

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінжинірингу

До захисту
Допускається
Завідувач кафедри

Шуляк М.Л.

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

за магістерським рівнем вищої освіти

На тему: «Дослідження технологічного процесу вирощування озимого
ячменю з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи посівного
агрегату»

Виконав:

_____ (підпис)

_____ (Прізвище, ініціали)

Група:

Науковий керівник:

_____ (підпис)

_____ (Прізвище, ініціали)

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
СУМСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний

Кафедра агроінжинірингу
Ступінь вищої освіти «Магістр»
Спеціальність **208 Агроінженерія**

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри
агроінжинірингу

_____ Шуляк М.Л.

“__” _____ 202_ року

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ (МАГІСТЕРСЬКУ) РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ВИЩОЇ ОСВІТИ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. **Тема роботи:** Дослідження технологічного процесу вирощування озимого ячменю з обґрунтуванням параметрів і режиму роботи посівного агрегату _____,

керівник роботи: _____,

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом закладу вищої освіти від “__” _____ 202_ року
№ _____

2. **Строк подання здобувачем роботи:** “__” _____ 202_ року.

3. **Вихідні дані до роботи:** методичні матеріали, нормативні документи, наукові статті та монографії вітчизняних та зарубіжних дослідників _____.

4. **Зміст пояснювальної записки** (перелік питань, які потрібно розробити):

_____.

5. **Перелік графічного (ілюстративного) матеріалу:** _____

_____.

6. Консультанти розділів роботи:

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці			
Економічна частина			

7. Дата видачі завдання: “ ___ ” _____ 202_ року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Строк виконання етапів кваліфікаційної (магістерської) роботи	Погоджено з керівником кваліфікаційної (магістерської) роботи
1.	Аналіз літературних джерел з обраної тематики та написання вступу		
2.	Підготовка розділу «Розділ 1»		
3.	Підготовка розділу «Розділ 2»		
4.	Підготовка розділу «Розділ 3»		
5.	Підготовка розділу «Розділ 4»		
6.	Підготовка розділу «Розділ 5» та написання висновків		
7.	Подання роботи на перевірку унікальності		
8.	Подання роботи до експертної ради факультету		
9.	Подання роботи на рецензування		
10.	Подання до попереднього захисту		

Здобувач вищої освіти

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник кваліфікаційної (магістерської) роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Пояснювальна записка кваліфікаційного проекту на 52 с машинописного тексту, 9 рис., 1 табл., 20 літературних джерел, __ додаток(ки).

ОЗИМИЙ ЯЧМІНЬ, ТЕХНОЛОГІЯ ПОСІВУ, СІВАЛКА СЗ-3,6, ВДОСКОНАЛЕННЯ АГРОТЕХНОЛОГІЙ, ВИСІВНИЙ АПАРАТ, МОДЕРНІЗАЦІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ, ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ

Об'єктом дослідження є технологічний процес вирощування озимого ячменю.

Предметом дослідження є вдосконалення технології посіву озимого ячменю та конструкції сівалки СЗ-3,6.

В результаті дослідження розроблено вдосконалену технологію посіву озимого ячменю, що включає покращену конструкцію сівалки СЗ-3,6, яка дозволяє зменшити витрати насіння до 10%. Крім того, складено технологічну карту посіву та визначено оптимальний комплект машин для виконання посівних робіт. На основі проведених розрахунків розроблено оперативну технічну схему проведення посівних робіт у господарстві.

Наведено: Конструктивно-технологічна схема сівалки СЗ-3,6, Схема вирівнювача, який встановлюється на сівалку, Пристрій для регулювання глибини ходу сошників, Удосконалений наконечник, Гусеничний трактор Т-150 із трьома модернізованими сівалками СЗ-3,6 (вид спереду та вид збоку), Схема роботи котушкового висівного апарату, Номограма для визначення норми висіву насіння, Результати розрахунку економічної ефективності проекту.

Впровадження розробленої технології та вдосконаленої сівалки може значно підвищити ефективність посіву озимого ячменю, зменшити витрати на насіння та забезпечити господарству економічну вигоду, що дозволить оптимізувати існуючі технологічні процеси та засоби механізації.

Розроблені заходи з охорони праці.

Проведено аналіз економічної доцільності.

ЗМІСТ

ВСТУП	5
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОГО СТАНУ ПИТАННЯ	6
1.1 Біологічні особливості	6
1.2 Основний обробіток ґрунту	8
1.3 Внесення добрив	11
1.4 Посів культури	11
1.5 Догляд за посівами	15
1.6 Збирання озимого ячменю	15
РОЗДІЛ 2. ОБГРУНТУВАННЯ НАБОРУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ	16
2.1 Складання технологічної карти на виробництво озимого ячменю	16
2.2 Використання тракторів та агромашин	19
РОЗДІЛ 3. УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СІВАЛКИ І ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМУ РОБОТИ	21
3.1 Опис удосконалення технологічного процесу сівалки СЗ-3,6	21
3.2 Дослідження і визначення основних параметрів і режиму роботи сівалки	27
3.3 Розрахунок норм вологи	37
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ	39
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА	43
ВИСНОВКИ	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ	49
ДОДАТКИ	52

ВСТУП

Вирощування озимого ячменю є важливим аспектом сільськогосподарського виробництва в Україні, оскільки ця культура забезпечує високий рівень врожайності та є одним із основних джерел продовольчої та фуражної продукції. В умовах сучасних викликів, пов'язаних із змінами клімату, зростанням населення та необхідністю підвищення ефективності використання земельних ресурсів, вдосконалення технологічних процесів вирощування сільськогосподарських культур набуває особливої актуальності.

