

Центральноукраїнський національний технічний університет

Центр заочної та дистанційної освіти

Кафедра сільськогосподарського машинобудування

“Допущено до захисту”

Зав. кафедрою СГМ

к.т.н., професор

_____Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

“ _____ ” 2026 р.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

**за першим (бакалаврським) рівнем вищої освіти
на тему:**

**«Механізація вирощування озимого ячменя з удосконаленням
зернотукової сівалки»**

Виконав здобувач вищої освіти IV курсу,
групи AI-22з-1

ОПП «Агроінженерія»

спеціальності 208 «Агроінженерія»

_____Пластун Сергій Володимирович

« _____ » 2026 р.

Керівник проекту

доцент, канд.техн.наук

_____Ірина СИСОЛІНА

« _____ » 2026 р.

Рецензент _____Сергій ЛИСЕНКО

Центральноукраїнський національний технічний університет

Центр заочної та дистанційної освіти

Кафедра Сільськогосподарського машинобудування

Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Галузь знань 20 «Аграрні науки та продовольство»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Освітньо-наукова програма «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ Олексій ВАСИЛЬКОВСЬКИЙ

«___» _____ 2026 року

ЗАВДАННЯ НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗА ПЕРШИМ (БАКАЛАВРСЬКИМ) РІВНЕМ ВИЩОЇ ОСВІТИ ЗДОБУВАЧА ВИЩОЇ ОСВІТИ

_____ Пластуна Сергія Володимировича
прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи (проекту) Механізація вирощування озимого ячменя з удосконаленням зернотукової сівалки
2. Керівник роботи (проекту) Сисоліна Ірина Петрівна, к.т.н., доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
3. Строк подання роботи до захисту 20.06.2026 р.
4. Мета та завдання кваліфікаційної роботи Визначення проблем механізації вирощування озимого ячменя, знаходження шляхів удосконалення процесу посіву, що буде сприяти ресурсозбереженню і дозволить покращити технологічний процес та рентабельність виробництва
5. Перелік ілюстративного матеріалу 1. Технологічна карта на вирощування ячменя. 2..Загальний вигляд сівалки. 3. Складальне креслення загортаюча секція. 4. Креслення деталей ротора.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Виконання розділу «Вступ»	.	
2	Виконання розділу «Аналіз типової технології вирощування культури з визначенням шляхів її удосконалення»	.	
3	Виконання розділу «Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування культури»		
4	Виконання розділу «Інженерна частина»		
5	Виконання розділу «Охорона праці».		
6	Формулювання загальних висновків. Оформлення пояснювальної записки та ілюстративної частини. Підготовка до захисту.		

Дата видачі завдання
« » 2026 р.

Підпис керівника
_____ (прізвище та ініціали)

Завдання прийнято до виконання
« » 2026 р.

Підпис здобувача _____ (прізвище та ініціали)

[illegible]

[illegible]

Анотація

В роботі проведено аналіз існуючих технологій вирощування ячменю. Досліджена операційна технологія виконання посіву. В інженерній частині був проведений огляд конструкторських особливостей посівної секції, що сприяв визначенню її модернізації, а також були зроблені технологічні, кінематичні розрахунки та на міцність для сівалки. Розглянуті заходи по охороні праці.

Ключові слова: ячмінь, зернотукова сівалка, посів, сошник, ротор

Abstract

The paper analyzes existing technologies for barley cultivation. The operational technology of sowing operations has been investigated. In the engineering section, an overview of the design features of the sowing section was carried out, which facilitated the determination of its modernization. Additionally, technological, kinematic, and strength calculations were performed for the seed drill. Health and safety measures have also been considered.

Keywords: barley, grain and fertilizer drill, sowing, furrow opener (coulter), rotor

ЗМІСТ

Номер розділу	Структурна одиниця і розділ	Сторінка
1	Вступ	7
2	Аналіз типової технології вирощування культури з визначенням шляхів її удосконалення	8
3	Операційна технологія виконання заданої операції з вирощування культури	18
4	Інженерна частина	28
5	Охорона праці	40
6	Висновки	42
-	Список використаної літератури	43

1. ВСТУП

Україна впевнено утримує статус одного з ключових гарантів глобальної продовольчої безпеки завдяки володінню колосальними ресурсами родючих земель. Високий експортний потенціал, стабільне забезпечення внутрішнього ринку продуктами харчування залежать від ефективності використання кожної одиниці орної площі.

Одним з основних етапів у вирощуванні зернових культур є процес сівби. Саме ця стадія закладає потенціал врожайності.

Питання оптимальних конструктивних рішень для сівалок залишається як пріоритетне завдання, яке досліджували і досліджують науковці, такі як: Войтюк Д. Г. [14], Заїка П. М. [4], Сисолін П. В. [11-13, 15], [2, 3] та ін.

Ключовими проблемами сучасної посівної техніки є низька якість дотримання глибини, проблема «двійників» та пропусків, надмірне ущільнення ґрунту, вплив рослинних решток.

Озимий ячмінь вимагає особливої уваги до рівномірності глибини загортання та своєчасного внесення стартових добрив для успішної перезимівлі [9]. На нерівних полях або ґрунтах із різною щільністю механічні системи не встигають адаптуватися, що призводить до нерівномірних сходів.

При роботі за технологіями No-Till або Mini-Till сошники часто забиваються або неякісно прорізають ґрунт, затилюючи соломі в борозну.

Удосконалення висівних систем сьогодні розглядається не просто як технічне завдання, а як необхідна умова для переходу до точного землеробства, що може забезпечити економічний ефект завдяки зростанню врожайності зернових культур.

					МВОЯ 00.000 ПЗ				
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Механізація вирощування озимого ячменя з удосконаленням зернотукової сівалки	Лім.	Арк.	Акрушів	
Розроб.	Плостун								
Перевір.	Сисоліна							7	44
						ЦНТУ, гр. АІ-223-1			
Н. контр.	Артеменко								
Затв.	Васильковський								

2. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛІЇ ВИРОЩУВАННЯ ЯЧМЕНЮ З ВИЗНАЧЕННЯМ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

2.1. Технологія вирощування ячменю

За температурними критеріями ячмінь належить до культур із відносно низькими вимогами до тепла. Початок біологічної активності та проростання зерна можливі вже за показників 1-2 °С, хоча інтенсивний розвиток відбувається за температури близько 20 °С. Початкові етапи вегетації характеризуються стійкістю сходів до короткочасного зниження температури навесні. Навпаки, фаза цвітіння є критичною, оскільки навіть незначні приморозки здатні пошкодити генеративні органи. На етапі формування та наливу зернівки ячмінь демонструє вищу термічну стійкість до спеки (навіть до 38-40 °С) порівняно з ярою пшеницею, що забезпечує стабільніші збори зерна в аридних регіонах. Крім того, нормальний розвиток цієї культури безпосередньо залежить від тривалості сонячного випромінювання, оскільки вона є рослиною довгого дня.

Комплексна оцінка технологічних переваг ячменю включає сукупність його морфологічних, біохімічних і структурних параметрів. За умови впровадження ефективних режимів переробки та раціонального менеджменту, ці характеристики безпосередньо впливають на глибину переробки, хід очищення, а також обсяги втрат цінних компонентів. Базові кондиції майбутнього врожаю закладаються під час вегетаційного періоду, тоді як на етапі післязбиральної доробки головним завданням стає максимізація збереження якості отриманої сировини на елеваторах.

Перехід до повної автоматизації всіх етапів вирощування та збирання потребує відповідності морфологічних параметрів рослин вимогам сучасних комбайнів і посівних комплексів. Для ліквідації капіталомістких ручних операцій із формування густоти посівів селекціонерами було створено інноваційні однонасінні форми. Раніше широке впровадження точного висіву гальмувалося незадовільною якістю насіннєвого матеріалу, значною часткою

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

багатонасінних фракцій та низькою схожістю. Сьогодні ці проблеми ефективно вирішуються завдяки генетичному вдосконаленню архітекtonіки рослин і переходу на сучасні високотехнологічні сорти з гарантованою одонасінністю.

Агротехнічний комплекс для отримання зерна високого класу передбачає неухильне виконання наступних регламентів:

- розміщення посівів виключно після науково обґрунтованих попередників із використанням сертифікованого насіння адаптованих до конкретної зони сортів;

- дотримання чітких календарних строків посівної кампанії для формування швидких, сильних та вирівняних сходів;

- високоякісна передпосівна підготовка орного шару разом із систематичним доглядом за посівами протягом усього періоду вегетації;

- проведення інтегрованого захисту посівів від забур'яненості, патогенів і комах-шкідників;

- регулювання та оптимізація водно-повітряного режиму кореневмісного шару ґрунту;

- оперативне проведення збиральних робіт у стислі терміни для запобігання осипанню зерна.

Для одержання доброго ґатунку урожаю, при вирощуванні ячменю, необхідно дотримуватися таких вимог:

- посів слід проводити після найкращих попередників насінням районованих сортів;

- сіяти в оптимальні строки ячмінь, для одержання дружніх і рівномірних сходів;

- якісно та своєчасно обробляти ґрунт перед сівбою, в період вегетації;

- проводити боротьбу з бур'янами, шкідниками та хворобами;

- підтримувати оптимальний режим вологості ґрунту;

- закінчувати збирання в оптимальні строки.

