переконатися, що карданний вал має достатнє перекриття профільних труб (не менше 1/3 довжини) та не утворює критичних кутів зламу (понад 30°) у піднятому стані.

Гідравлічна система - рукави високого тиску (РВТ) для керування маркерами підключаються до гідророзподільника трактора.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
						18
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

3. Технологічне налаштування висівних секцій JPH-8 під просо.

Оскільки насіння проса має малі лінійні розміри (маса 1000 насінин варіюється в межах 4 - 8 г), налаштування дозувальної системи потребує високої точності.

Підбір висівних роликів – встановлюються висівні ролики для дрібнонасінневих культур. Регулювання скидачів (сингуляторів) - для запобігання висіву двійників (захоплення двох насінин одним отвором) налаштовується мікрометричний гвинт верхнього та нижнього селекторів. Відстань між краєм границею катушки та площиною скидача має відповідати середньому фракційному розміру насіння проса.

Регулювання глибини сівби - глибина (3 - 5 см для проса) задається шляхом зміни положення опорних (копіювальних) коліс відносно сошника на кожній висівній секції. Паралелограмна підвіска кожної секції забезпечує незалежне копіювання мікрорельєфу. Налаштовується натяг пружин паралелограмної підвіски. Для звичайних умов зусилля становить 30 - 50 кг на секцію, на щільних ґрунтах його збільшують.

4. Перевірка агрегату в полі.

Польова перевірка якості сівби є невід'ємною частиною технологічного процесу. Для забезпечення максимальної ефективності під час посівної кампанії, контроль якості роботи посівного агрегату має проводитися безпосередньо після проходження перших 50 - 100 метрів гону на робочій швидкості. Особливу увагу під час цього слід приділити механічним показникам роботи системи загортання насіння, оскільки саме від неї залежить контакт насінини з ґрунтом і збереження продуктивної вологи.

Наведемо детальний алгоритм оцінки кінематики висіву, якості роботи загортальних систем та розрахунку прогнозованої польової схожості проса.

Етап 1. Оцінка просторового розподілу насіння (глибина та крок висіву). Після проходження тестової дистанції тракторист повинен зупинити агрегат, не піднімаючи сівалку в транспортне положення. Це дозволить зафіксувати фактичний стан робочих органів в ґрунті. За допомогою спеціального щупа

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						19
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

або шпателя обережно знімається верхній шар ґрунту вздовж осі рядка на довжині 1 - 2 метри за сошником. Робити це потрібно максимально делікатно, щоб не змістити дрібне насіння проса з його початкової позиції.

Лінійкою або глибиноміром вимірюється відстань від знайденої насінини до поверхні вирівняного поля. Вимірювання проводять не менше ніж у 10 точках на кожній посівній секції. Критерій якості - середнє арифметичне значення глибини має становити 3 - 5 см. Коефіцієнт варіації не повинен перевищувати 15%. Відхилення більше ніж на ± 1 см свідчить про необхідність зміни натягу пружин паралелограмної підвіски або регулювання копіювальних коліс. Вимірюється відстань між сусідніми насінинами в розкритому рядку. Критерій якості - фактичний крок порівнюється з теоретично розрахованим. Наявність пропусків або двійників вказує на некоректну роботу скидача зайвого насіння.

Етап 2. Контроль механічної ефективності систем загортання борозни. Оскільки просо формує первинну кореневу систему дуже повільно, механічна ефективність роботи загортальних органів безпосередньо корелює з енергією проростання. Оцінка структури ґрунту над насінною - візуально та тактильно перевіряється фракційний склад ґрунту, яким загорнуто борозну. Критерій якості - насіння має бути покрите вологим дрібногрудкуватим ґрунтом. Наявність великих грудок (понад 20 мм) в зоні залягання насіння є недопустимою, оскільки це призводить до посиленої аерації і висушування ложа. Вимірювання щільності контакту насінина-ґрунт. Оцінюється робота прикочувальних (V-подібних або атмосферних) коліс. Критерій якості - ґрунт на рівні залягання насіння повинен мати щільність близько $1,1 - 1,2 \text{ г/см}^3$. Надмірного ущільнення поверхневого шару (утворення потенційної кірки) слід уникати. Якщо V-подібні колеса залишають глибокий слід або надмірно трамбують поверхню, необхідно зменшити кут їхньої атаки або тиск пружин.

Етап 3. Розрахунок польової схожості та коригування норми висіву. Лабораторна схожість насіння (зазначена в сертифікаті) ніколи не дорівнює польовій. Для проса, через дрібний розмір зернівки, різниця може бути

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		20

суттєвою. Під час першого проходу необхідно скоригувати фактичну норму висіву з урахуванням польових умов.

Коефіцієнт прогнозованої польової схожості $K_{ПС}$ розраховується на базі емпіричних даних:

$$K_{ПС} = L_H \cdot K_L \cdot K_{НЛ} \cdot K_H,$$

де L_H - лабораторна схожість насіння (наприклад, 95% або 0,95);

K_L - температурний коефіцієнт (при оптимальних +10...12°C дорівнює 0,95, при знижених температурах падає до 0,8);

$K_{НЛ}$ - коефіцієнт вологості насіннєвого ложа (при оптимальній вологості 0,9 - 1,0, при пересушеному верхньому шарі 0,7 - 0,8);

K_H - коефіцієнт якості загортання (при рівномірному загортанні без грудок дорівнює 0,95, при наявності повітряних кишень через погану роботу загортачів - 0,85).

Проведемо розрахунок основних параметрів по роботі агрегату на посіві проса. Враховуючи рекомендації [9,10], визначаємо номінальну силу тяги на гаку трактора та теоретичну швидкість передачі:

$$V_m^{III} = 4 \text{ км / год}$$

$$V_m^{IV} = 5 \text{ км / год}$$

$$P_{н.зак}^{III} = 54 \text{ кН}$$

$$P_{н.зак}^{IV} = 48 \text{ кН}$$

Розраховуємо максимальну ширину захвату агрегату на передачах 3 і 4:

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

де K_o^V - питомий опір:

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

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

$$V_p^{III} = 4 \cdot \left(1 - \frac{12}{100} \right) = 3,4 \text{ км / год};$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						21
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_p^{IV} = 5 \cdot \left(1 - \frac{12}{100}\right) = 4,25 \text{ км / год};$$

$$K_0^{III} = 1,5 \cdot (1 + 0,015 \cdot (3,4 - 3)) = 1,51 \text{ кН / м};$$

$$K_0^{IV} = 1,5 \cdot (1 + 0,015 \cdot (4,25 - 3)) = 1,53 \text{ кН / м};$$

де при $V_0 = 3$ км/год, $K_0 = 1,2$ кН/м - питомий опір ґрунту;

$\Pi = 1,5\%$ - коефіцієнт приросту питомого опору;

V_p - робоча швидкість сівалки, км/год.

V_m - теоретична швидкість, км/год

$\delta = 12\%$ – коефіцієнт пробуксовування.

Додатковий опір, що виникає коли агрегату рухається на підйом [11,12]:

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

де G_m – маса машини ($G_m = 35$ кН);

B_k – конструктивна ширина захвату сівалки для висіву проса, ($B_k = 3,6$ м).

Тоді:

$$R_i = \frac{35}{3,6} \cdot 0,05 = 0,49 \text{ кН / м}$$

Максимально можлива ширина захвату агрегату:

$$B_{\max}^{III} = \frac{54}{1,51 + 0,49} = 27 \text{ м}$$

$$B_{\max}^{IV} = \frac{48}{1,53 + 0,49} = 21,5 \text{ м}$$

Максимальна кількість сівалок в агрегаті:

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

$$n_c^{III} = \frac{27}{3,6} = 7,5;$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						22
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

із експлуатаційних міркувань приймаємо 4 сівалки.

$$n_c^{IV} = \frac{21,5}{3,6} = 5,9;$$

із експлуатаційних міркувань приймаємо 3 сівалки.

Розрахунок тягового опору агрегату:

$$R_{a2p} = K_o^V B_p n_c + R_{3ч}$$

$$R_{a2p}^{III} = 1,51 \cdot 3,6 \cdot 4 + 1,3 = 23 \text{ Кн}$$

$$R_{a2p}^{IV} = 1,53 \cdot 3,6 \cdot 3 + 1,3 = 17,8 \text{ Кн}$$

Розрахуємо коефіцієнт використання тягового зусилля трактора [9,10]:

$$\eta_{T3} = \frac{R_{a2p}}{P_{2ак}}.$$

$$\eta_{T3}^{III} = \frac{23}{54} = 0,43;$$

$$\eta_{T3}^{IV} = \frac{17,8}{48} = 0,37.$$

Змінна продуктивність:

$$W_{3М} = 0,1 \cdot B_p V_p T_p,$$

$$B_p = B_k \beta,$$

β – коефіцієнт ширини агрегату ($\beta = 1$)

$$B_p = 3,6 \cdot 1 = 3,6 \text{ м}$$

$$T_p = T_{3М} \tau$$

де T_p – робочий час зміни, год;

$T_{3М}$ – час зміни, год ($T_{3М} = 7$ год); :

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

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

Продуктивність за зміну:

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						23
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$W_{3M}^{III} = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 3,4 \cdot 5,74 = 7,03 \text{ га / зм}$$

$$W_{3M}^{IV} = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 4,25 \cdot 5,74 = 8,81 \text{ га / зм}$$

Витрати палива агрегату (кг/га) [10]:

$$Q_{\text{га}} = \frac{Q_{3M}}{W_{3M}},$$

де Q_{3M} – витрати палива за зміну, кг;

W_{3M} – продуктивність за зміну, га/зм.

$$Q_{3M} = Q_p T_p + Q_x t_x + Q_z t_z,$$

де Q_p, Q_x, Q_z – годинні витрати палива при роботі агрегату за час робочих та холостих ходів і на зупинках коли двигун працює;

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

$$\eta_{ТЗ}^{III} = 0,79; \quad Q_p = 15 \text{ кг / год}; \quad Q_x = 10 \text{ кг / год}; \quad Q_z = 1,5 \text{ кг / год},$$

$$\eta_{ТЗ}^{IV} = 0,78; \quad Q_p = 14,5 \text{ кг / год}; \quad Q_x = 9,5 \text{ кг / год}; \quad Q_z = 1,5 \text{ кг / год}.$$

Витрата палива на 1 га:

$$Q_{\text{га}}^{IV} = \frac{15 \cdot 5,74 + 10 \cdot 0,63 + 1,5 \cdot 0,63}{7,03} = 13,7 \text{ кг / га}$$

$$Q_{\text{га}}^V = \frac{14,5 \cdot 5,74 + 9,5 \cdot 0,63 + 1,5 \cdot 0,63}{8,81} = 10,8 \text{ кг / га}$$

3.3 Підготовка поля до роботи при посіві проса

Підготовка поля до роботи - це комплексний процес, який охоплює не лише створення ідеального насінневого ложа, а і правильну просторову організацію території для ефективної роботи машинно-тракторного агрегату.