Актуальність даного дослідження полягає в необхідності підвищення ефективності вирощування озимого ячменю через оптимізацію параметрів та режимів роботи посівного агрегату. Це сприятиме збільшенню врожайності, зниженню витрат на виробництво та підвищенню стійкості сільськогосподарських культур до несприятливих погодних умов. В умовах сьогодення, коли аграрний сектор України стикається з різними викликами, такими як дефіцит ресурсів, зростання собівартості виробництва та необхідність забезпечення продовольчої безпеки, впровадження інноваційних рішень у технологічні процеси є критично важливим.

Вирощування озимого ячменю в Україні має стратегічне значення, оскільки ця культура не лише забезпечує продовольчі потреби населення, а й є важливим компонентом у формуванні експортного потенціалу країни. Таким чином, дослідження технологічного процесу вирощування озимого ячменю з обґрунтуванням параметрів та режимів роботи посівного агрегату є актуальним і перспективним напрямком наукових досліджень, який має важливе практичне значення для розвитку аграрного сектора України.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОГО СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Біологічні особливості

Серед озимих культур ячмінь найменше здатний протистояти суворим зимовим умовам і морозам. Ця культура поширена в регіонах з більш м'якою зимою. В Україні вирощування озимого ячменю традиційно обмежувалося найпівденнішими регіонами, а саме Львівською, Тернопільською, Вінницькою та іншими. Навіть при помірно низьких температурах мінус 12-13°C тривалий їх вплив може призвести до значної шкоди. Згубний вплив глибоких зимових відлиг і ранніх весняних холодів на ячмінь добре задокументований через швидке зростання культури після настання теплої погоди.

В осінній період життєздатність деяких рослин може бути порушена через перехід у трубкоподібну структуру. Згодом стійкість рослини до морозів і зими значно знижується. Це можна віднести до фази яровизації, яка триває максимум 30-40 днів. Численні види ячменю вважаються дводольними, що дозволяє завершити цю фазу під час осінньої, озимої чи весняної сівби.

Ячмінь озимий під час індивідуального розвитку проходить ті самі технологічні фази та органогенні етапи, що й інші озимі культури на зерно. Проте тривалість його фенологічних фаз порівняно коротша. Це, у свою чергу, призводить до скорочення періоду вегетації в цілому. Примітно, що озимий ячмінь дозріває раніше озимої пшениці приблизно на 9—10 днів, а ярого — приблизно на 12—14 днів.

Ячмінь, культура, яка розмножується шляхом самозапилення, має високі вимоги до якості ґрунту. Найбільш придатні типи ґрунтів для його зростання - це ті, що належать до категорії структурних чорноземів або каштанів, мають середній механічний склад з рН від 6 до 7,5. Ці ґрунти також повинні бути багаті легкодоступними поживними речовинами. З іншого боку, для вирощування озимого ячменю непридатні важкі, засолені, заболочені, кислі, неструктуровані

та піщані ґрунти. За транспіраційним показником коефіцієнт для ячменю становить від 300 до 450. На кожен тону виробленого зерна разом з ґрунтом поглинається 2,3-3,0 кг азоту, 0,9-1,1 кг фосфору, 1,7-2,3 кг калію та відповідну кількість соломи.

У сучасній Україні аграрний ринок пропонує велику кількість сучасних сортів рослин як вітчизняної, так і зарубіжної селекції. Після аналізу їх індивідуальних характеристик стає доступним кілька варіантів для домашнього використання, серед яких Луран; Основа; Достойний; Трудівник; Ковчег; Метелиця; Морозко; Борисфен; Абориген; Селена стара.

Емпіричні дані останніх років підтвердили ефективність використання гібридів Nuvido у сільському господарстві. Ці гібриди можуть похвалитися значним коефіцієнтом кушення, що є ключовим фактором їхньої ефективності, оскільки дозволяє:

На одній рослині можна значно збільшити врожайність окремих стебел.

Однією з потенційних стратегій для підвищення продуктивності рослини є посилення компенсаторних механізмів організму з одночасною оптимізацією використання зони живлення. Впроваджуючи ці заходи, рослина зможе ефективніше розподіляти ресурси на ріст і розвиток, що зрештою призведе до покращення загального стану.

Після вивчення літературних джерел [3,4,5] стає очевидним, що гібриди Nuvido протягом кількох років стабільно перевершують районовані сорти за врожайністю. Зокрема, за два роки спостережень середній приріст врожайності склав 22%, що відповідає 12,7 ц/га у порівнянні з традиційними сортами. Для успішного впровадження цих гібридів слід дотримуватися чотирьох основних вимог:

Максимізація норм і строків висіву;

Доведено, що внесення азотних добрив на ранніх стадіях росту рослин має значний вплив на врожайність. Щоб оптимізувати ефективність цього методу

удобрення, рекомендується дрібно подрібнювати азотне добриво під час внесення.