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

Середні статистичні показники продуктивності озимого ячменю на вітчизняних теренах зазвичай коливаються в межах 3,2–3,8 т/га. Проте за умови суворого дотримання інтенсивних технологій та збалансованого живлення реальний потенціал культури дозволяє стабільно збирати від 7,5 до 9,0 т/га. На практиці передових українських господарств планка у 8 т/га вже стала звичним технологічним результатом, тоді як абсолютний планетарний рекорд, зафіксований у Новій Зеландії (регіон Тімару), сягає вражаючих 13,8 т/га.

Завдяки біологічним особливостям озима форма значно випереджає яру за рівнем продуктивності, оскільки ефективно акумулює не лише осінні дощі, а й запаси талої води на початку весни. Дослідження профільних інститутів доводять, що оптимумом для проведення посівної кампанії є період із другої декади вересня до перших чисел жовтня. Зокрема, для умов Лісостепу ідеальним вікном вважається 20–24 вересня. Головне завдання агронома на цьому етапі - забезпечити входження рослин у зимовий спокій чітко у фазі кущіння.

Додатковою перевагою озимого ячменю є його ультрараннє дозрівання, що дозволяє уникнути згубного впливу літньої посухи та суховіїв, забезпечуючи формування виповненого, повновагого зерна. Загалом за традиційного вирощування збори стартують від 2–2,5 т/га, а оптимальний час для загортання насіння знову ж таки припадає на другу половину вересня та першу декаду жовтня.

У сівозміні найбільш капіталомістким та ефективним попередником визнано кукурудзу на зерно. Сама ж система підготовки орного шару повністю корелює з класичною агротехнікою, прийнятою для більшості озимих зернових культур.

Якщо посів здійснюється після соняшнику, першочергово виконують поверхневе лущення рослинних решток за допомогою важких дискових агрегатів на глибину 10–12 см, а за дефіциту продуктивної вологи - на 5–6 см. Після подрібнення стерні здійснюється точне внесення розрахованих норм органіки та туків із використанням сучасних високопродуктивних розкидачів.

Наступний етап передбачає глибокий обробіток ґрунту:

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

-Проведення полицевої оранки на 20–27 см в єдиному технологічному циклі з зубовим боронуванням;

-На важких за механічним складом землях - додатковий обробіток дисковими комплексами (наприклад, Lemken Rubin) або прохід культиватора для ретельного вирівнювання зябу;

-Фінішна передпосівна культивація з одночасним боронуванням чітко на глибину закладання насіннєвого матеріалу.

У розрізі сучасних систем землеробства виділяють три базові концепції підготовки площ до посівної:

1. Традиційна (класична): базується на обов'язковому обертанні пласта плугами та залученні широкого шлейфу допоміжних знарядь для створення ідеального насіннєвого ложа.

2. Мінімальна (Mini-till): виключає використання плугів, натомість передбачає розпушування безполицевими робочими органами за мінімальної кількості технологічних проходів техніки.

3. Нульова (No-till): повністю виключає будь-яке механічне втручання в структуру ґрунту після збирання попереднього врожаю, де висів здійснюється безпосередньо в стерню.

У межах інтенсивного вирощування глибина оранки зазвичай становить 25–27 см. Що стосується прямого висіву в стерню, то звичайний ячмінь адаптується до таких умов досить успішно. Проте цей метод є неприйнятним для пивоварних сортів через особливості їхньої кореневої системи, яка має слабку проникаючу здатність. За відсутності оптимальної пористої структури та пухкості ґрунту коріння пивоварного ячменю не здатне повноцінно розвиватися.

Організація системи живлення озимого ячменю базується на обсягах винесення поживних речовин. Для формування однієї тонни товарного зерна разом із відповідною масою соломи рослинам необхідно засвоїти: Азоту: 32–36 кг; Фосфору: 11–12 кг; Калію: 20–24 кг.

Ця зернова культура винятково чутливо реагує на рівень мінерального живлення. Високу агрономічну ефективність демонструє локальне внесення

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

фосфорних туків безпосередньо під час посівної кампанії в дозі 10 кг/га д.р. P_2O_5 . Такий підхід стимулює інтенсивний старт, прискорює фізіологічне загартування та суттєво підвищує коефіцієнт успішної перезимівлі озимини. Максимальні показники морозостійкості формуються за умови осіннього збагачення ґрунту фосфорно-калійними комплексами в межах 40–50 кг/га діючої речовини. Практичний досвід підтверджує, що регенерація посівів за допомогою ранньовесняного підживлення аміачною селітрою (NH_4NO_3) забезпечує прибавку врожаю на рівні 3–4 ц/га.

Наступний стратегічний етап включає комплексну підготовку насіннєвого матеріалу. Для посіву відбирають виключно кондиційну сировину першого чи другого класу, яка повністю відповідає вимогам державних стандартів. Надійна профілактика хвороб досягається шляхом передпосівного протруювання такими фунгіцидними препаратами, як Вітавакс (у нормі 3 л/т), Вінцит, Кінто Дуо (3–3,5 л/т), Ранкона та ін. Технологічну операцію знезараження виконують за допомогою спеціалізованих мобільних чи стаціонарних комплексів типу ПС-10 або Мобітокс. Зазвичай хімічний захист насіння здійснюють завчасно - за дві-чотири тижні до запланованого виходу в поле.

За умови ведення високоінтенсивного виробництва, використання дорогого потенціалу передових сортів чи гібридів, а також на тлі високих норм мінерального живлення виникає загроза масового поширення листових плямистостей. Цей негативний тренд є типовим для Західного регіону, зони Полісся, а також Північних і Центральних областей України. У таких специфічних обставинах економічно виправданим стає залучення преміального інноваційного протравлювача Систива. Для досягнення максимального захисного екрана та стимуляції фізіологічних процесів ячменю доцільно застосовувати суміші або готові препарати на основі комбінації трьох діючих речовин: флуксапіроксаду, тритіконазолу та флудіоксонілу. Така трикомпонентна система гарантує пролонгований захист сходів, формує потужну розгалужену кореневу архітектуру та повністю нівелює загрозу від раннього ураження патогенами.

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

Особливості обробітку ґрунту під озимину залежать від стану поля після збирання попередника. Якщо ячмінь розміщують після якісно доглянутих просапних культур пізніх строків збирання, глибоку оранку можна ефективно замінити поверхневим дискуванням (за потреби у два сліди) з подальшою передпосівною культивуацією та боронуванням. Проте якщо орний горизонт забур'янений коренепаростковими видами або сильно переущільнений важкою технікою, класичний обробіток плугом із зубовими боролами є суворо обов'язковим. Завдяки унікальній здатності звільняти площі на початку літа, озимий ячмінь є відмінним попередником у сівозміні для багатьох наступних культур.

Для закладання масиву можуть застосовуватися різні схеми розміщення рослин на площі: класичний суцільний рядовий посів, перехресний метод, звужені міжряддя, а також смугові технології. На окрему увагу заслуговує система подвійних рядків Twin Row, яка реалізується за допомогою пневматичних сівалок точного висіву, що є критично важливим під час роботи з високопродуктивним гібридним насінням.

Подальший догляд за посівами спрямований на створення бездефіцитного режиму живлення та організацію надійної системи інтегрованого захисту від вилягання, бур'янів, комах і збудників інфекцій. Комплекс щоденних агротехнічних заходів складається з таких обов'язкових кроків:

- післяпосівне ущільнення верхнього шару ґрунту за допомогою кільчасто-шпорових котків для покращення контакту насіння з вологою, а також весняне закриття вологи зубовими боролами;

- ранньовесняна регенераційна азотна підтримка в період відновлення вегетації з повторним внесенням аміачної селітри на етапі виходу рослин у трубку.

Для надійного контролю інфекційного фону фунгіцидні обробки рекомендується здійснювати у чотири чітко розмежовані фази:

Етап кушіння: обприскування спрямоване на збереження цілісності перших листків, що дає змогу рослині активно продукувати асимілянти для формування повноцінних бічних пагонів;

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

Початок виходу в трубку: саме в цей момент відбувається закладання майбутніх елементів продуктивності. Розвиток хвороб на даному етапі руйнує асиміляційну поверхню, через що формується недорозвинений та низькопродуктивний колос;

Фаза прапорцевого листка: захист верхнього ярусу листя гарантує його активне функціонування аж до настання воскової стиглості, забезпечуючи безперебійний приплив пластичних речовин для наливу зернівок;

Період колосіння: фінішна обробка захищає безпосередньо генеративні органи від інфікування.

Хімічне очищення посівів від бур'янів за допомогою гербіцидів має бути завершене до середини фази кушіння. Агроному слід пам'ятати, що препарати групи сульфонілсечовин здатні чинити ретардантний ефект та негативно впливати на фінальну масу 1000 зерен, тому їхнє залучення потребує зваженого підходу та точного дозування.

Збиральна кампанія озимого ячменю має свою специфіку, оскільки ця культура є досить складною для якісного обмолоту. Через високу жорсткість рослинних тканин та схильність остюків чіплятися за соломку, процес сепарації зерна у барабані комбайна потребує ретельного налаштування робочих органів.