Для успішного проведення весняних польових робіт підготовку поля під просо необхідно проводити враховуючи, що це культура пізнього ярого строку сівби. Це означає, що від початку весни до моменту заїзду сівалки поле тривалий час залишається відкритим, що створює ризики втрати вологи та заростання бур'янами.

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

1. Агротехнічна підготовка ґрунту (Весняний етап). Оскільки основний глибокий обробіток (оранка або чизелювання) вже має бути виконаний восени, весняна стратегія фокусується виключно на збереженні вологи та структуруванні верхнього шару.

Ранньовесняне закриття вологи проводиться за настання фізичної стиглості ґрунту (коли він кришиться, а не мається). Виконується боронування важкими або середніми зубовими боролами по діагоналі до напрямку осіннього обробітку. Це руйнує капіляри на поверхні ґрунту і зупиняє інтенсивне випаровування.

Проміжний обробіток (знищення ранніх бур'янів). До середини травня (оптимального строку сівби проса) на полі обов'язково з'являться ранні ярі бур'яни. Їх знищують суцільною культивацією на глибину 8 -10 см з одночасним боронуванням. Якщо весна затяжна, таких культивацій може бути дві.

Передпосівна підготовка насіннєвого ложа: Це найважливіша операція, яка виконується в день сівби або за день до неї. Культиватор налаштовується на глибину загортання насіння проса (3 - 5 см). Жодного сантиметра глибше, інакше насіння ляже на пухкий ґрунт і втратить контакт із капілярною вологою.

Коткування - для дрібнонасінневих культур формування щільного насіннєвого ложа є критичним. Тому передпосівна культивація часто супроводжується допосівним коткуванням кільчасто-шпоровими котками.

2. Просторова організація та розмітка поля.

Щоб сівалка працювала з максимальною продуктивністю, а стикові міжряддя були рівними, поле необхідно правильно розмітити перед початком сівби. Оптимальний напрямок сівби - поперек або під кутом до напрямку попереднього (осіннього) обробітку ґрунту. На схилах понад 3 - 4 градуси посів здійснюється виключно впоперек схилу (за горизонталями) для запобігання водній ерозії.

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

На кінцях поля (гонах) відміряють і відбивають маркером лінії поворотних смуг. Ширина поворотної смуги повинна бути кратною ширині робочого захвату сівалки і забезпечувати вільний розворот трактора з піднятою навіскою. Для 8-рядної сівалки з міжряддям 45 см (ширина захвату 3,6 м) у агрегаті з трактором класу New Holland ширина поворотної смуги зазвичай становить 3 або 4 робочих захвати (від 10,8 до 14,4 метра).

Лінія першого робочого проходу (базова лінія) має бути ідеально рівною. Для її розмітки використовують вішки (піктограми), які встановлюють по прямій лінії, або орієнтуються за допомогою систем паралельного водіння (GPS-навігації) з точністю RTK-сигналу (± 2 см), що на сьогоднішній день є стандартом для точного висіву.

3. Критерії готовності поля до сівби.

Перед тим як агрегат опустить сошники в ґрунт, поле має відповідати таким нормативним вимогам:

вирівняність поверхні - перепад висот мікрорельєфу на довжині 10 метрів не повинен перевищувати 2 - 3 см;

структура ґрунту – в посівному шарі (0 - 5 см) кількість ґрунтових фракцій розміром до 10 мм має становити не менше 80%. Наявність грудок діаметром понад 2 - 3 см є неприпустимою;

щільність ложа - щільність ґрунту на глибині залягання насіння має становити 1,1 - 1,2 г/см³ (ґрунт не повинен провалюватися під ногою);

чистота від бур'янів - поверхня поля має бути на 100% вільною від вегетуючих бур'янів на момент посіву;

після завершення сівби на основному масиві поля поворотні смуги засіваються в останню чергу, здійснюючи рух вздовж меж поля.

2.4 Робота агрегату в загінці при посіві проса

Робота агрегату безпосередньо в загінці – основний етап, де всі попередні теоретичні розрахунки та налаштування перевіряються практикою. Від правильного вибору кінематики руху, дотримання швидкісного режиму та

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

протоколів безпеки залежить рівномірність сходів та відсутність технологічних огріхів (пропусків або пересівів).

Розглянемо детально технологію роботи посівного агрегату (на базі трактора New Holland та 8-рядної сівалки JPH 8) на основному масиві поля під час сівби проса.

1. Кінематика та вибір способу руху агрегату.

Для роботи із сівалками точного висіву на просапних та дрібнонасіньових культурах найчастіше застосовують човниковий спосіб руху, проте він має свої особливості залежно від ширини захвату.

Човниковий рух із петльовими поворотами: Оскільки робоча ширина захвату 8-рядної сівалки типу JPH 8 становить 3,6 метра (при міжрядді 45 см), трактор New Holland фізично не зможе розвернутися на 180 градусів для заїзду в суміжний (сусідній) ряд без застосування петльового повороту (грушоподібного). Такий маневр вимагає достатньо широких поворотних смуг.

Рух через загінку (безпетльовий спосіб): Щоб уникнути складних маневрів, зменшити навантаження на ходову частину трактора і заощадити час, механізатори часто застосовують рух із перекриттям. Агрегат заходить не в сусідній слід, а пропускає один або два робочих захвати, повертаючись до них під час наступних проходів. Це дозволяє здійснювати розворот по плавній дузі.

2. Швидкісний та робочий режими

Сівба дрібнонасіньового проса вимагає ідеального дозування та дотримання стабільної глибини. Оптимальна швидкість руху по загінці становить 6 - 8 км/год. Перевищення швидкості понад 8 км/год є критичним: висівні котушки обертаються занадто швидко і не встигають якісно захопити насіння. Крім того, на високій швидкості опорно-копіювальні колеса починають стрибати, і сошники виглибляються, порушуючи задану глибину загортання (3 - 5 см).

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		27

3. Алгоритм роботи на поворотній смузі (Вимоги охорони праці та безпеки).

Розворот агрегату найбільш травмонебезпечний етап, як для техніки, так і для насіннєвого ложа. Він виконується за суворим протоколом - за 1,5 - 2 метра до контрольної лінії поворотної смуги механізатор плавно знижує швидкість. Сівалка переводиться в транспортне (підняте) положення за допомогою гідросистеми виключно під час руху трактора вперед. Це запобігає забиванню висівних щілин сошників ґрунтом. Будь-які маневри заднім ходом з опущеною в ґрунт сівалкою категорично заборонені - це миттєво призводить до деформації паралелограмних підвісок та поломки сошників.

Заїхавши на лінію нового ряду, сівалку плавно опускають на ходу (за 1,5 - 2 метри до межі засіяної ділянки). Ця дистанція необхідна, щоб опорно-привідне колесо почало обертатися, а висівні апарати встигли подати насіння проса до сошника ще до перетину лінії загінки.

4. Ведення агрегату та контроль стикових міжрядь.

Якщо в господарстві не використовується РТК-навігація (автопілот з точністю до 2 см), робота в загінці здійснюється за допомогою дискових маркерів. Маркери переключаються гідравлікою наприкінці кожного гону. Допустиме відхилення ширини стикового міжряддя (відстані між крайніми рядами двох суміжних проходів сівалки) становить не більше ± 5 см.

Оскільки просо на широкорядних посівах потребуватиме механічного догляду, будь-яке звуження стикового міжряддя неминуче призведе до масового підрізання культурних рослин під час майбутньої роботи міжрядних культиваторів.

5. Оперативний контроль у процесі сівби.

Рухаючись по загінці, механізатор не повинен втрачати пильності щодо ключових параметрів. Насіння проса дрібне, має високу сипучість і швидко витрачається. Необхідно регулярно перевіряти рівень у бункерах, щоб уникнути ситуації висіву порожніми апаратами.

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

Періодично слід оглядати загортачі та прикочувальні колеса. На вологих ділянках поля на них може налипати ґрунт, що порушує рівномірність ущільнення борозни та змінює глибину посіву. Чистики на колесах мають бути правильно відрегульовані.

Розраховуємо кінематичну довжину агрегату згідно [9-12]:

$$L_k = l_m + l_{\text{м}},$$

де $l_m + l_{\text{м}}$ – кінематична довжина трактора New Holland TD5.90 та сівалки JPH 8, м.

$$l_m = 4,1\text{м}, l_{\text{м}} = 3,6\text{м}.$$

Тоді:

$$L_k = 4,1 + 3,6 = 7,7\text{м}.$$

Ширина поворотної смуги агрегату при петльовому способі повороту:

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

де $R_{\min}$ – мінімальний радіус повороту;

e – довжина виїзду.

$$R_{\min} = 1,2B_p = 1,2 \cdot 3,6 = 4,32\text{м},$$

$$e = (0,50 \dots 0,70) \cdot L_k = 0,6 \cdot 7,7 = 4,62\text{м}.$$

$$E_p = 3 \cdot 4,32 + 4,62 = 17,6\text{м}$$

Беремо кратну ширині захвату

$$E_p = K \cdot B_p,$$

де K – заокруглюємо до цілого числа.

$$K = \frac{E_p}{B_p} = \frac{17,6}{3,6} = 4,9 \approx 5$$

$$E_p = 5 \cdot 3,6 = 18$$

Розрахунок ширини загінки [14]:

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

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						29
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $W_{зм}$ – продуктивність агрегату за зміну.