Важливим аспектом вирощування рослин є застосування регуляторів росту. Такі регулятори можна використовувати для посилення росту, розвитку та продуктивності рослин. Застосування цих регуляторів може бути досягнуто різними методами, включаючи позакореневе обприскування, зволоження ґрунту та обробку насіння. Доведено, що ці методи ефективні у створенні оптимального середовища для росту рослин. Важливо зауважити, однак, що застосування регуляторів росту повинно проводитися з обережністю та відповідно до рекомендованих інструкцій, щоб уникнути будь-якого потенційного негативного впливу на ріст і розвиток рослин.

Ефективним заходом є захист листя рослин від хвороб шляхом застосування фунгіцидів зайняті в сільському господарстві.

1.2 Основний обробіток ґрунту

На систему обробки ґрунту значною мірою впливає безліч факторів, таких як попередня культура, переважаючі умови навколишнього середовища та погодні умови. Його першочерговими завданнями мають бути забезпечення захисту від рубки, збереження ґрунтової вологи, ефективне вирівнювання ґрунту та зменшення розмноження бур'янів. Крім того, слід належним чином враховувати рекомендації регіональних систем землеустрою. Оптимальними попередниками для обробітку ґрунту є чисті від бур'янів поля, на яких раніше вирощували кукурудзу, картоплю, зернові, зернобобові, гречку, а в посушливих степових районах – чисті і зайняті пари. При достатньому зволоженні озимі культури можуть давати менший урожай порівняно з пшеницею при вирощуванні за найкращими попередниками, але перевищувати його при вирощуванні за гіршими. Тип і ступінь обробки ґрунту мають значний вплив на вологість посівного шару, забур'яненість та врожайність пшениці.

Запропонована нами методологія в цій роботі рекомендує швидкий початок парової обробки після збирання врожаю попередника культури. Для підготовки стерні попередника використовують дискові борони ЛДГ-15 (рис. 1.1), які обробляють ґрунт на глибину 6-8 см. На забур'яненних кореневими бур'янами полях проводять два раути боронування: перший – дискове боронування на глибину 6-8 см, друге – лушення на глибину 10-12 см. У подальшому через 2-3 тижні необхідна оранка на глибину 25-27 см плугом з передплужником.



Рисунок 1.1 – Дискова борона ЛДГ 15

У весняно-літній період, коли ріст бур'янів найбільший, проводять пошаровий обробіток. Процес культивування починається на глибині 10-12 см і поступово просувається до 5-6 см. Для досягнення оптимальних результатів проводяться три культивації.

Основними завданнями є боротьба з ростом бур'янів, а також збереження та накопичення вологи в ґрунті перед сівбою озимих культур. У разі сухої погоди під час культивації (за винятком передпосівної) рекомендується застосовувати коткувальну техніку для сприяння сприятливішому проростанню насіння та

придушенню росту бур'янів. Крім того, культивуацію можна замінити розпушуванням для ефективного збереження вологи в ґрунті.

Для ефективної обробки оранку необхідно провести до 15 травня на глибину 20-22 см. Помічено, що затримка оранки призводить до виснаження вологи в ґрунті та утворення значних грудок землі.

У сфері сільськогосподарської практики підхід до обробки пар культур залежить від переважаючих атмосферних умов. У тому випадку, якщо ґрунт має високу вологість і швидко розсипається після попереднього врожаю, доцільним вважається проведення оранки на глибину 14-16 см.

Для сприяння аерації ґрунту проводять глибокий обробіток ґрунту на глибину 40 см щілинним способом. Крім того, обробіток ґрунту без оранки виявився вигідним з точки зору збереження вологи, естетики рослин і врожайності озимого ячменю.

Після вирощування безвипарних попередників, таких як горох і кукурудза, проводять обробку ґрунту на глибину 8-10 см дисковими боронами (БДТ-7,0; ЛДГ-10) по поверхні. Перед сівбою дискове боронування замінюють плоскорізним обробітком ґрунту щілинно-культиваторною фрезою (КПГ-250М) на глибину 12 см з одночасним утворенням щілин на поверхні ґрунту.

У сільському господарстві головним завданням передпосівної підготовки ґрунту є виконання подвійного завдання — розпушування та вирівнювання. Це досягається завдяки передпосівній культивуації, яка базується на плоскорізних робочих агрегатах, здатних досягати глибини 5-6 см, з подальшим коткуванням. Щоб отримати якісне посівне поле, важливо, щоб поле було не тільки вирівняним, але й містило грудки ґрунту розміром від 1 до 5 см. Важливо стежити, щоб глибина культивуації не відхилялася від зазначеного діапазону більш ніж на ± 1 см. Крім того, між сусідніми проходами необхідно витримувати перекриття в 15-20 см. Ці методи служать для збереження вологи при підвищенні якості посіву. В результаті насіння висівається більш рівномірно і на відповідну глибину.

1.3 Внесення добрив

Ячмінь озимий сприятливо реагує на мінеральні добрива, особливо ефективні при внесенні азотних добрив. В першу чергу це пов'язано зі схильністю рослини до інтенсивного прополювання та швидкого вегетативного росту, а також його порівняно короткий період активного засвоєння поживних речовин із ґрунту. При цьому зазвичай використовують мінеральні добрива в середньому 45-60 кг/га всіх поживних речовин. Під основний обробіток ґрунту вносять повну норму калійних і до 90% норми фосфорних добрив. Решту 10% фосфорних добрив вносять у рядки під час сівби ячменю. Під ячмінь слідом за кукурудзою або стерньовими попередниками вносять азотні добрива у два прийоми. Половину норми вносять перед посівом, другу половину під час підгодівлі навесні на II етапі органогенезу. Після зернобобових культур повну норму вносять під весняне підживлення у фазі кущіння (II етап органогенезу).