Прямі жнива озимого ячменю зазвичай стартують наприкінці червня або на початку липня, що на кілька тижнів випереджає строки збирання ярих зернових. У фазі повної стиглості стеблостій стає ламким, а колосся починає никнути, що за найменшого зволікання призводить до масового самоосипання. Залежно від стану посівів використовують два базові підходи: традиційне пряме комбайнування (однофазний метод) або роздільний спосіб із косінням у валки (двофазний метод). Якщо строки оптимуму пропущені, єдиним правильним рішенням є негайне застосування однофазного збирання на низькому зрізі.

Отже, ключовим інструментом успішного виробництва є розробка адаптивної технологічної карти. Вона повинна базуватися на балансі між витратами енергетичних ресурсів та мінімізацією ризиків втрати біологічного потенціалу врожаю на кожному етапі вегетації.

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

2.2. Розробка технологічної карти по вирощуванню та збиранню озимого ячменю

Технологічна карта - це планово-економічний документ є ключовою основою для раціонального моделювання та оперативного керування аграрним бізнесом. У його структурі відображається детальний покроковий алгоритм механізованих процесів, зафіксованих у суворому хронологічному порядку. Карта дозволяє чітко скоординувати тривалість польових робіт, склад машинно-тракторних комплексів, кількість задіяного персоналу, нормативну продуктивність техніки за годину та зміну, питомі витрати дизельного палива, а також сукупні фінансові та трудові витрати на одиницю площі.

Завдяки завчасному складанню такого інженерного регламенту здійснюється стратегічне прогнозування виробничих витрат, а безпосередньо під час виконання польових операцій суттєво спрощується диспетчеризація та контроль якості робіт. Приклад побудови графіка для вирощування зернової культури за інтенсивною схемою з оптимізованим мінеральним живленням представлено в аналітичних додатках до проекту.

Проводимо розрахунок однієї з операцій по технології вирощування озимого ячменю. За операцію, згідно з завданням, вибираємо посів озимого ячменю.

Графа 1 – нумерація операції в загальній структурі технологічного ланцюжка.

Графа 2 – найменування робіт – посів озимого ячменю з нормою висіву 3,5–5,0 млн. шт./га (близько 140–230 кг/га, залежно від маси тисячі зерен). Одночасно в рядки вносяться стартові мінеральні добрива обсягом 50–80 кг/га для стимуляції осіннього кушення

Графа 3 – одиниця виміру обсягу роботи.

Графа 4 –обсяг робіт (загальний). Площа посівного масиву становить 100 га.

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

Графа 5 – оптимальний календарний термін початку виконати роботи. Спираючись на багаторічні погодні умови регіону, початком операції визначено 29 вересня.

Графа 6 – календарний термін закінчення виконати роботи. Оскільки нормативний період для якісного зароблення насіння цієї культури обмежений 4 днями, фінальною датою завершення робіт є 2 жовтня.

Графа 7 – тривалість однієї робочої зміни – 8 год.

Графа 8 – тривалість процесу. Кількість необхідного робочого часу вираховується через зіставлення загальних обсягів та добової інтенсивності за формулою

$$n_{\partial} = \frac{Q_p}{W_{зм} \cdot n_{зм}}, \quad (2.1)$$

де Q_p – сукупний обсяг польових робіт, $Q_p = 100$ га;

$n_{зм}$ – кількість змін роботи, приймаємо $n_{зм} = 1$.

$$n_{\partial} = \frac{100}{71,93 \cdot 1} = 1,39.$$

Приймаємо 2 дні.

Графи 9, 10 – задають структуру посівного поїзда. Використовується швидкісний колісний трактор класу 3.0 (Т-150К), агрегатований за допомогою зчіпки з трьома сівалками СЗ-3,6А. Потреба в такій техніці вираховується за залежністю

$$N_a = \frac{Q_p}{H_{\epsilon} \cdot n_{зм} \cdot n_{\partial}} \quad (2.2)$$

де H_{ϵ} – норма виробітку агрегату за 8 год. (робочий день), $H_{\epsilon} = 71,93$ га.

$$N_a = \frac{100}{71,93 \cdot 1 \cdot 2} = 0,70$$

За результатами ділення для роботи затверджується 1 машино-тракторний агрегат.

Графа 11 – фіксує планову норму виробітку для конкретних умов поля. Згідно з попередніми розрахунками вона становить 27 га/зміну.

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

Графи 12, 13 – витрати праці, люд.год/га. Визначаємо за формулою

$$Z_{га} = \frac{n \cdot T_{зм}}{W_{зм} \cdot N_a} \quad (2.3)$$

де n – кількість обслуговуючого персоналу. Згідно з вимогами до машини, механізаторів – 1; допоміжних працівників – 1;

$$Z_{га} = \frac{2 \cdot 8}{71,93 \cdot 1} = 0,22 \text{ люд.год/га.}$$

Графи 14, 15 – оплата праці .

Графа 16 – обсяг споживання палива. Для посіву приймаємо $g_{га}=3$ л/га.

Аналогічні розрахунки проводяться для кожного наступного етапу (від передпосівної культивуації до комбайнового збирання та транспортування збіжжя), після чого формується кошторис собівартості виробництва продукції.

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

3. АНАЛІЗ ТИПОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ШЛЯХІВ ЇЇ УДОСКОНАЛЕННЯ

3.1. Особливості технології посіву

В умовах поточного економічного стану українського сільського господарства, при порівняльній оцінці сучасних сівалок варто звертати увагу на такі критерії:

- **Якість сівби:** Ключовий показник, що відображає рівномірність розподілу насіння по площі живлення.
- **Надійність:** Здатність сівалки стабільно виконувати технологічний процес сівби без збоїв.
- **Продуктивність:** Ефективність роботи машини, яка не повинна досягатися за рахунок погіршення якості сівби. Важливо пам'ятати, що перевищення оптимальних швидкостей висіву для багатьох сівалок є неприпустимим, оскільки це негативно впливає на технологічний процес.
- **Комбінованість:** Можливість сівалки інтегрувати додаткові функції, наприклад, для одночасного внесення стартової дози добрив. Це гарантує точне розміщення поживних речовин у зоні розвитку кореневої системи, що часто є єдиним джерелом підживлення для культури протягом сезону.
- **Універсальність:** У світлі обмежених фінансових можливостей агропідприємств, універсальні сівалки, здатні працювати з різними культурами та технологіями, мають значні переваги над вузькоспеціалізованими моделями.
- **Вартість:** Ціна сівалки повинна відображати її здатність повністю відповідати вищезазначеним вимогам, адже технологія сівби є фундаментальною для майбутнього врожаю, і помилки тут практично неможливо виправити без значних втрат.

Аспекти конструкції та роботи сівалок

Зернові сівалки традиційно забезпечують рядковий або смуговий посів. Дослідження їхніх конструкцій є важливим для розробки робочих органів, що забезпечують кращу рівномірність розподілу насіння по площі живлення.

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

Стерньові сівалки та технологія стерньового посіву поки що не набули широкого поширення в Україні. Це пов'язано зі збільшеним міжряддям (22 см), що може призводити до потенційних втрат врожаю порівняно з традиційними методами. Існуючі конструкції їхніх сошників часто недосконалі, оскільки не завжди гарантують якісне заробляння насіння в ґрунт і можуть створювати додатковий опір.

Щодо якості формування однонасінневого потоку, більшість відомих пневмомеханічних висівних апаратів демонструють схожий рівень ефективності та відповідають агротехнічним вимогам. Проте, на їхню роботу впливає як якість виготовлення самого апарату, так і якість посівного матеріалу.

Загортаючі елементи, призначені для заробляння насіння в ґрунт, мають безліч конструктивних варіацій на різних сівалках. Незважаючи на це, питання забезпечення необхідної якості заробляння насіння в різноманітних ґрунтово-кліматичних умовах досі залишаються відкритими.

Особливого розвитку набули навісні варіанти просапних сівалок, хоча вони мають певні обмеження, такі як перевантаження тракторів та знижена продуктивність. Перспективним напрямом розвитку є створення уніфікованих причіпних просапних сівалок з можливістю їх об'єднання у широкозахватні технологічні комплекси.

Ще один напрям, що набирає обертів - "прямий висів", який виконується при нульовій обробці ґрунту, та на даний час доступний лише багатим господарствам з якісною та культурною агротехнікою.

3.2. Підготовка поля до роботи

Попередній аудит стану посівних площ і прилеглих польових доріг є невід'ємною частиною логістичного менеджменту під час агротехнічних робіт. На цьому етапі оперативно усувають будь-які механічні перешкоди, сторонні предмети або аномалії рельєфу, які здатні спровокувати аварійні зупинки чи пошкодження широкозахватних комплексів.

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

Далі здійснюється точний вибір кінематичних параметрів, зокрема оптимальної траєкторії та вектора переміщення техніки. Паралельно розмічають межі розворотних зон, ділять загальну площу масиву на окремі технологічні загони, а також фіксують візуальні орієнтири для початкового проходу техніки. Щоб посівні секції працювали стабільно, а насіння закладалося на рівномірну глибину, рух сівалок намагаються організувати суворо перпендикулярно до попереднього напрямку зяблевої оранки або під косим кутом до векторів культивації. На великоконтурних полях, де протяжність робочого гону досягає або перевищує 1000 метрів, найбільш економічно доцільним є залучення загонного або класичного човникового методу руху робочих органів.