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 7,03}{900} = 234 \text{ м}$$

$$C = \frac{10^4 \cdot 3 \cdot 8,81}{900} = 394 \text{ м}$$

Число загінок визначається за формулою:

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

де F – площа посіву;

$$n_z = \frac{10^4 \cdot 10}{900 \cdot 234} = 4,75$$

$$n_z = \frac{10^4 \cdot 10}{900 \cdot 394} = 2,82$$

2.5 Контроль якості роботи

Обґрунтований вибір напрямку руху та методу переміщення сільськогосподарського агрегату відіграє суттєву роль у підвищенні ефективності виконання агротехнічних операцій, зокрема під час посіву проса. Результати розрахунків, які враховують як особливості рельєфу, геометричні параметри поля, так і технічні можливості машин, дозволяють раціонально спланувати маршрути агрегату та сформувати операційну технологічну карту. Додатково проводиться оцінка основних організаційних показників виконання робіт, що забезпечує зростання продуктивності та покращення якості висіву.

Тривалість циклу [9,10]:

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

де t_n – час повороту в кінці заїмки, ($t_n = 1,5 \dots 2 \text{ хв}$).

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

де $L = 900 \text{ м}$;

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
						30
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$E_p = 17,6 \text{ м.}$$

Робоча довжина загінки:

$$L_p = 900 - 2 \cdot 17,6 = 864 \text{ м}$$

$$T_y = \frac{12 \cdot 864}{10^2 \cdot 4,5} + 2 \cdot 1,5 = 26 \text{ хв} = 0,43 \text{ год}$$

Циклова продуктивність:

$$W_y = 0,1 \cdot B_p V_p T_y \tau ,$$

$$W_y = 0,1 \cdot 3,6 \cdot 4,5 \cdot 0,43 \cdot 0,82 = 0,57 \text{ га / ч.}$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_y = \frac{W_{з.м}}{W_y} ,$$

$$n_y = \frac{7,03}{0,57} = 12,3 \text{ ч / зм.} ,$$

$$n_y = \frac{8,81}{0,57} = 15,5 \text{ ч / зм.}$$

Змінні витрати палива:

$$Q_{з.м} = Q_{га} \cdot W_{з.м} ,$$

$$Q_{з.м} = 13,7 \cdot 7,03 = 96,3 \text{ кг / зм}$$

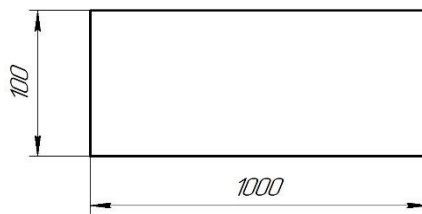
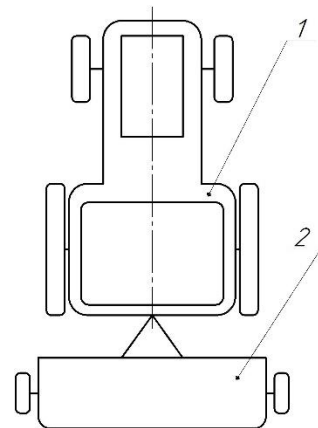
$$Q_{з.м} = 10,8 \cdot 8,81 = 95,2 \text{ кг / зм}$$

На основі проведених розрахунків складаємо операційно-технологічну карту наведену в таблиці 3.2.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		31

Таблиця 3.2

Операційно–технологічна карта на посів проса

Назва груп показників	Параметри, вимоги, нормативи	Схеми
1	2	3
Умови роботи	Площа – 10 га, довжина гонів – 900м, ширина гонів – 234м, величина підйому – 0,02, питомий опір з поправкою на швидкість – 1,5 кН/м, глибина загортання насіння – 2,5 см.	Схема поля 
Агротехнічні вимоги	Коливання ширини міжрядь повинно бути не більше: у основних ± 1 см, суміжних сівалок ± 2 см, суміжних проходів ± 5 см, відхилення від заданої глибини посіву $\pm 0,5$ см. Не допускаються незароблене насіння на поверхні поля. Число пропусків не повинно перевищувати 2% від числа висіяних насінин.	
Склад агрегату і підготовка його до роботи	Трактор New Holland T5.90, сівалка JHP 8, робоча ширина захвату – 3,6 м, мінімальний радіус повороту – 4,32м, кінематична довжина агрегату – 7,7м. Підготовка агрегату: провести щозмінне ТО трактора і сівалки; відрегулювати на задану норму висіву.	 1 – трактор; 2 – сівалка
Підготовка поля	Перед початком сівби поле оглянути, перешкоди усунути, ширина поворотної смуги 17,6м.	

Спосіб руху	Спосіб руху – гоновий човниковий, спосіб повороту – петльовий грушоподібний	L - довжина гонів, L_p - робоча довжина загінки, E - ширина поворотної смуги, e - довжина виїзду агрегату, B_p - ширина захвату агрегату.
Швидкість руху	Робоча передача – IV, враховуючи буксування, робоча швидкість 4,5 км/год	
Показники організаційного процесу	Тривалість циклу – 26 хв, технічна продуктивність за цикл – 0,57 га/ц; змінна продуктивність агрегату – 8,8 га/зм, кількість циклів за зміну 15,5 ц/зм	
Контроль за якістю роботи сівалки	Відхилення від заданої глибини повинно бути не більше $\pm 0,5$ см. Норма висіву становить 2,0 - 2,5 млн схожих насінин на гектар (приблизно 12 - 15 кг/га).	При оцінці якості посіву врахувати такі показники: ширину основних і стикових міжрядь – відкопати насіння без його переміщення і заміряти відстань між суміжними рядками; глибина посіву – відкрити насіння і заміряти глибину їх загортання; точність висіву насіння – легкими рухами поперек рядка відкрити 1м рядка і заміряти відстань між насінням; прямолінійність рядків – на довжині 50м відбити базову лінію і через 0,5м заміряти відхилення.

4. Інженерна частина

4.1 Визначення напрямку модернізації овочевої сівалки JHP під посів проса

Огляд конструкцій сучасних овочевих сівалок, оснащених полозковими, анкерними або наральниковими сошниками такими, як використовуються на сівалці, що модернізується JHP 8, дозволяє виявити передові технічні рішення для точного розміщення та загортання дрібного насіння, такого як просо.

Пневматична сівалка точного висіву для овочевих культур та дрібнонасінних зернових на добре підготовлених ґрунтах Gaspardo Orietta (Італія) (рис. 4.1) призначена для висіву таких культур, як цибуля, морква, капуста, шпинат, буряк, просо, сорго [13].



Рис. 4.1 Gaspardo Orietta

Сівалка може працювати з міжряддями від 13 см, робоча швидкість 2 - 5 км/год, паралелограмна підвіска кожної секції. На секції робочих органів використовується полозковий (кілеподібний) сошник. Він формує вузьке

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

клиноподібне посівне ложе. Насіння падає максимально близько до дна борозни через коротку трубку, що мінімізує відскок.

Загортання насіння передбачено в два етапи. Спочатку йдуть регульовані пелюсткові загортачі (металеві пластини), які зсувають пухкий ґрунт зі стінок борозни. За ними йде котковий загортач (прикочувальне колесо) - найчастіше типу Farmflex (м'яка гумова шина) або жорсткий металевий коток. Коток ущільнює ґрунт і забезпечує підтягування капілярної вологи.

Kverneland Miniair Nova (Норвегія/Німеччина) (рис. 4.2), професійна пневматична сівалка для інтенсивного овочівництва, призначена для висіву таких культур, як морква, цибуля, селера, цикорій, просо, ріпак. Робоча ширина від 2 до 6 м, секції встановлені на тандемних візках (переднє і заднє колесо) [14].

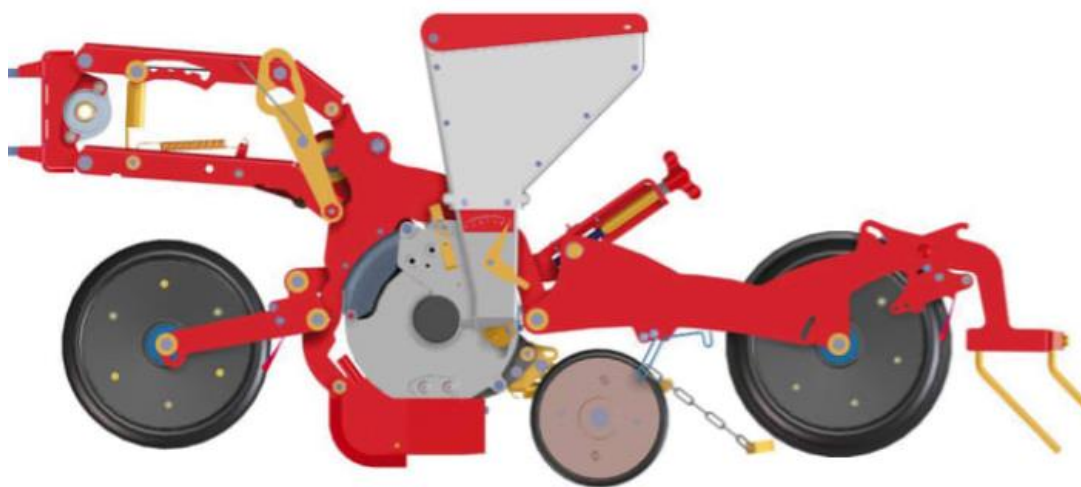


Рис. 4.2 Miniair Nova

Застосовується вузький наральниковий сошник, який спирається на переднє опорне колесо секції. Це гарантує ідеальне дотримання малої глибини (від 1 см). Сошник лише розсовує ґрунт, не вивертаючи нижні вологі шари.