В умовах сучасного дефіциту мінеральних добрив перед сівбою в рядки рекомендується вносити комплексні добрива з розрахунку 10-15 кг NPK. Ячмінь озимий здатний утилізувати залишкову дію як мінеральних, так і органічних добрив, а також продемонстрував позитивну реакцію на внесення мікроелементів. Особливо слід відзначити ефективність мікроелементів на хелатній основі, які сприяють легшому засвоєнню рослинами. Серед цих хелатних мікроелементних добрив Ecolyst, Reakom, Vuksal, Nutrivantta та інші подібні продукти показали багатообіцяючі результати.

1.4 Посів культури

При вирощуванні озимого ячменю за інтенсивними методами використовуваний насіннєвий матеріал повинен відповідати строгим стандартам. Зокрема, використовуване насіння має бути однорідним, великим і важким, з мінімальною вагою 40-50 грамів на 1000 зерен. Крім того, насіння має відповідати

вимогам вищого класу стандарту насіння за якістю. Це важливо, щоб гарантувати досягнення оптимальної щільності продуктивних стебел і збереження до моменту збору врожаю.

Оптимальний рівень посівної якості насіння можна зробити висновки за його силою росту, яка відноситься до здатності насіння давати здорові паростки в польових умовах, демонструючи при цьому швидкий ріст. Оцінка сили росту проводиться під час аналізу насіння в лабораторії Держнасінспекції.

При встановленні місця розміщення озимого ячменю рекомендується підбирати хороші попередники та застосовувати інтенсивну агротехніку. Норму висіву слід визначати, виходячи з очікуваної врожайності 500-600 продуктивних стебел з 1 м² при збиранні з використанням чорних пар і 3,5 млн. насінин першого сорту. Недоліки агротехніки, такі як недостатня підготовка ґрунту, недостатнє внесення добрив, запізнення з посівом, компенсувати збільшенням норми висіву неможливо. Спостерігається підвищення якості зерна з відповідним зниженням допустимих норм висіву.

Графік посіву озимого ячменю є вирішальним фактором, який слід враховувати, оскільки він дуже чутливий до часу. Запровадження інтенсивної технології вирощування озимого ячменю загострює проблему зниження врожайності як ранніх, так і пізніх посівів. Рання сівба призводить до переростання ячменю та надмірного споживання поживних речовин.

При застосуванні речовин для зміни вегетативної маси, як, наприклад, у ячменю, ураженого грибковими захворюваннями, спостерігається суттєве зниження зимостійкості рослини. Крім того, пізні посіви демонструють повільніший ріст, а також меншу продуктивність через повільне формування кущів і коренів.

Згідно з нашим аналізом, найбільш сприятливим періодом для сівби в конкретному регіоні розташування господарства є третя декада вересня.

У даній кваліфікаційній роботі рекомендовано глибину посіву 3 см для оптимального росту рослин озимого ячменю. Ця глибина особливо корисна, коли посівний шар ґрунту має достатній вміст вологи. Крім того, добре прогрітий ґрунт сприяє появі одночасних і повноцінних сходів. В результаті рослини добре ростуть і міцно приживаються в ґрунті.

У контексті сільського господарства було запропоновано встановити тривалий шлях під час процесу посадки, щоб полегшити подальше застосування мінеральних добрив і хімічних засобів захисту рослин протягом циклу росту. Виявлення технологічної борозни має потенціал для значного підвищення рівня агротехнічних робіт.

При використанні гусениці шириною 1800 мм для сівби утворюється дві смуги шириною 450 мм кожна, які залишаються невикористаними. Для досягнення оптимальної ефективності необхідне впровадження гусеничного трактора Т-150 у поєднанні з трьома удосконаленими сівалками СЗ-3,6, оснащеними зчіпкою СП-11.

Для максимізації ефективності та забезпечення оптимального росту деякі сошники виключені з незасіяних смуг технологічної колії середньої сівалки 1800 мм. Зокрема, 6, 7, 18, 19 висівні апарати закриті металевими кришками. Решта сошників, а саме 8-й, 9-й, 16-й і 17-й, йдуть по сліду трактора і оснащені вільними опорами на основі сівалки. Крім того, пружини підвіски цих сошників зазнають посиленого стиснення для подальшого підвищення їх ефективності.

Технологічна колія розміром 1800 мм створюється розкидачем мінеральних добрив РМГ-4 та обприскувачем ОПШ-15.

$$k_v = k_o \left[1 + (V_p - V_o) \frac{\Delta C}{100} \right] \quad (1.1)$$

де $V_p = 8,45$ кілометрів на годину – робоча швидкість,

Відповідна номінальна сила тяги для трактора - $R_{крн} = 18,6$ кН на третій передачі.

Кількість складових в агрегаті:

$$P_H = \frac{B_{\max}}{b_c} = \frac{11.03}{3.0} = 3.06$$

Коефіцієнт використання тягового зусилля можемо знайти за такою формулою:

$$\eta = \frac{R_a}{P_{\text{срн}} - G_{\text{тп}} \cdot \sin \alpha} \quad (1.2)$$

$$\eta = \frac{15.97}{18.6 - 66.6 \cdot 0.0175} = 0.92$$

Довжина маркерів визначається за такою формулою:

$$l_{np} = \frac{A - K_m}{2} + b_u \quad (1.3)$$

де, А, м – дистанція між крайніми сошниками.