Для бездоганного орієнтування оператора початкову лінію руху посівного поїзда маркують за допомогою сигнальних віх. Ці орієнтири розташовують уздовж майбутнього треку з інтервалом 50–80 метрів, причому їхня щільність повинна гарантувати постійну видимість щонайменше трьох елементів одночасно з кабіни енергозасобу. Оптимальна висота таких індикаторних стійок становить 2,5–3 метри. При цьому дистанцію від крайньої межі поля до траєкторії першого проходу вираховують як половину робочої ширини захвату посівного агрегату.

Процедура виокремлення розворотних смуг є обов'язковою, якщо за природними периметрами ділянки немає вільного технологічного простору для безпечного маневрування машин. Параметри цієї зони зазвичай становлять від трьох до чотирьох робочих ширин використовуваної сівалки. Зовнішні рубежі розвороту відзначають реперами через кожні 100–150 метрів відносно поперечних меж. Фіксація лінії здійснюється шляхом попереднього проходу трактора, який залишає чіткий колійний слід, що слугує візуальним маркером для механізатора. Якщо планується човникова схема посіву, підготовка площі обмежується трасуванням поворотних коридорів з обох боків поля та маркуванням першої робочої лінії. Геометричне винесення меж розвороту виконують так: у кількох контрольних точках від країв масиву відміряють

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

потрібну ширину, встановлюють тимчасові прапорці, після чого внутрішню лінію остаточно проорюють одним корпусом тракторного плуга.

Для оптимізації руху машинно-тракторного комплексу під час посівної кампанії та мінімізації необоротних втрат палива на холості маневри, ширину робочого загону розраховують

$$C_{om} = \sqrt{16 \cdot \rho^2 + 2 \cdot L_p \cdot B_p}, \text{ м},$$

де ρ – найменший радіус розвороту посівного агрегату, м, з $\rho = 1,1 \cdot B_p \cdot 1,57$; який збільшується на величину коефіцієнта 1,57, оскільки робоча швидкість посівного комплексу на базі сівалки СЗ-3,6А зафіксована на рівні 8 км/год;

L_p – фактична протяжність робочого гону (довжина поля без урахування розворотних зон), м;

B_p – робоча ширина захвату машини, м.

Для нашого варіанту

$$\rho = 1,1 \cdot B_p \cdot 1,57 = 1,1 \cdot 10,8 \cdot 1,57 = 18,6 \text{ м}$$

Робоча довжина гону L_p визначається за формулою:

$$L_p = L_o - 2 \cdot E_\phi, \text{ м},$$

Для виконання класичного петльового розвороту на краях поля необхідно передбачити вільний простір. Розрахункова ширина цієї зони обчислюється за формулою:

$$E_p = 3 \cdot \rho + e,$$

де e – відстань виїзду посівного комплексу за межі контрольної лінії до початку здійснення маневру.

Цей показник безпосередньо зумовлений загальними габаритами техніки і розраховується через її лінійну кінематичну довжину:

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

де L_k – кінематична довжина агрегату, м.

Повна кінематична довжина складеного багатокomпонентного агрегату є сумою поздовжніх розмірів усіх його складових елементів: трактора, зчіпного

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

пристрою та безпосередньо причіпних машин. Розрахунок виконують за формулою:

$$L_k = l_m + l_{зч} + l_m, \text{ м},$$

де l_m , $l_{зч}$, l_m – відповідно кінематична довжина трактора, зчіпки та сільськогосподарської машини м.; для наведених умов $l_m=5,79$ м, $l_{зч}=3,6$ м, $l_m=4,5$ м.

Отже, кінематична довжина агрегату буде:

$$L_k = 5,79 + 3,6 + 4,5 = 13,89 \text{ м}$$

Довжина виїзду буде:

$$e = 0,6 \cdot 13,89 = 8,3 \text{ м}$$

Робоча довжина поворотної смуги:

$$E_p = 3 \cdot 18,6 + 8,3 = 64,1 \text{ м}$$



Рис. 3.1. Схема робочої ділянки

Отримані значення дозволяють обчислити кінцеву робочу ширину поворотної смуги для безпечного та безперешкодного виконання петльових маневрів колісного трактора з широкозахватним посівним обладнанням із умови

$$E_\phi = n \cdot B_p > E_p, \text{ м},$$

де n – коефіцієнт кратності ($E_p = 3 \cdot \rho + e$).

$$E_\phi = 6 \cdot 10,8 = 64,8 > 64,1 \text{ м}$$

Робоча довжина гону:

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

$$L_p = 2000 - 2 \cdot 64,8 = 1871,8 \text{ м.}$$

Оптимальна ширина заїмки:

$$C_{\text{опт}} = \sqrt{16 \cdot 18,6^2 + 2 \cdot 1871,8 \cdot 10,8} = 202,5 \text{ м.}$$

Фактичне значення ширини заїмки уточнюємо:

$$C_{\phi} = n \cdot 2 \cdot B_p > C_{\text{опт}}, \text{ м,}$$

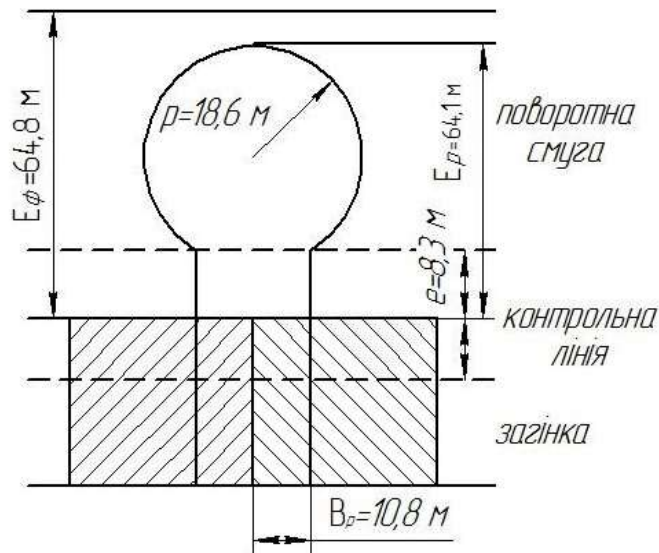


Рис. 3.2. Схема повороту

де n – коефіцієнт кратності ($n=1, 2, 3\dots$).

В нашому варіанті

$$C_{\phi} = 10 \cdot 2 \cdot 10,8 = 218 > 202,5 \text{ м.}$$

Визначаємо коефіцієнт робочих ходів ϕ :

$$\phi = \frac{S_p}{S_p + S_x},$$

де S_p , S_x – сумарна довжина робочих та холостих ходів, м.

$$S_p = \frac{L_{\phi} \cdot C_{\phi}}{B_p}, \text{ м,}$$

$$S_p = \frac{1871,8 \cdot 202,5}{10,8} = 35096,2 \text{ м.}$$

$$S_x = \frac{L_x \cdot (C_\phi + 2E_\phi)}{B_p}, \text{ м,}$$

де L_x – довжина холостого ходу за один прохід агрегату (враховує спосіб руху, вид повороту та ширину).

Для човникового способу руху з грушоподібним видом повороту довжина холостого ходу:

$$L_x = 6 \cdot \rho + 2 \cdot e, \text{ м,}$$

$$\text{Звідки } L_x = 6 \cdot 18,6 + 2 \cdot 8,3 = 128,2 \text{ м}$$

$$S_x = \frac{128,2(138,42 + 2 \cdot 64,1)}{10,8} = 24,6 \text{ м.}$$

Коефіцієнт робочих ходів в нашому випадку:

$$\varphi = \frac{35096,2}{35096,2 + 3925,5} = 0,81$$

3.3. Організація роботи агрегату в загінці

Агрегат 1-й раз проходить: трактор орієнтується на пробку радіатора по лінії сигнальних прапорців. При проходженні 2го разу перевіряється і регулюється глибина посіву насіння і довжина виходу маркера. Норма висіву контролюється у всіх посівних апаратах, перекопуючи ряди по всій ширині захвату сівалки, довжиною 10-12 м.

Висівається поворотна смуга після другого проходу агрегату. Після проходу 3й раз через основне поле також засівають другу поворотну смугу. Потім посів проводять в основному полі, обертаючи агрегати уздовж засіяних поворотних смуг.

У робоче положення сівалку опускають лише на ходу, для того щоб запобігти забиванню сошників ґрунтом. Маркери сівалок піднімають саме перед поворотом агрегату. Проводячи посівні роботи, стежать за роботою приладів контролю якості висіву насіння та рівняють насіння в бункерах.

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

Показники організації посіву.