Функцію загортання виконує спеціальний пружинний штригель або паралемешів-загортачів малого розміру, після яких йде сітчастий або гумовий прикочувальний коток. Сітчастий коток ідеально підходить для вологих

ґрунтів, оскільки не заліплюється і залишає поверхню злегка розпушеною, запобігаючи кірці.

Високоточна пневматична сівалка для дрібного насіння Monosem MS (Франція) (рис. 4.2), призначена для висіву всіх видів овочів, технічних дрібно насіннєвих культур (просо, гірчиця, кунжут). Сівалка має вакуумну систему висіву, дворядні або однорядні сошники на одну секцію [15].



Рис. 4.3 Monosem MS

Секція робочих органів сівалки оснащується полозковим сошником з надзвичайно вузьким профілем. Відмінною рисою є опційне встановлення проміжного притискного ролика (Pro-wheel) безпосередньо за насіннепроводом. Він вдавлює насіння проса прямо у вологе дно борозни ще до того, як туди потраплять сухі шари ґрунту. Після проміжного ролика лопатки-загортачі засипають борозну пухким ґрунтом, а фінальний широкий котковий загортач (циліндричний, сітчастий або конічний) вирівнює поверхню.

Agricola Italiana SN (Італія) (рис. 4.4), багаторядна модульна сівалка для ідеально підготовлених ґрунтів, призначена для посіву овочів, салатів, дрібно

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

насіннєвих і злаків (просо). Сівалка має центральний вал приводу висівних апаратів та тандемну систему копіювання [16].



Рис. 4.4 Agricola Italiana SN

Секція робочих органів сівалки має високоточний полозковий сошник, з'єднаний в єдиний блок з переднім та заднім котками. Це забезпечує нульове коливання глибини. Особливістю загортальної системи секції є використання борозного клинового котка, лопаткових загортачів та набору прикочуючих котків від сітчастого до V – подібного. Вони мають регулювання кута атаки (розхилу поверхонь) та тиску, що дозволяє згортати ґрунт по центру рядка з одночасним його прикочуванням.

Сівалка РОСТА СТВ-8 (Україна) (рис. 4.5), призначена для точного висіву дрібнонасіннєвих овочевих та технічних культур на добре підготовлених ґрунтах. Сівалка може висівати цибулю, моркву, капусту, буряки, томати, редиску, а також дрібнонасінні злаки, такі як просо. Сівалка має модульну конструкцію (навішується від 2 до 12 секцій на спільну раму),

втулковий або щітковий висівний апарат, глибина висіву від 1 до 5 см, централізоване ланцюгове приведення кожної секції від опорно-приводного колеса [17].



Рис. 4.5 Сівалка РОСТА СТВ-8

На секції робочих органів сівалки використовується класичний полозковий (кілеподібний) сошник. Він має клиноподібну форму, яка плавно розсуває верхній сухий шар ґрунту і формує вузьке ущільнене ложе на глибині 2 - 4 см. Оскільки сошник жорстко закріплений на секції, він не вібрує і забезпечує високу рівномірність глибини порівняно з легкими дисками. Функцію закриття борозни та ущільнення виконує заднє прикочувальне колесо, у базовій комплектації часто стоїть плоске широке колесо або колесо з невеликим гумовим бандажем., опорне колесо одночасно є приводом висівних апаратів (як і в JHP).

Проведемо порівняльний аналіз цих сівалок з сівалкою, що модернізується JHP (Jang Heavy Planter) [18]. Сівалки типу JHP, як правило, мають просту конструкцію, наральниковий або полозковий сошник, базовий загортач (часто у вигляді пластини або плоских дисків) та плоске заднє

прикочувальне колесо, передій коток більшого діаметра також є опорно приводним.

Перевагами полозкових, наральникових або анкерних сошників (порівняно з дисковими) є точність тримання глибини - полоз не стрибає по дрібних грудках так, як диск. Для проса (глибина 2 - 4 см) тому чітке дотримання глибини висіву є критичним. Такі сошники утворюють щільне, гладке V-подібне ложе, насіння менше перерозподіляється по борозні. Вони не виносять вологий шар ґрунту на поверхню.

Недоліками таких сошників (і зона для модернізації ЈНР) є те, що анкерні та полозкові сошники миттєво забиваються рослинними залишками тому для їх правильної роботи потрібна ідеальна культивация. У наральникових сошників швидко стирається носок, що призводить до поступового зменшення глибини посіву і порушення розміщення насіння по глибині борозни. Також існує проблема загортання у анкерних сошників, анкер просто робить рівчак, ґрунт може не осипатися назад (особливо вологий), тому борозна залишається відкритою, або заднє колесо просто вдавлює насіння у відкриту щілину без шару пухкого ґрунту зверху.

У зв'язку з цим напрямками модернізації секції ЈНР для проса (з огляду на конкурентів) може бути:

покращення показників роботи сошника сівалки, які направлені на формування ущільненого дна борозни і удосконалення самого процесу борозноутворення;

інтеграція коткового загортача зі змінною геометрією, як в Agricola або Monosem, заміна простого плоского колеса на вузол з конічними (сферичними) поверхнями. Зміна кута розхилу цих поверхонь дозволить точно регулювати кількість ґрунту, що нагортається на просо, незалежно від швидкості руху;

додавання проміжного ущільнювача, встановлення борозного котка (як Pro-wheel у Monosem) відразу за насіннєвим сошником для фіксації насіння на дні перед роботою основного коткового загортача;

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		39

розробка удосконалених загортальних систем як після сошника так і після прикочуючого котка (як у Kverneland Miniair Nova).

Проаналізуємо будову сівалки JPH 8 (рис. 4.6), до складу якої входять такі базові вузли: переднє колесо опорно-приводного типу 1; кріпильна система 2; пристрій навантаження 3; редуктор (коробка передач) 4; насіннєвий ящик 5; дозуючий (висівний) апарат механічного типу 6; сошник 7; механізм закриття борозни (загортач) 8; набір змінних зірочок 9; прикочувальне колесо (коток) 10; пристрій для очищення від налиплого ґрунту 11 [18].

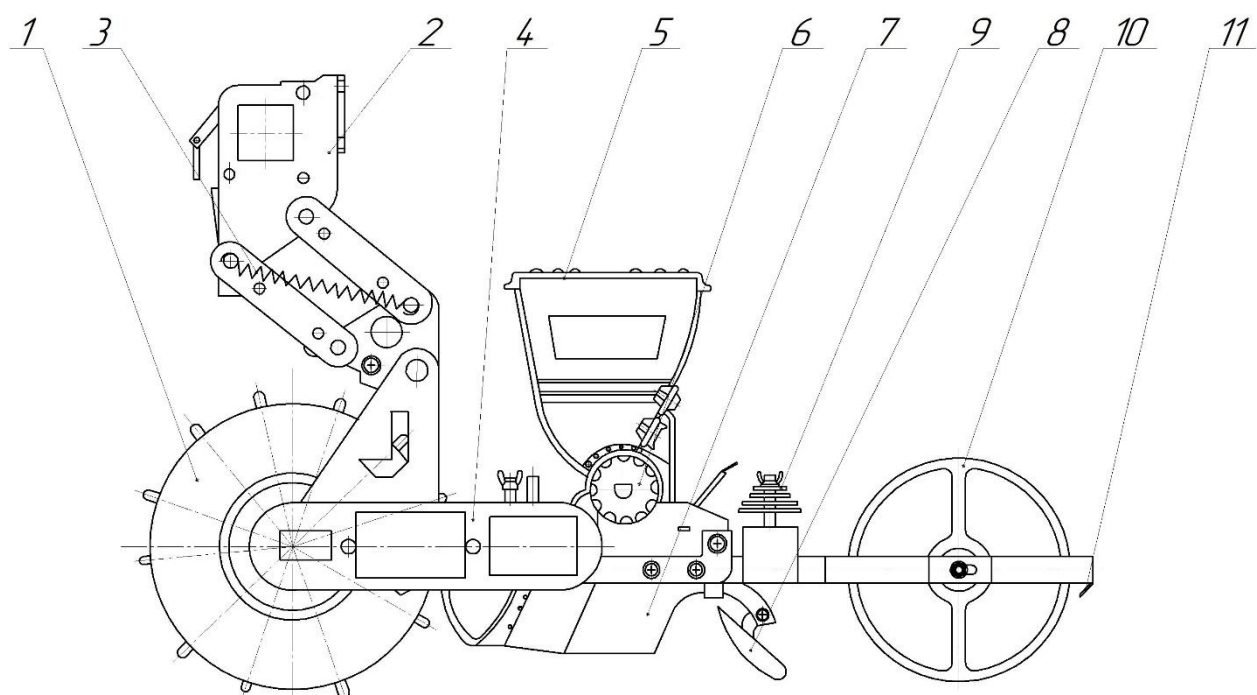


Рис. 4.6 Схема сівалки JPH 8

Вузол підвіски сформований із деталей кріплення 2 та притискного механізму секції 3. Робота висівного апарата 6 ініціюється від обертання переднього опорного колеса 1 та передається через коробку передач 4. Остання дає змогу комбінувати зірочки відповідно до висіваної культури, при цьому сам блок зірочок 9 закріплений безпосередньо на секції рами.

Процес розміщення та закриття насіння в ґрунті реалізується завдяки наявності килевидного сошника 7, що заглиблюється під тупим кутом, та спеціальної трубки для утворення посівного ложа. Позаду них встановлено загортач 8 у формі вигнутого скребка, який додатково виконує функцію

згладжування поверхні поля. Циліндричний задній коток 10, виготовлений із пластику, призначений для загортання та присипати насіння ґрунтом та остаточного вирівнювання рядка. Щоб запобігти налипанню ґрунту на коток, застосовується спеціальний очисник 11.