Кт, м – колія енергозасобу.

бм, м – ширина міжряддя.

$$l_{np} = \frac{10,65 - 1,33}{2} + 0,15 = 4,81$$

$$l_{\text{лів}} = \frac{A + K_m}{2} + b_u \quad (1.4)$$

$$l_{\text{лів}} = \frac{10,65 + 1,33}{2} + 0,15 = 6,14$$

$$E = 4 \cdot b_c \cdot P_H \quad (1.5)$$

$$E = 4 \cdot 3,6 \cdot 3 = 43,2$$

Визначаємо довжину шляху агрегату між заправками сівалки:

$$l_3 = \frac{10^4 \cdot V_a \cdot \rho_n \cdot \varphi_a}{U_s \cdot b_c} \quad (1.6)$$

$$l_3 = \frac{10^4 \cdot 0.212 \cdot 1100 \cdot 0.8}{60 \cdot 3.6} = 8637 \text{ м}$$

$$l_3 = \frac{10^4 \cdot 0.453 \cdot 750 \cdot 0.8}{160 \cdot 3.6} = 4718,75 \text{ м}$$

1.5 Догляд за посівами

Тур у 60% розчині використовують як рістрегулятор. Обробляючи насіння з розрахунку 5 кг на 1 т насіння, одночасно з обробкою можна досягти більш оптимального куцнення. Для боротьби з гризунами такими, як миші, рекомендується розміщувати отруєні приманки роденфосу в норах на початку осені, перед морозами. Крім того, для цієї мети також можна використовувати штурм або бактеріоенцидид.

Забезпечення належного весняного догляду за посівами озимого ячменю передбачає внесення азоту в рослини з урахуванням фаз розвитку. Після зимівлі проводять оцінку стану посівів озимого ячменю для визначення цілей його догляду. Озимий ячмінь часто уражається цілим рядом хвороб, таких як борошниста роса, іржа, смугастий гельмінтоз, борошниста роса, вірусні інфекції. У разі виявлення цих хвороб проводять обробку посівів фунгіцидами, які відомі своєю високою ефективністю.

1.6 Збирання озимого ячменю

Озимий ячмінь при вирощуванні з використанням інтенсивних методів землеробства можна збирати двома способами: роздільним або прямим збиранням. Визначення того, який метод використовувати, залежить від ряду факторів, включаючи наявність обладнання, характеристики сорту, переважаючі погодні умови, а також інші відповідні міркування.

У рамках даного дослідження акт збирання озимого ячменю проводиться як прямим, так і роздільним способом. Термін збору визначається окремо для кожного поля окремо. При роздільному збиранні висота залишків стерні коливається від 15 до 20 см, залежно від густоти та росту рослин.

РОЗДІЛ 2

ОБГРУНТУВАННЯ НАБОРУ МАШИН ДЛЯ ВИРОЩУВАННЯ ОЗИМОГО ЯЧМЕНЮ

2.1 Складання технологічної карти на виробництво озимого ячменю

На кожну культуру в межах посівної площі складається окрема технологічна карта. Відповідна посівна площа охоплюється відповідно до зазначеного завдання. Вихід продукту розраховується з урахуванням прогресивних технологій і прогресивних методів вирощування і виводиться з перспективних планів розвитку господарства. Вихід побічної продукції в рослинництві виражається у відсотках до виробництва основної продукції.

Вибір попереднього та основного обробітку ґрунту здійснюється шляхом систематизованого, науково обґрунтованого підходу до сівозміни. Норми внесення добрив, гербіцидів, пестицидів, норми висіву насіння прийняті відповідно до нормативів, передбачених для степової зони України.

У сфері сільськогосподарської практики відстань транспортування різних його елементів, таких як насіння, добрива, основні та побічні продукти, визначається на основі плану землекористування ферми. Перелік сільськогосподарських робіт технологічної карти охоплює всі основні процедури, необхідні для отримання кінцевої продукції.

Визначення кількості робочих днів на сільськогосподарський термін розраховується за встановленою формулою:

$$Q = k \cdot F \quad (2.1)$$

$$Q_{п} = g \cdot F \quad (2.2)$$

$$Q_{т} = Q_{п} \cdot S \quad (2.3)$$

де, Q – обсяг польових робіт;

$Q_{п}$ – обсяг навантажувальних робіт;

$Q_{т}$ – обсяг транспортних робіт;

k – кратність робіт з обробітку;

g – запланована норма внесення, тонн на гектар;

S – дистанція, на яку перевозять вантажі, км.

$$Q = 2 \cdot 342 = 648 \text{га}$$

$$Q_{II} = 1 \cdot 342 = 342 \text{т}$$

$$Q_T = 342 \cdot 5 = 1710 \text{км}$$

Для визначення кількості робочих змін на день використовується наступна формула:

$$D_p = D_k \cdot \alpha \quad (2.4)$$

де D_p – число робочих днів у агротехнічному періоді;

D_k – число календарних днів у агротехнічному періоді;

α – коефіцієнт використання часу.

$$D_p = 4 \times 1 = 4$$

Машина з найменшим споживанням палива на гектар і прямими експлуатаційними витратами мають бути пріоритетними для досягнення оптимальної ефективності.