Довжина шляху між заправками:

$$l = \frac{10^{-4} \cdot V \cdot K_a \cdot \gamma}{B_p \cdot H}, \text{ м}$$

де V – обсяг зернового бункера, $V=0,453 \text{ м}^3$;

K_a – коефіцієнт використання обсягу ($K_a = 0,85-1,0$; приймаємо $K_a = 0,95$);

γ – густина матеріалу, $\gamma = 840 \text{ кг/м}^3$;

H – норма висіву ячменю, $H=200 \text{ кг/га}$.

$$l = \frac{10^{-4} \cdot 0,453 \cdot 0,95 \cdot 840}{10,8 \cdot 200} = 1445$$

Кількість робочих проходів між заправками:

$$n_p = \frac{l}{L}$$

$$n_p = \frac{1445}{1000} = 1,4$$

Термін чистої роботи в одному циклі T_{pc} , год:

$$T_{pc} = \frac{10^{-3} \cdot L \cdot n_p}{V_p}$$

$$T_{pc} = \frac{10^{-3} \cdot 1000 \cdot 1}{3,75} = 0,27$$

Кількість циклів за зміну:

$$n_{\text{ц}} = \frac{T_{\text{зм}}^{\text{н}} - (T_{\text{то}} + T_{\text{пер}} + T_{\text{ф}})}{T_{\text{ц}}}, \text{ цикл / зм.}$$

де $T_{\text{зм}}^{\text{н}}$ – час робочої зміни, $T_{\text{зм}}^{\text{н}}=7 \text{ год}$.

$T_{\text{то}}$ – час технічного обслуговування, $T_{\text{то}}=0,025T_{\text{зм}}^{\text{н}}=0,175 \text{ год}$.

$T_{\text{пер}}$ – час на переїзди, відпочинок, $T_{\text{пер}}=0,025T_{\text{зм}}^{\text{н}}=0,175 \text{ год}$.

$$n_{\text{ц}} = \frac{7 - (0,175 + 0,175 + 0,175)}{0,20} = 32$$

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

Коефіцієнт використання часу зміни (1,5 зміни):

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм}}$$

$$\tau = \frac{8,64}{7 \cdot 1,5},$$

Продуктивність за годину зміни, га/год:

$$W_{год} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau,$$

де B_p – робоча ширина захвату машини, м;

V_p – робоча швидкість машини (агрегату), км/год.

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

$$W_{год} = 0,1 \cdot 10,8 \cdot 3,75 \cdot 0,82 = 3,32$$

Продуктивність за зміну:

$$W_{зм} = W_{год} \cdot T_{зм}$$

$$W_{зм} = 3,32 \cdot 7 = 23,24 \text{ га/зм}$$

Витрата пального за годину, кг/год:

$$G_{год} = \frac{G_p \cdot T_p + G_x \cdot T_x + G_o \cdot T_o}{T_p + T_x + T_o}$$

де G_p , G_x , G_o – витрати пального за годину відповідно при робочому ході агрегату під навантаженням; при холостому (на поворотах, заїздах і переїздах), на зупинках з працюючим двигуном;

T_p , T_x , T_o – чистий робочий час; час холостих поворотів, заїздів і переїздів; час зупинок з працюючим двигуном, год.

$$G_{год} = \frac{15 \cdot 4 + 6 \cdot 0,24 + 1,4 \cdot 0,72}{4 + 0,24 + 0,72} = 12,5$$

Витрати пального, кг/год

$$G_{за} = \frac{G_{год}}{W_{год}}$$

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

$$G_{\text{га}} = \frac{12,5}{3,32} = 3,75$$

Витрати пального за зміну, кг/зм:

$$G_{\text{зм}} = W_{\text{зм}} \cdot G_{\text{га}}$$

$$G_{\text{зм}} = 23,24 \cdot 3,75 = 87,15$$

Технічна продуктивність, га/цикл:

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

$$W_{\text{цикл}} = \frac{23,24}{32} = 0,72$$

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

4. ІНЖЕНЕРНА ЧАСТИНА

4.1. Досвід світових та вітчизняних виробників

Як іноземні, так і вітчизняні компанії активно займаються дослідженнями та розробками в галузі посівної техніки:

- Німецька компанія LEMKEN виробляє комплекс "Компакт-Солітер" (Compact-Solitaire). Ця сівальна система, крім основного посіву, забезпечує внесення мінеральних добрив у міжрядний простір та обробіток ґрунту за допомогою дискової борони. Її дводисковий сошник OptiDisc з прикочувальним котком, обладнаним гумовою шиною, гарантує рівномірне розміщення зернового матеріалу на оптимальну глибину, стимулюючи формування потужної кореневої системи та синхронний розвиток рослинних організмів. Коригування тиску сошників на ґрунтову поверхню реалізується через гідравлічну нагнітальну систему. Комплекс може ефективно використовуватися в різноманітних агротехнологічних системах: традиційній методиці (з оранкою), консервуючій технології (глибоке розпушування зі збереженням 70% органічних решток), мульчувальній обробці (поверхнєве розпушування з переміщенням решток на глибину до 10 сантиметрів, повне підрізання бур'янової рослинності та заробка насіння, збереження до 15 міліметрів продуктивної вологи) та прямій сівбі (з елементами mini-till технології, збереженням рослинних решток та обробітком на глибину заробки посівного матеріалу).

- Українська компанія "Агро-Союз" (м. Дніпро) випускає багатофункціональну сівалку "Агро-Союз FM-3090" подвійного призначення, яка ефективно працює як з зерновими, так і з просапними культурами. Конструктивне рішення передбачає двосекційний бункерний відсік для зберігання посівного матеріалу та мінеральних добрив. При висіванні просапних культур методом точного дозування машина здійснює внесення добрив під рівень розміщення насіння, що ефективно запобігає хімічному пошкодженню зернового матеріалу.

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

- Приватне підприємство ПКФ "Велес-Агро" (Україна) випускає серію зернових сівалок ZTS з експлуатаційною шириною захвату 4 метри. Ці сівальні агрегати призначаються для рядкового висівання зернових, бобових, технічних культур, трав'янистих рослин, овочевих культур та їх сумішей за традиційними та мінімальними технологіями обробітку ґрунтового покриву (mini-till). Машини розроблялися для експлуатаційних умов, де посівні роботи здійснюються після мінімального обробітку ґрунту дисковими плужними агрегатами, що потребує зусилля тиску на сошниковий елемент 80-120 кілограмів та системи прикочування посівного матеріалу. Зміщене розташування дискових елементів сошника ефективно попереджає засмічення кам'янистими включеннями та забезпечує якісне різання пожнивних органічних решток. Прикочувально-регульовальне колесо гарантує рівномірне присипання насіннєвого матеріалу ґрунтовою масою, тоді як секція для мінеральних добрив виготовляється з корозійностійкої нержавіючої сталі. Причіпний варіант машини агрегується з тракторними агрегатами тягового класу 14кН.

- Існуючі моделі, такі як сівалки типу СЗ-3,6А, обладнані дводисковими сошниками, часто демонструють нерівномірний розподіл посівного матеріалу по глибині борозни – тільки 38-56% насіння залишається на глибині, що задана. Хоча дводисковий сошник ефективно працює на полях з оптимальною вологістю, не забивається та не нагортає ґрунт, він не завжди забезпечує якісне заробляння насіння на полях з недотриманою технологією підготовки ґрунту. Тому для найбільш якісної заробки насіння перевага надається сівалкам з наральниковими сошниками, що формують посівну борозну зі щільним ложем та укладають більшу частину насіння на однакову глибину.

Польова схожість посівного матеріалу визначається не лише конструктивними особливостями сівалки, але й рядом інших критично важливих чинників, включаючи якісні характеристики самого насіннєвого матеріалу, щільність контакту насіння з ґрунтовою структурою, оптимальні строки проведення посівних робіт та правильно визначену норму висіву.

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

Огляд таких досліджень позначився на розробці нової конструкції долотоподібного сошника (рис. 4.1), який покликаний забезпечити більш якісний висів насіння. Зернові сівальні агрегати з подібними сошниковими системами здатні ефективно виконувати посівні операції навіть на полях, забруднених залишковими стебловими частинами та бур'яною рослинністю.