Алгоритм роботи агрегату наступний: переднє колесо, що котиться по поверхні ґрунту, передає крутний момент на дозуючу катушку за допомогою ланцюгового приводу та коробки передач. Під час прокручування катушки насіннєвий матеріал із бункера заповнює спеціальні комірки і переміщується до місця викиду. Для збереження точної густоти посіву встановлено обмежувач, що скидає зайве насіння і не пускає його в зону падіння. При досягненні нижньої мертвої точки насіння під впливом гравітації падає у підготовлену сошником борозну. Ґрунт з боків борозни трохи осипається, здійснюючи попереднє присипання, після чого загортач повністю закриває насіння та вирівнює поверхню. Наприкінці задній коток ущільнює рядок, гарантуючи щільне прилягання ґрунту до насінини.

Згідно з агротехнічними вимогами і стандартами, якість сівби сівалкою точного висіву JPH 8 можна оцінювати за такими критеріями [2,18]:

витримування заданої норми висіву - розбіжність між реальною та плановою кількістю насінин (на погонний метр чи гектар) не повинна перевищувати $\pm 5-10\%$ (з огляду на вид культури та умови поля);

однорідність розміщення насіння в рядку - висока точність дотримання відстаней між насінням, оптимально, якщо переважна більшість інтервалів становить від 0,5 до 1,5 від базового значення;

кількість пропусків - частка відстаней, що перевищують 1,5 від нормативу, повинна бути в межах норми;

наявність двійників насіння, зафіксоване на відстані менше ніж 0,5 від заданого інтервалу, є окремим показником незадовільної роботи;

сталість кроку посіву - менший коефіцієнт варіації свідчить про вищу якість розміщення по довжині борозни;

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

глибина посіву - реальні показники не мають відрізнятися від рекомендованих більш ніж на $\pm 10-15\%$ (або $\pm 0,5 - 1$ см);

рівномірність розміщення насіння по глибині - щонайменше 80 - 85% посівного матеріалу має опинитися на цільовій глибині з допустимим відхиленням ± 1 см;

ширина міжрядь для подальшого якісного догляду за посівами обмежується 1 - 2 см;

рівень травмування - кількість пошкоджених (розчавлених чи надколотих) механізмом насінин не може перевищувати 1-2%;

ефективність закриття та ущільнення ґрунту - насіння має бути повністю сховане в ґрунті, щільно притиснуте до вологого шару, а його поверхня має залишатися пухкою (дрібногрудковою) без ознак утворення кірки.

Для можливості адаптації сівалки JPH 8 під ефективну сівбу проса, ми здійснили її конструктивне вдосконалення, яке стосувалося зміни конфігурації насінневого сошника та загортача.

Розглянемо конструкцію серійного сошника JPH 8 (рис. 4.7), він містить дві бічні пластини-щоки 1, ущільнювач із прутка 2 та фіксуючі кронштейни 3. Основне його призначення зводиться до комплексного процесу формування посівної канавки, де кожна стадія є критичною для кінцевого результату сівби. Даний сошник прорізає ґрунт, розгортаючи верхній шар ґрунту по боках на необхідну глибину, утворюючи відкриту щілину. Важливо, що утворена борозна повинна утримуватися у відкритому стані достатній час для того, щоб насіння встигло точно впасти на її дно.

Наступним кроком є ущільнення дна утвореної борозни для формування твердої основи, що сприяє швидкому проростанню. Після чого насіння присипається ґрунтом, що забезпечує збереження вологи та створює оптимальні мікрокліматичні умови в зоні росту.

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

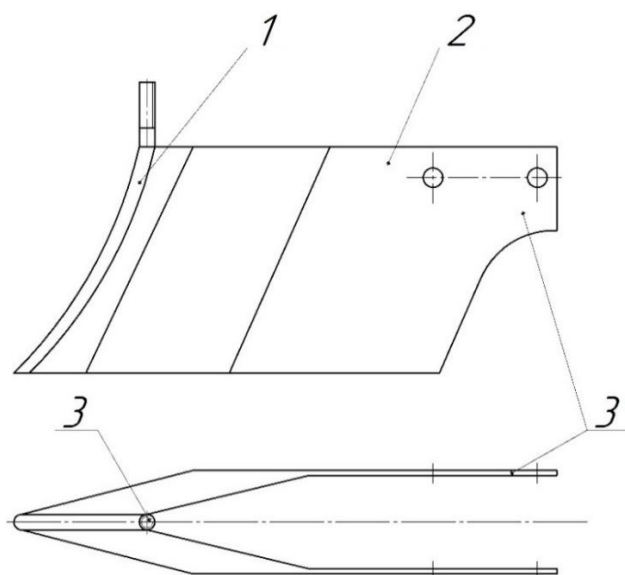


Рис. 4.7 Сошник сівалки JPH 8:

1 – формувач борозни; 2 – щоки; 3 – кронштейни

Вирішальну роль у якісному здійсненні цих процесів відіграє геометрія передньої зони сошника (що прорізає ґрунт) та його задньої частини (що ущільнює дно). Проте наявна конструкція має суттєвий недолік - використання полоза круглого (циліндричного) перерізу, який погано справляється зі створенням належного посівного ложа. Така конструкція призводить до зростання тягового опору і не дозволяє достатньо ущільнити дно борозни. Як наслідок, формується занадто мілка борозна, через що насіння може розміщуватись на різній глибині.

З метою усунення цих недоліків нами спроектований вдосконалений сошник, оснащений комбінованим наральником (рис. 4.8). Його фронтальна зона має форму клина з гострим кутом атаки, що полегшує заглиблення та зменшує енерговитрати та тяговий опір, а також відведення сухих шарів ґрунту в бік. Сам наральник має комбіновану конструкцію у вертикальній площині зверху по висоті щік сошника він має гострий кут входження в ґрунт, в нижній частині починаючи з самого носка розміщена клинова п'ята, яка і формує ущільнене насіннєве ложе. Комбінація гострого і тупого кутів входження в ґрунт в конструкції наральника сошника значно покращує процес борозноутворення [19-21].

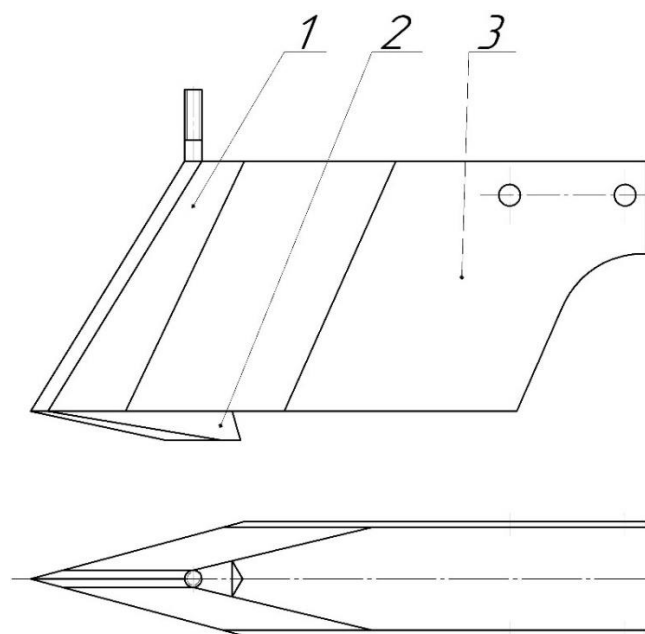


Рис. 4.8 Модернізований сошник JPH 8:

1 – комбінований наральник; 2 – клинова п'ята; 3 – щоки

На рисунку 4.8 представлено дві проекції модернізованого робочого органу, який включає такі елементи: наральник 1, клинову п'яту 2, щоки 3 та фіксуючі елементи на наральнику і щоках.

Принцип роботи модернізованого сошника такий: рухаючись на встановленій глибині, фронтальний загострений сегмент наральника розсікає ґрунт у вертикальній площині. Це знижує тягове зусилля та сприяє легкому заглибленню. Завдяки клиноподібному профілю ґрунт розгортається в різні боки від борозни, що виключає його скупчення та утворення ґрунтового пагорба перед сошником, також відводячи верхні шари ґрунту в бік від борозни сошник забезпечує укриття насіння лише вологими шарами ґрунту. В нижній частині наральника в більш вологих шарах ґрунту рухається клинова п'ята, яка і формує ущільнене дно борозни і її стінки, за рахунок тупого кута входження в ґрунт. Такий технологічний процес утворення борозни дає можливість розмістити насіння проса на чітко заданій глибині і забезпечити доступ вологи до насіння за рахунок ущільнення насінневого ложа. Конструкція сошника дозволяє проводити процес посіву навіть на перезволожених ділянках: оскільки нахил робочих площин наральника

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

менший за кут тертя ковзання ґрунту по сталі, в результаті відбувається постійне самоочищення деталей від налипання бруду. Як наслідок, сошник працює безперебійно навіть у складних обставинах, наприклад, на дуже вологих чи засмічених бур'янами полях.

Основні переваги розробленого сошника:

зменшення тягового опору завдяки оптимізованій формі передньої частини наральника та надійне тримання заданої глибини та стабільне формування борозни;

створення ущільненого клиноподібного ложа гарантує рівномірне укладання насіння проса;

покращене проникнення сошника в ґрунт і відведення верхніх шарів в бік від борозни зберігає її чистою і забезпечує укриття насіння вологими шарами ґрунту;

здатність до самоочищення на вологих ґрунтах, що суттєво підвищує експлуатаційну надійність.

Підсумовуючи, можна стверджувати, що модернізований сошник гармонійно поєднує високу технологічність, надійність та здатність адаптуватися до несприятливих польових умов. Усе це є визначальним фактором для забезпечення високоякісної сівби насіння проса.