Загальна кількість механіків та допоміжного персоналу, яким доручено забезпечити технічне обслуговування та експлуатаційну підтримку техніки

Формула, за якою визначається сукупний вихід продукції на агротехнічний строк, має такий вигляд:

$$W_{спр} = W_{зм} \cdot D_p \cdot K_{зм} \quad (2.5)$$

$$W_{спр} = 60 \cdot 4 \cdot 7 = 168$$

Розрахунок необхідних машинних одиниць для виконання певного робочого навантаження визначається за допомогою застосування формули:

$$n_a = \frac{Q}{D_p \cdot K_{зм} \cdot T_{зм} \cdot W} \quad (2.6)$$

де, Q – обсяг робіт, га

D_p – кiл-ть робочих днiв.

$K_{зм}$ – коеф. змiнностi.

W – продуктивнiсть агрегату, га/год.

$$n_a = 5$$

Формула, яка визначає потребу в паливi, така:

$$G_i = g \cdot Q \quad (2.7)$$

$$G_i = 42 \text{ кг}$$

Поняття витрат працi на одиницю роботи можна знайти за формулою:

$$h = \frac{(m_0 + m_g)}{W_{зм}} T_{зм} \quad (2.8)$$

де, m_0 – кiл-ть механiзаторiв.

m_g – кiл-ть допомiжних працiвникiв.

$W_{зм}$ – продуктивнiсть за змiну, га/зм.

$T_{зм}$ – час змiни, год.

$$h = 0.18$$

Формула, яка використовується для визначення витрат на оплату працi для всiєї роботи виглядає наступним чином:

$$H_i = h \cdot Q \quad (2.9)$$

$$H_i = 61,6 \text{ люд.год.}$$

Тривалiсть використання тракторiв:

$$T_i = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \quad (2.10)$$

$$T_i = 63 \text{ год.}$$

Для визначення умовних обсягiв робiт в гектарах можна скористатися наступним рiвнянням:

$$\Omega = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \lambda_{y.m.} \quad (2.11)$$

$$\Omega = 69.3 \text{ ум.га}$$

2.2 Використання тракторів та агромашин

Дослідним шляхом було встановлено, що для ефективного обробітку поля пшениці площею 600 гектарів необхідно залучити комплексну технічну групу, яка складається з кількох типів тракторів, що виконують різні функції у технологічному процесі. Зокрема, для обробітку цієї площі було визначено, що найоптимальніший склад техніки включає наступні одиниці:

Два трактори Т-150: Ці важкі трактори використовуються для виконання найбільш енергоємних операцій, таких як оранка, боронування та культивуація ґрунту. Вони мають високу потужність, що дозволяє ефективно працювати з великими та важкими навісними агрегатами, забезпечуючи необхідну глибину обробітку та якість підготовки ґрунту.

Чотири трактори МТЗ-80: Ці універсальні трактори середньої потужності використовуються для більш дрібних робіт, таких як сівба, внесення добрив та обприскування. МТЗ-80 відзначаються високою маневреністю та економічністю, що робить їх незамінними при виконанні операцій, які вимагають точності та швидкості.

Шість тракторів ЮМЗ-6: Ці трактори також виконують універсальні функції, проте вони більш пристосовані для роботи в умовах середньої складності. ЮМЗ-6 активно застосовуються для міжрядної обробки, культивуації та інших робіт, які потребують гнучкості та зручності в управлінні.

Два трактори Т-150К: Ці трактори використовуються для більш специфічних завдань, наприклад, при виконанні операцій з великим навантаженням, таких як транспортування вантажів, культивуація глибокого ґрунту, та роботи, що потребують високої прохідності. Трактори Т-150К мають підвищену прохідність завдяки колісному шасі, що робить їх ідеальними для роботи на складних рельєфах та в умовах підвищеної вологості.

Один трактор Т-25: Цей малогабаритний трактор використовується для виконання точних і специфічних завдань, таких як обробіток ділянок з обмеженим доступом, виконання легких агротехнічних операцій на невеликих площах, та інших робіт, що не потребують значної потужності, але вимагають високої точності і маневреності.

Таке поєднання техніки дозволяє оптимізувати всі етапи технологічного процесу обробітку поля, починаючи від підготовки ґрунту та закінчуючи сівбою та доглядом за рослинами. Залучення тракторів різної потужності і функціональності забезпечує можливість ефективного використання технічних ресурсів, знижуючи витрати на паливо, скорочуючи час виконання робіт та покращуючи загальну продуктивність праці на кожному етапі агротехнічних заходів.

РОЗДІЛ 3

УДОСКОНАЛЕННЯ КОНСТРУКЦІЇ СІВАЛКИ ТА ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ЇЇ РОБОТИ

3.1. Опис вдосконалення технологічного процесу сівалки СЗ – 3,6

Значного вдосконалення зазнав технологічний процес сівалки СЗ-3,6 (рис. 3.1). Важливою агротехнічною вимогою є рівномірність посіву у вертикальній площині. Це стосується послідовного закладення насіння в ґрунт, гарантуючи, що все насіння висівається на однаковій глибині. Глибина посіву залежить від різних факторів, включаючи вологість ґрунту під час сівби, фізичні властивості ґрунту, розмір насіння та біологічні особливості рослини.