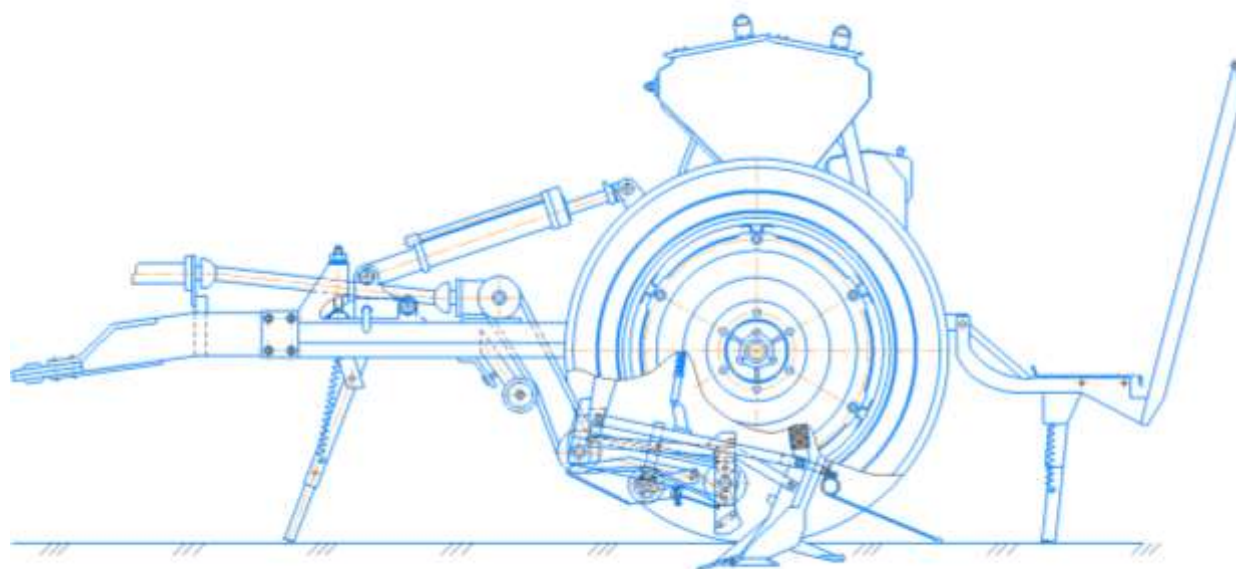


Рис. 4.1. Схема сівалки з долотоподібними сошниками

Така конструктивна особливість сошника дозволяє оптимізувати норми висівання та уникнути надмірних витрат посівного матеріалу для забезпечення необхідної густоти рослин на гектарі завдяки покращенню польової схожості насіння та динаміки рослинного розвитку. Стеблостій після проведення такої сівби характеризується більш вирівняною висотою рослин.

4.2. Технологічні розрахунки

4.2.1. Розрахунок ротора сошникової групи

Пристрої, які призначені для перерізання зрізаної рослинної маси на частинки (різку), називають – подрібнювальними апаратами.

Властивість робочого органу розділяти рослинну масу на окремі фрагменти шляхом передачі зусилля від привода через лезо безпосередньо до об'єкта обробки (рис. 4.2) визначають як його різальну здатність.

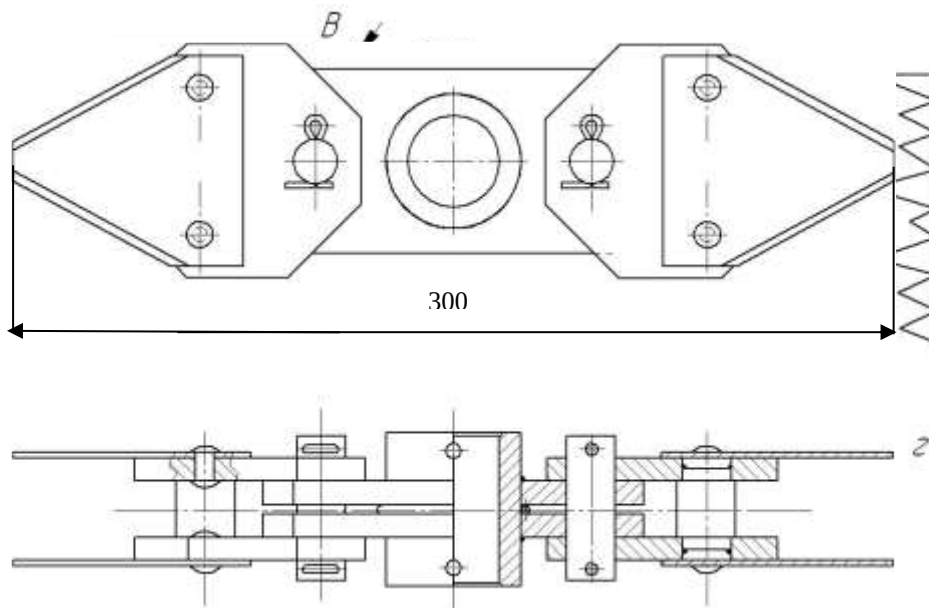


Рис. 4.2. Ротор сошникової групи

Ефективність цього процесу перебуває у зворотній залежності від витрат механічної енергії: що менше зусиль і корисної роботи витрачається на руйнування волокон, то вищими вважаються експлуатаційні характеристики сегмента.

На різальну здатність впливає низка геометричних та конструкційних чинників: поточний стан та мікроструктура різального краю; загальний радіус скруглення леза; значення кута заточування.

Різальна здатність змінюється у процесі застосування ножа, оскільки внаслідок спрацювання змінюються і зазначені параметри.

4.2.1.1. Елементи та параметри ножа

Різальна частина ножа має вигляд двогранного клина, незалежно від його форми (рис. 4.3).

Сила, що прикладена до клина, спричиняє значний тиск леза на матеріал, зв'язки між окремими частинами його руйнуються, тобто відбувається різання.

Кут загострення γ робочої частини ножа утворюється між AC та AB (двома гранями).

Місце зближення й перетину суміжних граней утворює безпосередньо лезо. При цьому робочу площину AB у технічній літературі прийнято називати фаскою.

Під технологічним критерієм гостроти (δ) розуміють умовний діаметр $2r$ уявного кола, яке математично можна вписати між робочими площинами фасок (рис. 4.3, в).

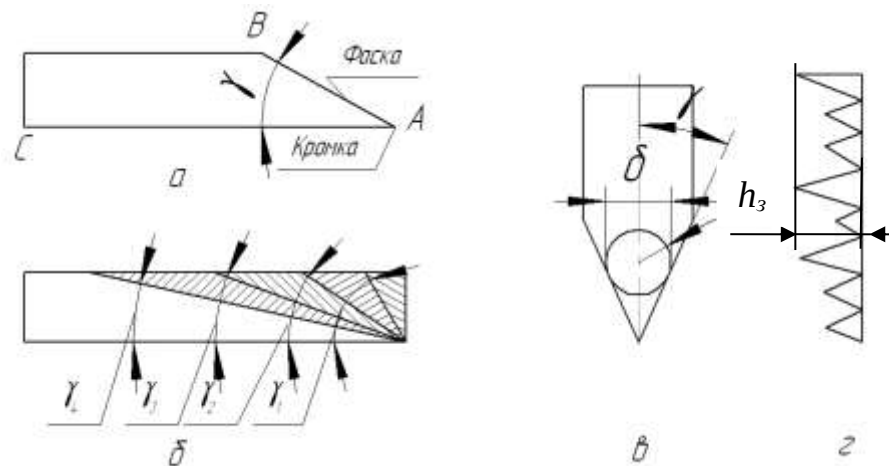


Рис. 4.3. Елементи і параметри ножа:

$a, б$ – кути загострення (γ); $в$ – гострота (δ); $г$ – стан різальної кромки

Процес зміни геометрії супроводжується певним фізичним компромісом. Якщо поступово зменшувати кут заточування від початкового значення γ_1 до мінімального γ_4 (рис. 4.3, б), показники проникнення інструмента у стебло суттєво покращуються. Проте водночас пропорційно знижується механічна міцність і зносостійкість сталевго клина, що підвищує ризик викришування металу.

Після проходження заточувальних верстатів лезо набуває специфічної структури, яка складається з безлічі мікроскопічних зубців різної висоти (рис.

					МВОЯ 00.000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		32

4.3, з). Лабораторні мікроскопічні дослідження із застосуванням еталонних шаблонів повністю підтвердили наукову гіпотезу: використання дрібнозернистих абразивних брусків дозволяє отримати мікропрофіль із мінімальною висотою нерівностей h_z , тоді як крупнозернистий інструмент формує значно більші й грубші виступи (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Залежності зубців від зернистості при загострюванні

Брусок (зернистість)	400...1000	2000...3000	4000...5000
Зубці (висота, мм)	0,5...0,25	0,2...0,05	до 0,001

4.2.1.2. Визначення траєкторії абсолютного руху ножа ротора

Ротор має вигляд круглого диска з 4 ножами (рис. 4.4).

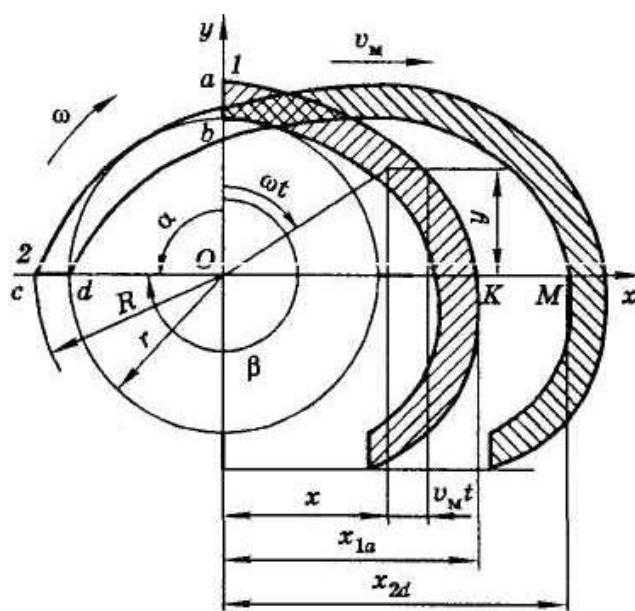


Рис. 4.4. Схема для визначення параметрів ротора сошникової групи

Основні параметри, що будемо розглядати:

r – радіус тримача (диска), на якому змонтовано різальні елементи (рис. 4.4),

R – максимальний радіус ротора, обчислений за крайніми точками сегментів,

α – кутове зміщення між суміжними робочими органами (ножами, які у вигляді прямих ліній ab і cd у відповідності 1-го і 2-го ножів).