Для підвищення точності розміщення насіння проса по глибині пропонується змінити традиційну схему загортання, замінивши загортач борозним прикочуючим котком. Прикочуючі котки, що застосовуються на посівній техніці, умовно поділяють на два основних різновиди: котки для прикочування безпосередньо в борозні та котки, призначені для ущільнення поверхневого шару ґрунту. У практиці посіву широко використовуються конструкції з гумовими шинами, які забезпечують зменшення налипання ґрунту на робочі поверхні.

Разом із тим застосування традиційних борозних котків має певні технологічні недоліки. Навіть за умови відповідності їх робочої ширини параметрам сформованої борозни, під час руху вони часто руйнують її бічні

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

стілки та вирівнюють дно. Унаслідок цього погіршується формування ущільненого насінневого ложа, що є одним із ключових факторів забезпечення швидкого та рівномірного проростання насіння.

З метою усунення зазначених недоліків запропоновано вдосконалену конструкцію борозного котка, робоча поверхня якого має комбіновану будову. Конструктивна ідея полягає у функціональному розділенні поверхні котка на дві частини, які виконують різні технологічні операції. Нижня частина є гнучкою і має форму, що відповідає конфігурації насінневого ложа, тоді як верхня частина виконана більш жорсткою і має циліндричну форму.

Гнучкий елемент нижньої частини обода виконує роль укладача насіння. Він може бути виконаний у вигляді еластичної камери атмосферного тиску (наприклад, з гуми), що дозволяє зменшити налипання вологого ґрунту та запобігти пошкодженню насіння під час контакту з робочою поверхнею. Верхня, більш жорстка частина обода забезпечує необхідне ущільнення ґрунту над насіниною та навколо неї.

На рисунку 4.9 наведено дві проекції запропонованого борозного котка. Його конструкція включає такі основні елементи: маточину 1, підшипниковий вузол 2 та робоча поверхня 3, що містить комбіновані елементи ущільнення.

Принцип роботи котка полягає у наступному. Під час переміщення посівної секції по борозні гнучка нижня частина обода, укладач насіння, обережно притискає насінину до дна борозни, забезпечуючи її стабільне положення на заданій глибині. Завдяки тому, що форма укладача відповідає геометрії насінневого ложа, досягається точніше позиціонування насіння. Після цього жорсткіша верхня частина обода здійснює ущільнення ґрунту навколо насінини, що покращує її контакт із ґрунтовим середовищем і сприяє підведенню капілярної вологи. У результаті проходження котка борозна частково закривається, а остаточне загортання та вирівнювання поверхні рядка виконується заднім прикочуючим котком посівної секції.

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

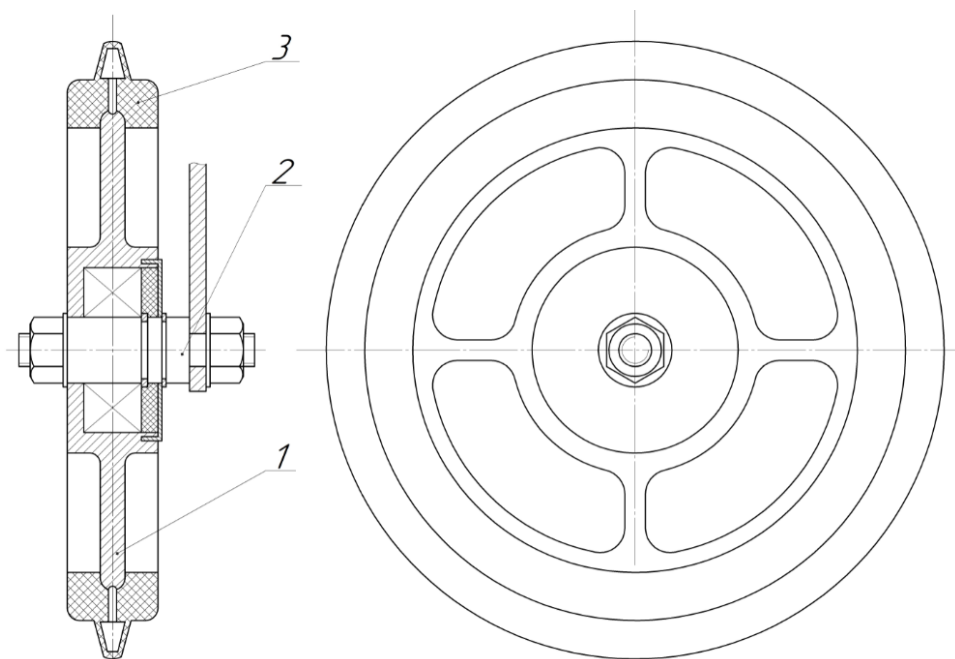


Рис. 4.9 Конструкція запропонованого борозного котка:

1 - маточина, 2 – підшипниковий вузол, 3 – робоча поверхня

Запропонована конструкція має ряд переваг:

забезпечує точне розміщення насіння на дні борозни без його зміщення або механічного пошкодження;

зберігає структуру ущільнених стінок і дна борозни, що створює сприятливі умови для проростання;

зменшує налипання ґрунту завдяки використанню еластичного укладача;

покращує контакт насіння з ґрунтом і підвищує ефективність капілярного зволоження;

знижує залежність якості роботи котка від зміни вологості та щільності ґрунту.

Отже, застосування запропонованого борозного котка з комбінованою робочою поверхнею дозволяє значно покращити умови розміщення насіння в ґрунті та створює передумови для більш рівномірного і швидкого проростання. Це сприяє підвищенню якості технологічного процесу посіву проса та забезпечує виконання основних агротехнічних вимог до точного висіву.

4.2 Розрахунок навантаження на удосконалений борозний коток сівалки JPH 8

Користуючись методикою з [11,12,22], складемо схему сил, що діють на борозний коток в процесі роботи в борозні рис. 4.10.

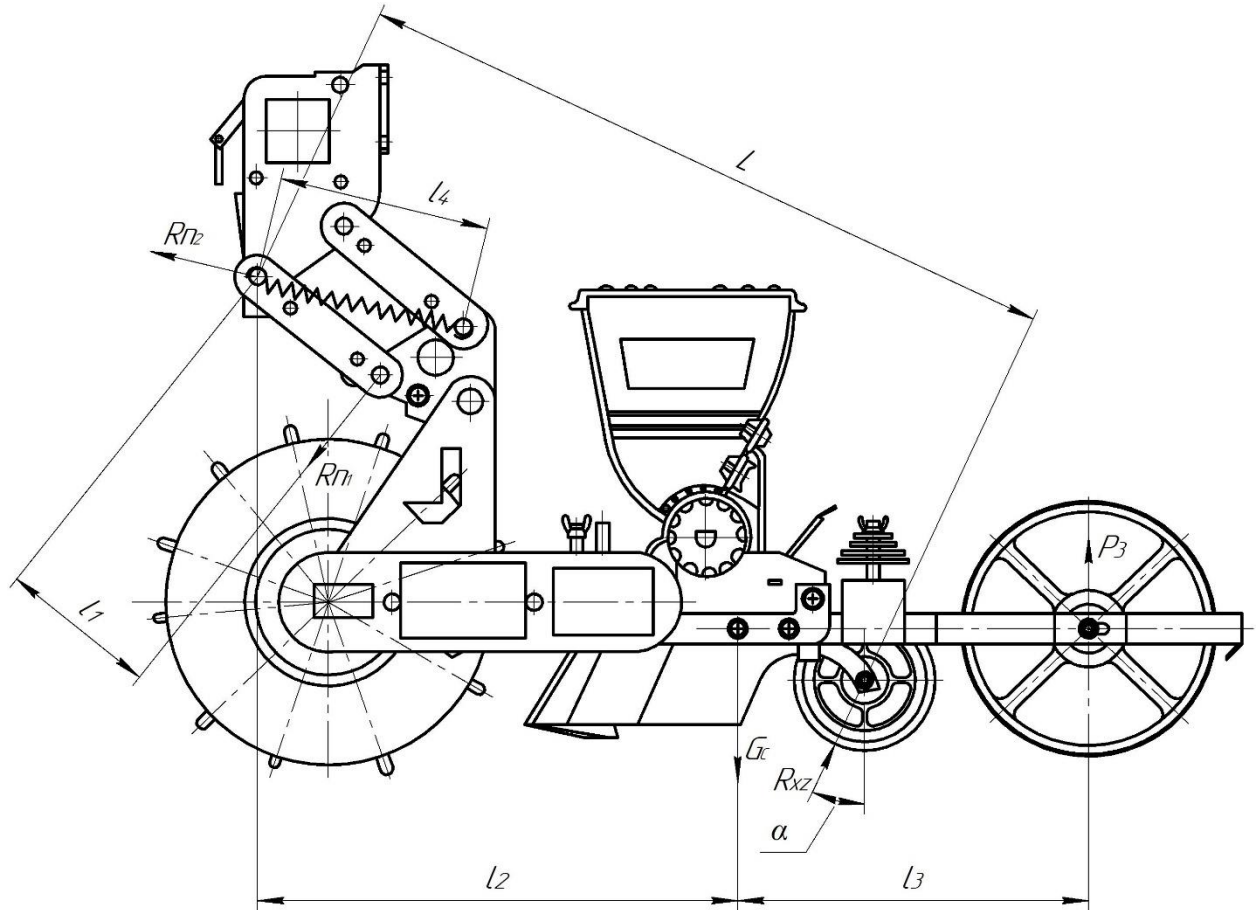


Рис. 4.10 Схема сил яка здійснює вплив на борозний котко

Рівняння моментів сил, під час дії на борозний коток сівалки JPH 8:

$$\sum M = L \cdot R_{xz} - l_2 \cdot G_c + P_k \cdot (l_2 + l_3) + Rn_2 \cdot l_4 - Rn_1 \cdot b = 0$$

де: R_{xz} – сила опору борозного котка;

G_c – сила ваги секції;

P_k – сила опору заднього прикочуючого котка;

Rn_2 – сила натягу пружини;

Rn_1 – сила реакції в кронштейні підвіски пружини.