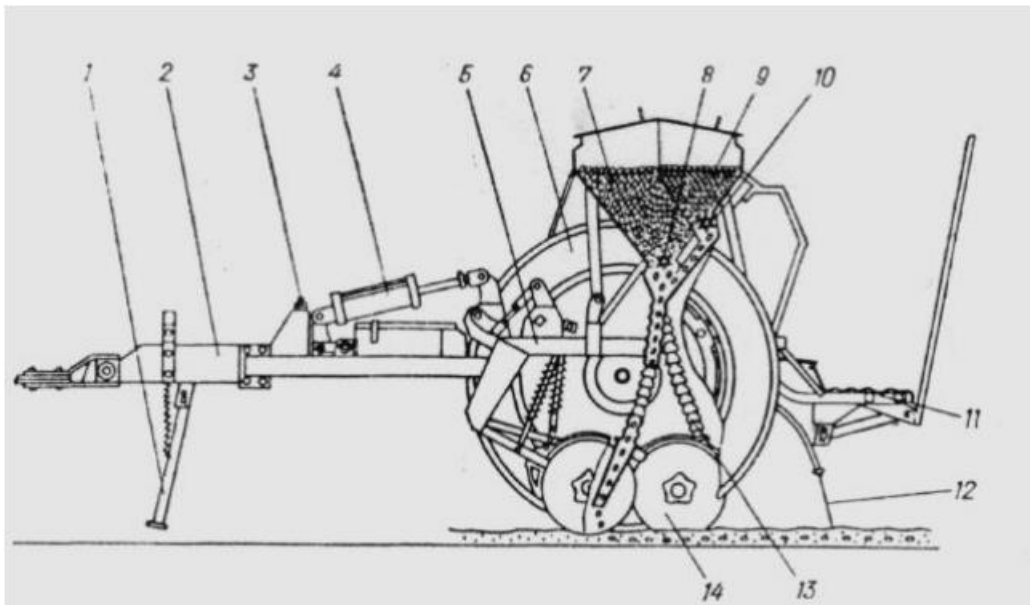


Рисунок 3.1 - Конструктивно-технологічна схема сівалки СЗ-3,6:

- 1) підніжка; 2) сниця; 3) гвинт регулювання глибини ходу сошників; 4) гідроциліндр; 5) рама; 6) колесо; 7) ящик насіння; 8) висівні апарати сівалки; 9) ящик туків; 10) висівні апарати туків; 11) підніжна дошка; 12) загортачі; 13) насіннепроводи; 14) сошник

Глибина загортання насіння озимої пшениці непостійна, оскільки залежить від ряду факторів, таких як фізичні властивості ґрунту та рівень вологості. Наприклад, важкі ґрунти зазвичай вимагають глибини загортання 4-5

см, середньосуглинисті — 5-6 см, а легкі супіски і супіски — 6-7 см. Однак у посушливих умовах і на сухих ґрунтах глибину загортання необхідно збільшити до 9-10 см. Крім того, дослідження показали, що з кожним додатковим сантиметром загортання понад нормальну глибину проростання озимої пшениці затримується приблизно на 2-3 дні.

Необхідно, щоб все висіяне насіння було загорнуте на однакову глибину, незалежно від глибини, встановленої агротехнікою. Недотримання цього стандарту, особливо якщо різниця у глибині загортання насіння є значною, може призвести до зниження врожайності. Причини такого зниження різноманітні, до них належать неодночасність появи сходів і проріджування сходів, неодночасність дозрівання, поява як придатних, так і непридатних рослин. Ці фактори можуть ускладнювати механізоване збирання врожаю, що зрештою призводить до загального зниження врожаю.

Запропонований проект пропонує потенційне рішення, яке поєднує завдання передпосівного вирівнювання ґрунту та посіву в одну операцію. Це буде досягнуто шляхом встановлення на сівалку швидкого знімного вирівнювача (зображеного на рис. 3.2). Робочим механізмом є металева лижа із загнутими назад верхнім і нижнім краями. Ця лижа буде закріплена спереду в напрямку руху агромашини й похило до поверхні поля.