Оскільки ротор має горизонтальну вісь обертання, то беремо прямокутну систему координат. Сільськогосподарський агрегат здійснює поступальний рух зі швидкістю v_M вздовж координатної осі x . Одночасно з цим різальний апарат обертається з кутовою швидкістю ω за годинниковою стрілкою.

У момент кутового зсуву першого сегмента на кут ωt параметри траєкторії для характерних точок a і b описуються відповідною системою рівнянь

$$\begin{cases} x_a = R \sin \omega t + v_M t; \\ x_b = r \sin \omega t + v_M t; \end{cases} \quad (4.1)$$

$$\begin{cases} y_a = R \cos \omega t; \\ y_b = r \cos \omega t. \end{cases} \quad (4.2)$$

Різання стебел рослин супроводжується дією динамічною різального інструменту.

Швидкість різання являє собою функцією багатьох змінних, а саме товщини леза, кута заточки та нахилу ножа, жорсткості й вологості стебел рослин тощо.

4.2.2. Кутова швидкість ротора

Вихідними передумовами до розрахунку кутової швидкості ротора є рівняння (4.1) і (4.2), тобто

$$\begin{aligned} x_a &= R \sin \omega t + v_M t; \\ y_a &= R \cos \omega t. \end{aligned}$$

Швидкість ножа у напрямку вісі O_x та вісі O_y відповідно:

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

$$\left. \begin{aligned} u_x &= \frac{dx_a}{dt} = \dot{x}_a = R\omega \cos \omega t + v_M; \\ u_y &= \frac{dy_a}{dt} = \dot{y}_a = -R\omega \sin \omega t, \end{aligned} \right\} \quad (4.3)$$

то абсолютна швидкість ножа

$$u_a = \sqrt{\dot{x}_a^2 + \dot{y}_a^2},$$

або

$$u_a = \sqrt{(R\omega \cos \omega t + v_M)^2 + (-R\omega \sin \omega t)^2},$$

або

$$u_a = \sqrt{R^2\omega^2 + 2v_MR\omega \cos \omega t + v_M^2} = \sqrt{(R\omega \pm v_M)^2}. \quad (4.4)$$

Із залежності (4.4) можна побачити, що максимальне значення абсолютної швидкості ножа буде при $\omega t = 0$, тоді як мінімальне – при $\omega t = \pi$, тобто

$$\left. \begin{aligned} u_{a \max} &= R\omega + v_M; \\ u_{a \min} &= R\omega - v_M. \end{aligned} \right\} \quad (4.5)$$

Для якісного відокремлення стебла без використання протирізальної пластини (безпідпирний зріз) нижня межа абсолютної швидкості робочого органу повинна дорівнювати або перевищувати критичну швидкість руйнування волокон v_P

$$u_{a \min} \geq v_P.$$

Підставляючи у цю нерівність значення мінімальної швидкості з рівняння (4.5), отримуємо граничне співвідношення

$$R\omega - v_M \geq v_P,$$

Визначаємо мінімально допустиму кутову швидкість обертання ротора

$$\omega \geq \frac{v_P + v_M}{R}. \quad (4.6)$$

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

У сучасних конструкціях високопродуктивних ротаційних косарок цей показник зазвичай підтримується в межах від 150 до 300 рад/с. Точний розрахунок кутової швидкості ω вимагає попереднього знання радіуса ротора R та фізико-механічних характеристик (v_p). Робочу швидкість руху самого трактора v_p обирають комплексно, зважаючи на рельєф, щільність травостою та планову продуктивність збирального комплексу.

Швидкість (v_p) для певного виду рослин і при відповідних геометричних параметрах ножа буде різною. Тому v_p , як правило, визначають експериментально.

Так, під час різання без опори зварним сегментом швидкість різання для кукурудзи та конопель становить 3...10 м/с, люпину – 11...15 м/с, тимофіївки – 30...35 м/с, різнотрав'я на луках – 65 м/с.

Кутову швидкість ротора приймаємо 12 м/с.

Визначаємо довжину кола ротора за допомогою формули

$$2\pi \cdot R = 2 \cdot 3,14 \cdot 150 = 942 \text{ мм} = 94,2 \text{ см}$$

Якщо нам відома кутова швидкість то ми можемо визначити необхідну кількість обертів.

$$12 \cdot 60 = 720 \text{ об/хв.}$$

4.3. Кінематичний розрахунок

Проведемо розрахунок пасової передачі приводу ротора

Так як вал відбору потужності має швидкість обертання 540 об/хв, то за допомогою різниці в діаметрах шківів клинопасової передачі ми досягнемо необхідних обертів а саме 720 об/хв на роторі.

Визначаємо передаточне відношення:

$$\frac{720}{540} = 1,33$$

Тобто різниця в діаметрах шківів буде рівна в 1,33 раз.

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

Діаметр меншого шківa беремо 150 мм. І відповідно діаметр більшого шківa і він же являється приводним становить 199,5 мм приймаємо 200 мм. Кінематика пасової передачі показано на рис. 4.5.

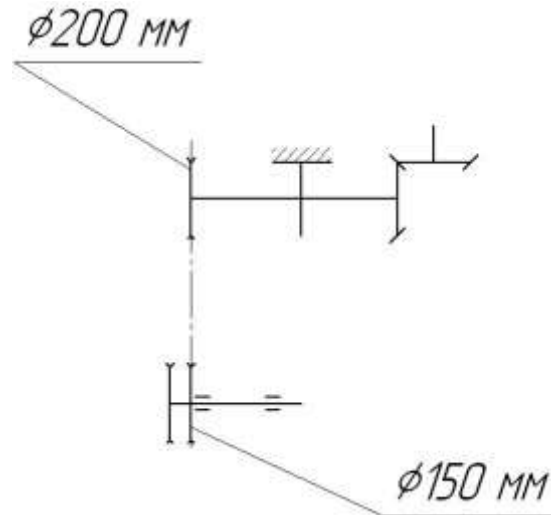


Рис. 4.5. Кінематика пасової передачі приводу ротора

Основні геометричні характеристики клинопасового ременя є модуль m і довжина ременя L .

Модуль ременя розраховується за формулою:

$$m = 35 \sqrt[3]{P \div n_1} ,$$

де P – потужність, кВт, $P = 3,3$ кВт;

n_1 – число обертів, об/хв., $n = 540$ об/хв.

$$m = 35 \sqrt[3]{3,3 \div 540} = 6.3$$

Міжосьова відстань розраховується:

$$a' = (0,5 \dots 2,0)(d_{p1} + d_{p2}) ,$$

де d_{p1}, d_{p2} – ділильні діаметри шківів

$$d_{p1} = 200 \text{ мм}$$

$$d_{p2} = 150 \text{ мм}$$

$$a' = 1,5 \cdot (200 + 150) = 525 \text{ мм.}$$

Попереднє значення довжини ремня L' розраховуємо за формулою:

$$L' = \frac{2a + \pi(d_{p1} + d_{p2})}{2 + \frac{(d_{p1} - d_{p2})^2}{(4a')}} \quad (4a')$$

$$L' = \frac{2 \cdot 525 + 3,14(200 + 150)}{2 + \frac{(200 - 150)^2}{(4 \cdot 525)}} = 1112,75 \text{ мм.}$$

Приймаємо $L = 1120 \text{ мм.}$

Отже, в результаті проведеного дослідження було підтверджено доцільність удосконалення сошникової групи через застосування ротора та визначені його основні елементи і параметри (двогранний клин, кути загострення та стан різальної кромки). Визначалися залежності мікрозубців від зернистості бруска при загострюванні робочої частини ножа.

Визначена траєкторія абсолютного руху ножа ротора. Кутова швидкість за розрахунками прийнята в розмірі 12 м/с, довжина кола ротора – 94,2 см.

Визначені основні параметри пасової передачі приводу ротора: передаточне відношення – 1,33, і завдяки цьому розраховані діаметри шківів, а також попереднє значення довжини ремня, $L=1120 \text{ мм.}$

4.4. Розрахунки на міцність

4.4.1. Розрахунок шпонки

З'єднання валів із зірочками ланцюгової передачі здійснюється шпонками 6×6×16 ГОСТ 23360 – 76.