Розраховуємо невідомі значення сил, R_{xz} та P_k :

$$P_k = mb\sqrt{mD} = 0,25 \cdot 50 \cdot \sqrt{0,25 \cdot 110} = 67 H$$

де m – коефіцієнт колієутворювання, $m = 0,25$;

$b = 50 \text{ мм}$ – ширина борозного котка;

$D = 110 \text{ мм}$ – діаметр борозного котка.

$$R_{xz} = \frac{P_k}{\cos \beta},$$

$$\beta = 9^\circ.$$

$$P_k = mb\sqrt{mD} = 0,15 \cdot 100 \cdot \sqrt{0,15 \cdot 200} = 85 H$$

$$R_{xz} = \frac{85}{\cos 9^\circ} = 84 H$$

Використавши значення плечей розміри яких вимірювались із креслення розрахуємо силу натягу пружини:

$$Rn_2 = \frac{-L \cdot R_{xz} + l_2 \cdot G_c - P_k \cdot (l_2 + l_3) + Rn_1 \cdot b}{l_4},$$

$$Rn_2 = \frac{-0,48 \cdot 84 + 0,36 \cdot 280 - 67 \cdot (0,36 + 0,250) + 200 \cdot 0,115}{0,16} = 266 H$$

2.5.2 Розрахунок параметрів пружини

За методикою наведеною в [23-25] виконуємо розрахунок параметрів пружини розтягу. Із конструктивних міркувань, для початку розрахунку пружини, приймаємо діаметр дроту із якого виготовляється пружина в розмірі $d_{\text{вн}} = 4 \text{ мм}$, $D = 32 \text{ мм}$.

Зовнішній діаметр пружини:

$$D_{\text{зов}} = D + d_{\text{вн}} = 32 + 4 / 2 = 34 \text{ мм}$$

Індекс пружини:

$$K = \frac{D}{d_{\text{вн}}} = \frac{32}{4} = 8$$

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		49

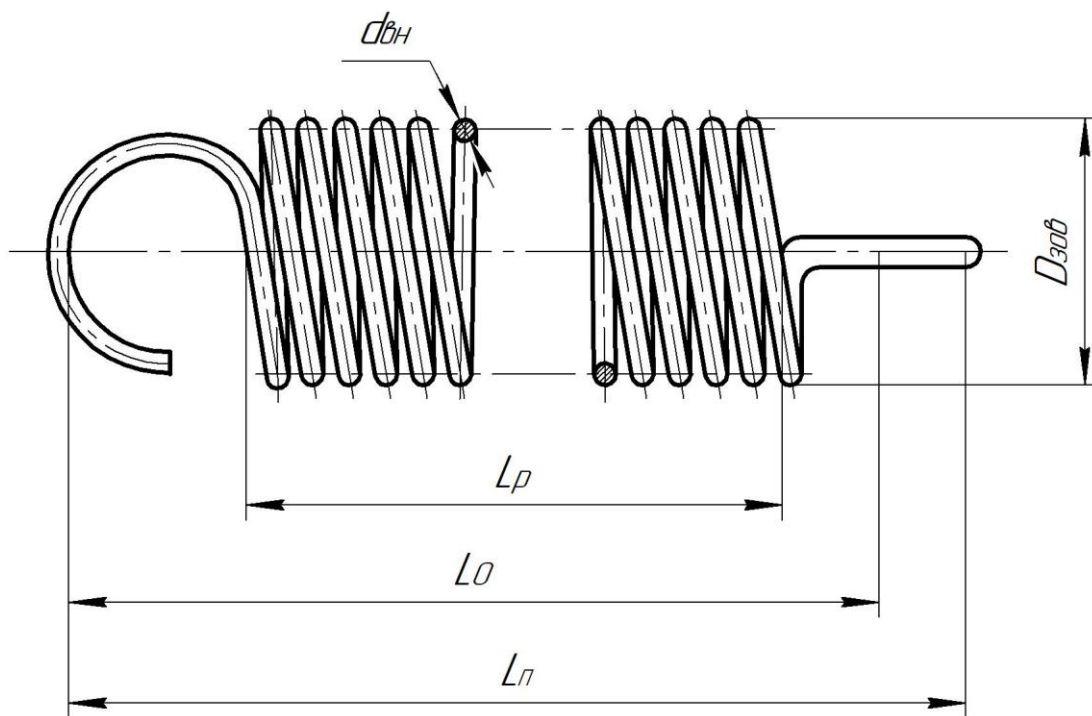


Рис. 2.10 Схема пружини

Кут підйому витків:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{\tau}{\pi \cdot D},$$

де: τ – крок витків які не мають навантаження, $\tau = d$:

$$\operatorname{tg} \alpha = \frac{4}{3,14 \cdot 32} = 0,047 ;$$

Кількість робочих витків:

$$n = \frac{L_p}{\tau},$$

де: L_p – довжина робочої частини пружини без навантаження.

$$n = \frac{160}{4} = 40$$

Напруження витків:

$$\psi = \frac{T_k}{W_p} = \frac{8 \cdot F \cdot D \cdot \chi_e}{\pi \cdot d^3},$$

де: χ_e – кривизна витків, що залежить від індексу пружини (K).

Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата

МВП 00.000 ПЗ

Арк.

50

$$\chi_{\epsilon} = 1 + \frac{1,4}{K} = 1 + \frac{1,4}{8} = 1,17,$$

де: S – площа перерізу витка;

$$S = \frac{\pi \cdot d^2}{4} = \frac{3,14 \cdot 4^2}{4} = 12,57 \text{ мм}^2,$$

$$\psi = \frac{8 \cdot 12,57 \cdot 32 \cdot 1,17}{3,14 \cdot 4^3} = 18,55$$

Діаметр дроту пружини:

$$d \geq \sqrt{\frac{8 \cdot S \cdot \chi_{\epsilon} \cdot K}{\pi \cdot [\psi]}},$$

$$d \geq \sqrt{\frac{8 \cdot 12,57 \cdot 1,17 \cdot 8}{3,14 \cdot 18,55}} = 4 \text{ мм}$$

Середній діаметр пружини:

$$D = K \cdot d = 8 \cdot 4 = 32$$

Осьова пружна деформація пружини:

$$\delta = 0,5 \cdot D \cdot \theta = \frac{0,5 \cdot D \cdot K \cdot \pi \cdot D \cdot n}{(G \cdot I_p)} = \frac{0,25 \cdot S \cdot \pi \cdot D^3 \cdot m}{(G \cdot I_p)},$$

де: m – показник робочих витків;

G – модуль пружності проволочи (для сталі 65Г G=8·10⁴ МПа);

I_p – полярний момент інерції витка;

$$I_p = \frac{\pi \cdot d^4}{32} = \frac{3,14 \cdot 4^4}{32} = 25,13.$$

Пружна деформація по осі:

$$\delta = \frac{0,25 \cdot 12,57 \cdot 3,14 \cdot 32^3 \cdot 16}{(8 \cdot 10^4 \cdot 25,14)} = 2,58$$

Оскільки $M = \frac{D}{d}$, то пружна деформація пружини:

$$\lambda = \frac{8 \cdot S \cdot D^3 \cdot m}{(G \cdot d^4)} = \frac{8 \cdot S \cdot M^3 \cdot m}{(G \cdot d)}$$

					МВГ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		51

$$\lambda = \frac{8 \cdot 12,57 \cdot 8^3 \cdot 16}{(8 \cdot 10^4 \cdot 4)} = 2,59$$

Жорсткість пружини:

$$\varepsilon = \frac{G \cdot d^4}{(8 \cdot D^3 \cdot m)} = \frac{G \cdot d}{(8 \cdot M^3 \cdot m)} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 4}{(8 \cdot 8^3 \cdot 16)} = 4,86.$$

Кількість робочих витків:

$$T = \frac{G \cdot d^4 \cdot \lambda}{8 \cdot S \cdot D^3} = \frac{8 \cdot 10^4 \cdot 4^4 \cdot 2,59}{8 \cdot 12,57 \cdot 34^3} \approx 37,8$$

Приймаємо, що пружина має 38 витків.

Довжина пружини в спокої:

$$L_p = m \cdot d = 38 \cdot 4 = 152 \text{ мм}$$

Повна кількість витків:

$$\nu_0 = \nu + (1...2) = 38 + 2 = 40$$

Довжина пружини:

$$L_0 = \nu_0 \cdot d + 2h_g$$

де: h_g – висота вушка;

$$h_g = (0,5...1) \cdot D = 0,75 \cdot 34 = 25,5 \text{ мм}$$

$$L_0 = 40 \cdot 4 + 2 \cdot 25,5 = 211 \text{ мм}$$

Довжина пружини при дії максимального навантаження $F_{\max}$:

$$L_{II} = L_0 + \lambda_{\max} = \frac{L_0 + (F_{\max} - F_0)}{K} = \frac{L_0 + 8 \cdot K^3 \cdot m \cdot (F_{\max} - F_0)}{G \cdot d}$$

$$L_{II} = \frac{211 + 8 \cdot 8^3 \cdot 16 \cdot (12,57 - 2,32)}{8 \cdot 10^4 \cdot 4} = 261 \text{ мм}$$

Необхідна довжина дроту для виготовлення пружини:

$$L = \frac{\pi \cdot D \cdot T}{\cos \alpha} = \frac{3,14 \cdot 34 \cdot 40}{\cos 5^\circ} = 4286 \text{ мм}$$

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

5. Охорона праці

5.1 Аналіз небезпечних факторів які можуть виникати під час посіву овочевою сівалкою насіння проса [26-34]:

Під час висіву насіння проса овочевою сівалкою точного висіву (типу ЈРН 8) виникає ряд специфічних небезпечних факторів. Вони зумовлені як конструкційними особливостями малогабаритних висівних апаратів, так і фізико-хімічними властивостями насіння та засобів його захисту.

Небезпечні фактори за джерелом виникнення.

1. Хімічні та біологічні фактори (робота з насінням). Просо обов'язково проходить передпосівну обробку (протруєння), що створює основні ризики для здоров'я персоналу. Насіння проса, оброблене фунгіцидами та інсектицидами, вкрите тонким шаром хімікатів. Під час тертя насіння в бункері утворюється токсичний пил. Потрапляння пилу в дихальні шляхи або на слизові оболонки при завантаженні бункерів або очищенні висівних дисків може приводити до отруєння. Дрібні ворсинки та пил від оболонок проса можуть викликати подразнення шкіри та дихальних шляхів викликаючи алергічні реакції.

2. Механічні фактори (робочі органи та приводи). Овочеві сівалки мають багато відкритих рухомих частин, що працюють у безпосередній близькості до ґрунту та оператора. Передача крутного моменту від опорно-приводного колеса до висівних валів здійснюється ланцюговими передачами. Небезпекою є захоплення одягу, рукавиць або пальців під час регулювання «на ходу» або при відсутності захисних кожухів. Паралелограмні підвіски секцій під час підйому або опускання сівалки секції рухаються відносно рами, що може призводити до травмування (защемлення) кінцівок між рухомими важелями підвіски. Гострі краї дисків маркерів, що знаходяться з боків агрегату можуть приводити до порізів або зіткнення з перешкодами (людьми, деревами) під час розворотів або транспортування.

3. Ергономічні та психофізіологічні фактори. Статичне напруження - необхідність постійного візуального контролю за роботою дрібних сошників та маркерів змушує механізатора часто повертатися назад. Це призводить до виникнення болів у хребті та шиї, що підвищує ризик помилки при керуванні трактором. Робота в умовах обмеженої видимості - пил, що піднімається за агрегатом, може приховувати сторонніх осіб або перешкоди в зоні розвороту.

4. Технологічні ризики (аварійні ситуації). Забивання сошників - при русі назад з опущеною сівалкою сошники миттєво забиваються ґрунтом. Спроба очистити сошник руками при працюючому двигуні може призвести до наїзду агрегату на оператора, якщо трактор не зафіксовано стоянковим гальмом. Руйнування РВТ (рукавів високого тиску) - під час підйому важкої сівалки гідросистемою. Небезпека полягає у витокі гідравлічної рідини під високим тиском, що може спричинити хімічні опіки шкіри або травми очей.

Небезпечні фактори і методи від їх захисту наведені в табл. 5.1.

Таблиця 5.1

Заходи безпеки

Фактор небезпеки	Основний захід захисту
Пестицидний пил	Використання респіраторів (класу FFP2/FFP3) та закритих окулярів.
Ланцюгові передачі	Наявність та цілісність захисних кожухів; заборона регулювання під час руху.
Шум вентилятора	Використання протишумових навушників або берушів.
Гідравлічні травми	Регулярна дефектовка шлангів; заборона знаходження під піднятою сівалкою без упорів.
Травмування сошниками	Очищення робочих органів тільки спеціальним скребком при заглушеному двигуні.

Висновки

В результаті проведеної роботи сформульовані наступні висновки:

1. Проведено аналіз сучасних конструкцій сівалок, які можуть використовуватися для висіву насіння проса. В результаті встановлено, що овочева сівалка ЈРН 8 після незначного конструктивного вдосконалення здатна забезпечити виконання основних агротехнічних вимог до посіву цієї культури та гарантувати належну якість технологічного процесу.

2. В ході дослідження визначено, що вирішальний вплив на якість формування посівної борозни та точність розміщення насіння мають основні робочі органи посівної секції, зокрема сошник і борозний прикочуючий коток.

3. Для покращення умов укладання насіння на дно борозни запропоновано модернізовану конструкцію сошника овочевої сівалки ЈРН 8, що оснащена комбінованим наральником, а також розроблено борозний коток комбінованого типу, призначений для більш точного укладання насіння по дну борозни.

4. Проведено теоретичне обґрунтування та розрахунок навантаження на модернізований борозний коток та отримані параметри пружини яка формує це навантаження.

5. Розроблено комплекс організаційно-технічних заходів, спрямованих на підвищення безпеки праці під час виконання посівних робіт, а також на зменшення впливу потенційно небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

6. Запропонована конструкція модернізованих робочих органів овочевої сівалки забезпечує ефективне виконання технологічного процесу висіву насіння проса, підвищує точність його розміщення в ґрунті та покращує умови загортання, що в кінцевому підсумку може сприяти підвищенню продуктивності та врожайності культури.

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

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Технологія виробництва продукції рослинництва : навч. посіб. Ч.1 / [Мельник С.І., Муляр О.Д., Кочубей М.Й., Іванцов П.Д.]. – К.: Аграрна освіта, 2010. – 282 с.
2. ДСТУ 4790:2007 Круп'яні культури (гречка, просо). Технологія вирощування. Загальні вимоги. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=53819
3. Лихочвор В.В. Рослинництво. Технології вирощування сільськогосподарських культур. Львів: НВФ «Українські технології», 2002. 800 с.
4. Гудзь В.П., Прима І.Д., Будьонний Ю.В., Танчик С.П. Землеробство: Підручник. 2-ге вид. перероб. та доп. / За ред. В. П. Гудзя. - К.: Центр учбової літератури, 2010. - 464 с.
5. Ушкаренко В.О., Аверчев О.В. Просо – на півдні України. Херсон: Олді плюс, 2007. 196 с.
6. Єфіменко Д.Я., Япівський І.В., Лактіонов Б.І., Фрич І.М. Круп'яні культури / За ред. І.В. Яшовського. К.: Урожай, 1982. 160 с
7. Аверчев О.В., Йосипенко І.В., Нікітенко М.П. Хвороби та шкідники проса. Навчальний посібник. Одеса: Олді плюс, 2023. 180 с.
8. Поспелов С.М. Захист рослин / Поспелов С.М., Арсеньєва М.В., Груздев Г.С. – К.: Вища шк., 1981. – 424 с.
9. 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. Ладизинський коледж, ВНАУ, 2019. – 374 с.
10. 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.
11. Сисолін П.В. та інш. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В.

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		56

Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; за ред. М.І. Черновола. – К.: Урожай, 2001. – 384 с.

12. Сільськогосподарські машини: підручник / Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. - К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.

13. Вакуумна прецизійна сівалка для овочів ORIETTA. URL: https://www.maschiogaspardo.com/uk_uk/orietta.html

14. Kverneland Miniair Nova. URL: <https://uk.kverneland.com/seeder/vegetable-precision-drills/miniair-nova>

15. Пневматична сівалка для дрібного насіння Monosem MS. URL: <https://www.monosem.com/precision-planters/single-seed-planter/vegetable-planter/ms/>

16. Agricola Italiana SN. URL: <https://www.agricola.it/prodotti/sn-2-130/?portfolioCats=34%2C22%2C40%2C35%2C36%2C37%2C38%2C39>

17. Сівалка РОСТА СТБ-8. URL: <https://agrotehnic.com.ua/ua/sejalka-tochnogo-viseva-chetirekhryadnaya-stv-4-ovoshchnaya.html>

18. Сівалка для овочевих культур JPH 4. URL: <https://www.terraronis.com/jph-semoir-maraicher-petites-graines.html>

19. Дмитро Артеменко. Дослідження конструкційних параметрів елементів сошника для посіву просапних культур. Науково-технічні дослідження у галузі механічної інженерії та транспорту: колективна монографія / заг. ред. А.А. Кашканова. – Академія технічних наук України. – Івано-Франківськ: Видавець Кушнір Г.М. – 2023. – С. 72-110. https://ukrtsa.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/mech_transport.pdf

20. Артеменко Д.Ю. Обґрунтування і дослідження конструкції наральникового сошника просапної сівалки із зменшеним тяговим опором. Innovative Technical Solutions for the Sustainable Development of Ukraine and EU Countries: Scientific monograph. Riga, Latvia: “Baltija Publishing”, 2026. Vol. 1. С. 134 – 162. URL: <http://baltijapublishing.lv/omp/index.php/bp/catalog/book/696>

21. Артеменко Д.Ю., Лузан П.Г., Лузан О.Р., Ковбаса В.П. Обґрунтування конструкції комбінованого наральника сошника просапної сівалки. Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин / ЦНТУ, Вип. 55, 2025. С. 121 – 133. URL: <https://zbirniksgm.kntu.kr.ua/pdf/55/13.pdf>
22. Бендера І.М. Проектування сільськогосподарських машин / за ред. І.М. Бендери. - Кам'янець-Подільський: Абетка, 2011, 640 с.
23. Павлище В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин / В.Т. Павлище. – Львів: Афіша, 2003. – 560 с.
24. Деталі машин: підручник / [А.В Міняйло, Л.М. Тіщенко, Д.І. Мазоренко та ін.] – К.: Агроосвіта, 2013. – 448с.
25. Рудь Ю.С. Основи конструювання машин: Підручник для студентів інженерно-технічних спеціальностей вищих навчальних закладів. 2 вид., переробл. - Кривий Ріг: Видавець ФОП Чернявський Д.О., 2015. – 492 с.
26. 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.
27. ДСТУ 7239:2011. Засоби індивідуального захисту. http://opcb.kpi.ua/wp-content/uploads/2011/09/dstu_7239_2011.pdf
28. ДСТУ 2867-94. Державний стандарт України. Шум. Методи оцінювання виробничого шумового навантаження. https://ksv.do.am/GOST/DSTY_ALL/DSTY3/dsty_2867-94.pdf
29. СП 4282-87. Санітарні правила по устрою тракторів та сільськогосподарських машин. https://dnaop.com/html/57502/doc-%D0%A1%D0%9F_4282-87
30. ДСТУ 2189-93. Система стандартів безпеки праці. Машина сільськогосподарські навісні та причіпні. Загальні вимоги безпеки. Київ, 1994. – 25 с.

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

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

					МВП 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		59

Додатки