					МВОЯ 00.000 ПЗ	Арк.
						38
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

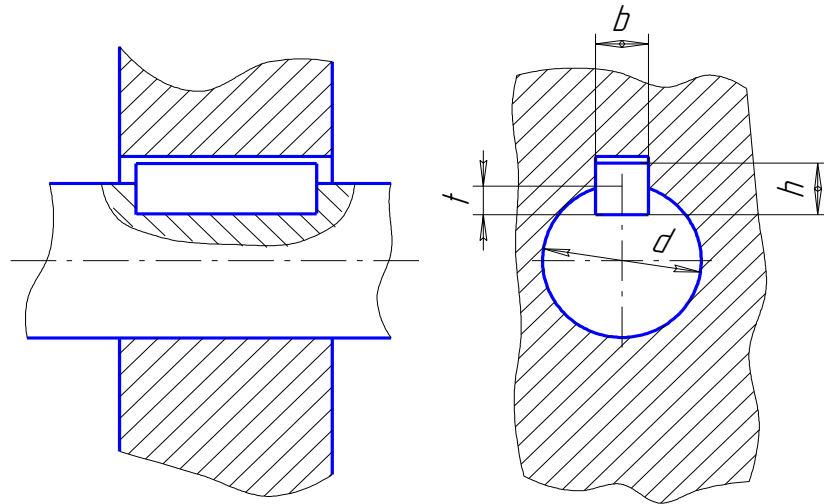


Рис. 4.6. Шпонкове з'єднання

Проведемо перевірочний розрахунок шпонки. Найбільш напруженою частиною шпонки є частина на валу колеса, яке передає крутний момент:

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{2 \cdot M_{\text{кр}}}{d(h-t)l_p} \leq [\sigma],$$

де $M_{\text{кр}}$ – передаваний крутний момент, $M_{\text{кр}} = 31,8 \text{ Нм}$;

d – діаметр вала, $d = 20 \text{ мм}$;

h – висота шпонки, $h = 6$;

t – глибина шпонки, $t = 3,5 \text{ мм}$;

$l_p = l - b$ – робоча довжина шпонки;

b – ширина шпонки, $b = 6 \text{ мм}$;

$[\sigma]$ – допустиме статичне напруження, $[\sigma] = 500 \text{ МПа}$.

$$l_p = 16 - 6 = 10 \text{ мм}$$

$$\sigma_{\text{ст}} = \frac{2 \cdot 31,8 \cdot 10^3}{20(6 - 3,5)10} = 127,2 \text{ МПа}$$

$$127,2 \text{ МПа} < 500 \text{ МПа}$$

Отже, шпонка в змозі витримувати довгочасне напруження.

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

5. ОХОРОНА ПРАЦІ

5.1. Ідентифікація небезпечних чинників та загальний інженерно-технічний захист

Експлуатація сучасних широкозахватних посівних комплексів, включаючи класичні зернотукові модифікації сівалок типу СЗ, супроводжується впливом комплексу шкідливих і потенційно небезпечних виробничих факторів. Під час виконання технологічних операцій на механізаторів та сівальників діють значні динамічні навантаження, пилове засмічення робочої зони, а також ризик защемлення рухомими деталями приводів.

З метою недопущення виробничого травматизму, мінімізації професійних захворювань та підтримання належного рівня стійкості агрофірми, весь задіяний персонал зобов'язаний суворо дотримуватися регламентованих інструкцій з безпеки праці та галузевих санітарних норм.

5.2. Законодавчі обмеження щодо допуску кадрів та обов'язковий медичний огляд

Окрему увагу в системі кадрової безпеки рослинницької галузі приділено операціям, пов'язаним із завантаженням, транспортуванням та внесенням мінеральних добрив або хімічно обробленого (протруєного) насіннєвого матеріалу.

Діючими нормативно-правовими актами України категорично заборонено залучати до зазначених робіт такі категорії громадян:

- Осіб, які на момент початку посівної кампанії не досягли повноліття (віком до 18 років);
- Жінок у період вагітності;
- Матерів, які здійснюють годування немовлят грудним молоком.

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

Усі без винятку члени механізованих загонів та допоміжний персонал, які безпосередньо контактують з агрохімікатами та пестицидами, в обов'язковому порядку проходять попередній та періодичні профільні медичні огляди. За наявності найменших протипоказань або ознак алергічних реакцій допуск робітників до завантажувальних бункерів сівалок повністю блокується.

5.3. Технічний аудит та передпусковий сервіс за стандартами надійності

Безпосередньо перед виїздом машинно-тракторного агрегату в поле та початком масового засівання площ, інженерна служба господарства разом із механізатором має здійснити повний технічний аудит обладнання. Ретельному візуальному та інструментальному контролю піддають комплектність деталей, цілісність рамних конструкцій, а також функціональну здатність усіх передавальних механізмів посівної машини.

Особливу увагу приділяють перевірці надійності кріплень та щільності затягування всіх різьбових з'єднань, шплінтів і контргайок. Оскільки під час руху по нерівному рельєфу поля зернотукова сівалка зазнає постійного вібраційного впливу, слабо зафіксовані болти можуть спричинити раптове руйнування сошникових груп або дисків маркерів, що несе пряму загрозу здоров'ю обслуговуючого персоналу та призводить до тривалих простоїв техніки.

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

6. ВИСНОВКИ

В роботі проведено аналіз існуючих технологій вирощування ячменю, визначені особливості цієї культури та проблеми механізації її вирощування. Розглянуті три базові концепції підготовки площ до посівної. Розроблена технологічна карта по вирощуванню ячменя.

Досліджена операційна технологія виконання посіву. Наведені заходи по підготовці поля до роботи та організації роботи агрегату в загінці.

В інженерній частині був проведений огляд досліджень та розробок в галузі посівної техніки, конструкторських особливостей посівної секції, що сприяв визначенню її модернізації. Знаходження шляхів удосконалення процесу посіву буде сприяти ресурсозбереженню і дозволить покращити технологічний процес та рентабельність виробництва. Також були зроблені технологічні, кінематичні розрахунки та на міцність для сівалки.

Розглянуті заходи по охороні праці та техніці безпеки.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Анна Артим. Зернові сівалки: огляд сучасних моделей. *Всеукраїнський аграрний журнал «АгроЕліта»*. URL: <https://agroelita.info/zernovi-sivalky-ohliad-suchasnykh-modeley/>
2. Бендера І.М. Проектування сільськогосподарських машин : навч.-метод. посіб. для викон. курс. проектів з розробки с.-г. техніки при підготов. фахівців напряму "Процеси, машини та обладнання агропромислового виробництва" / І.М. Бендера, А.В. Рудь, Я.В. Козій, Д.Г. Войтюк, П.В. Сисолін; Поділ. держ. аграр.-техн. ун-т, Борщів. аграр. коледж. Кам'янець Поділ. : Сисин О.В. : Абетка, 2011. 639 с.
3. Гевко Р.Б., Ткаченко І.Г., Павх І.І. Машини сільськогосподарського виробництва. Тернопіль, 2005. 228 с.
4. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Т.1; Ч.2: Машини для сівби та садіння. Харків: ОКО, 2002. 452 с.
5. Інновації як фактор підвищення ефективності виробництва зерна: URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=2727>
6. Інноваційні технології в рослинництві: веб сайт. URL: https://repo.btu.kharkov.ua/bitstream/123456789/34879/1/MV_Innovatsiynni%20tekhnohohiyi_2023.pdf
7. Різновид сівалок та їх конструктивні особливості. *Журнал «VELES EURO TRADE»*. URL: <https://veles-euro.trade/sevalki-osnovnyye-vidy-funktsii-i-konstruktivnyye-osobennosti/>
8. Сисоліна І., Погорелов В. Перспективи напрямів розвитку механізації вирощування зернових культур. *Матеріали XIV Міжнародної науково-практичної конференції «Проблеми конструювання, виробництва та експлуатації сільськогосподарської техніки»*. Кропивницький: ЦНТУ. 2023. С.200-201.
9. Сисоліна І., Пластун С., Смиженко М. Проблеми та перспективи посівної техніки *Матеріали Всеукраїнської науково-практичної конференції*

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

«Досягнення та перспективи галузі виробництва, переробки і зберігання сільськогосподарської продукції». Кропивницький: ЦНТУ. 2026. С.35.

10. Сисоліна Н.П., Савеленко Г.В., Сисоліна І.П. Проблемні аспекти та перспективи інноваційного розвитку сільськогосподарського машинобудування. *Центральноукраїнський науковий вісник : Економічні науки*, вип. 1 (34). Кропивницький: ЦНТУ. 2018. С. 280-287.

<http://dspace.kntu.kr.ua/jspui/handle/123456789/8898>

11. Сисолін П.В. Звичайні підходи по створенню універсальних вітчизняних сівалок для сівби зернових культур. Кіровоград: "КОД", 2008, 84с.

12. Сисолін П.В., Сало В.М., Кропівний В.М. Сільськогосподарські машини: Теоретичні основи, конструкція, проектування / Під ред. М.І. Черновола. Київ: Урожай, 2001. 382с.

13. Сисолін П.В. Теорія, проектування та розрахунки посівних машин: Навч. посібник. Київ : ІСДО, 1994. 148 с.

14. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: Підручник / Д.Г. Войтюк, В.М. Барановський, В.М. Булгаков та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. Київ : Вища освіта, 2005. 464 с.

15. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування [Текст] : підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. "Машини та обладнання с.-г. виробництва". Кн. 2: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, Т.І. Рибак, В.М. Сало; За ред. М.І. Черновола. Київ : Урожай, 2002. 364 с.

16. Смакота Я. Озимий ячмінь: технологія вирощування, норми та терміни висіву *agroapp* 2023 <https://agroapp.com.ua/uk/blog/ozimij-yachmin-texnologiya-viroshhuvannya-normi-ta-termini-visivu/>

17. https://evgivanov.github.io/expl_html_book/addons/addon_11.html

18. <https://www.lnz.com.ua/agro>

19. superagronom.com

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