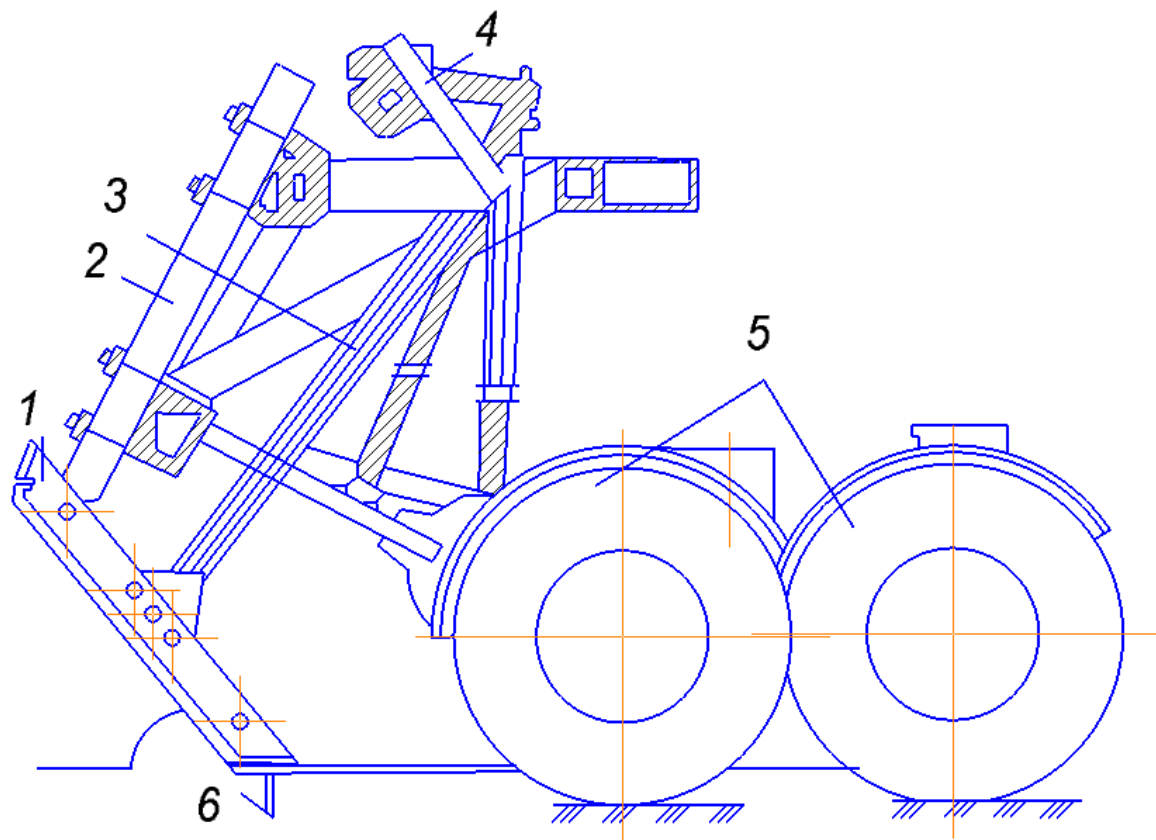


Рисунок 3.2 - Схема вирівнювача, який встановлюється на сівалку: 1) лижа, 2) стійка, 3) штанга, 4) вилка, 5) сошник сівалки, 6) зуби

У разі руху сівалки нижня кромка лижі розріже будь-які нерівності, присутні в ґрунті, рівномірно перерозподіляючи його по ширині захоплення. Додатково нижня кромка лижі може бути оснащена зубцями БЗСС-1.0. Отвори, розташовані всередині вушок лиж, дають можливість змінювати висоту їх розташування відповідно до сошників.

Верхня частина пристрою має штовхач 3, який міцно закріплений на квадратному валу підйомника сошника за допомогою затискача. Це з'єднання дозволяє лижам повертатися вгору навколо точки кріплення, коли сівалка переміщується в транспортне положення. Щоб точніше відтворювати контури місцевості, вирівнювач був розроблений з двох окремих секцій.

Висоту петель для кріплення лиж можна легко відрегулювати, піднявши або опустивши стійку 2 відносно рами секції, а потім надійно закріпивши її на місці за допомогою затискачів. Змінюючи положення стійок, піднімаючи їх вгору, можна ефективно збільшити кут нахилу лиж.

У випадку сівалки, яка залишається у використанні більше трьох сезонів, пружини стиснення демонструють недостатню постійну силу на сошник. Крім того, пружні якості цих пружин зазнають змін з часом. Як наслідок, навіть зрощення пружин на однакові отвори в штангах для таких сівалок не гарантує рівномірного заглиблення сошників у ґрунт. Апарат зображений на малюнку 3.3.

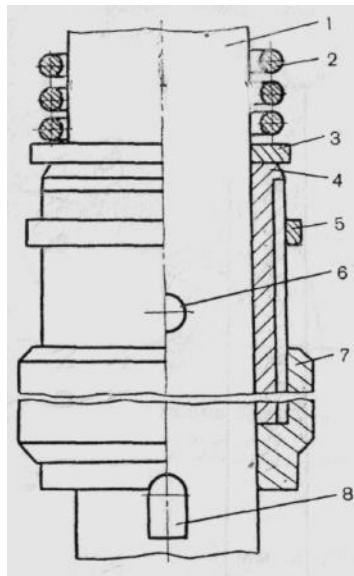


Рисунок 3.3 - Пристрій для регулювання глибини ходу сошників:

- 1) штанга; 2) пружина; 3) гайка; 4) різьбовий патрон; 5) гайка; 6) отвір; 7) стакан; 8) фіксатор

Апарат має форму різьбової чашки з різьбовим патроном і розташований між фіксатором і упорною шайбою. Після активації фіксатор 8 розміщується в одному з отворів стрижня 1. Основний тиск пружини встановлюється шляхом безперервного, плавного регулювання різьбового картриджа 4 відносно чашки 7, що не обертається. Цей тиск пружини ретельно перевіряють за допомогою динамометра. Після калібрування гвинтовий компонент змащується. Ці механізми забезпечують надійне проходження сошників.

Під час сівби зернових культур, зокрема озимої пшениці, нерідко трапляється засмічення сошників сівалок рослинними залишками та землею. Ця перешкода потім призводить до призупинення посіву насіння та появи дефектів, або решіт, на полі. Щоб вирішити цю проблему, запропоноване рішення передбачає спеціальну конструкцію наконечників, які з'єднані з сім'яними протоками сошників. Ці наконечники відрізняються від звичайних циліндричних наконечників тим, що вони звужені у верхній частині (як показано на малюнку 3.4) і мають резервний отвір, вирізаний у стінці наконечника позаду звуження. Резервний отвір з обох боків облямований напрямними пластинами.

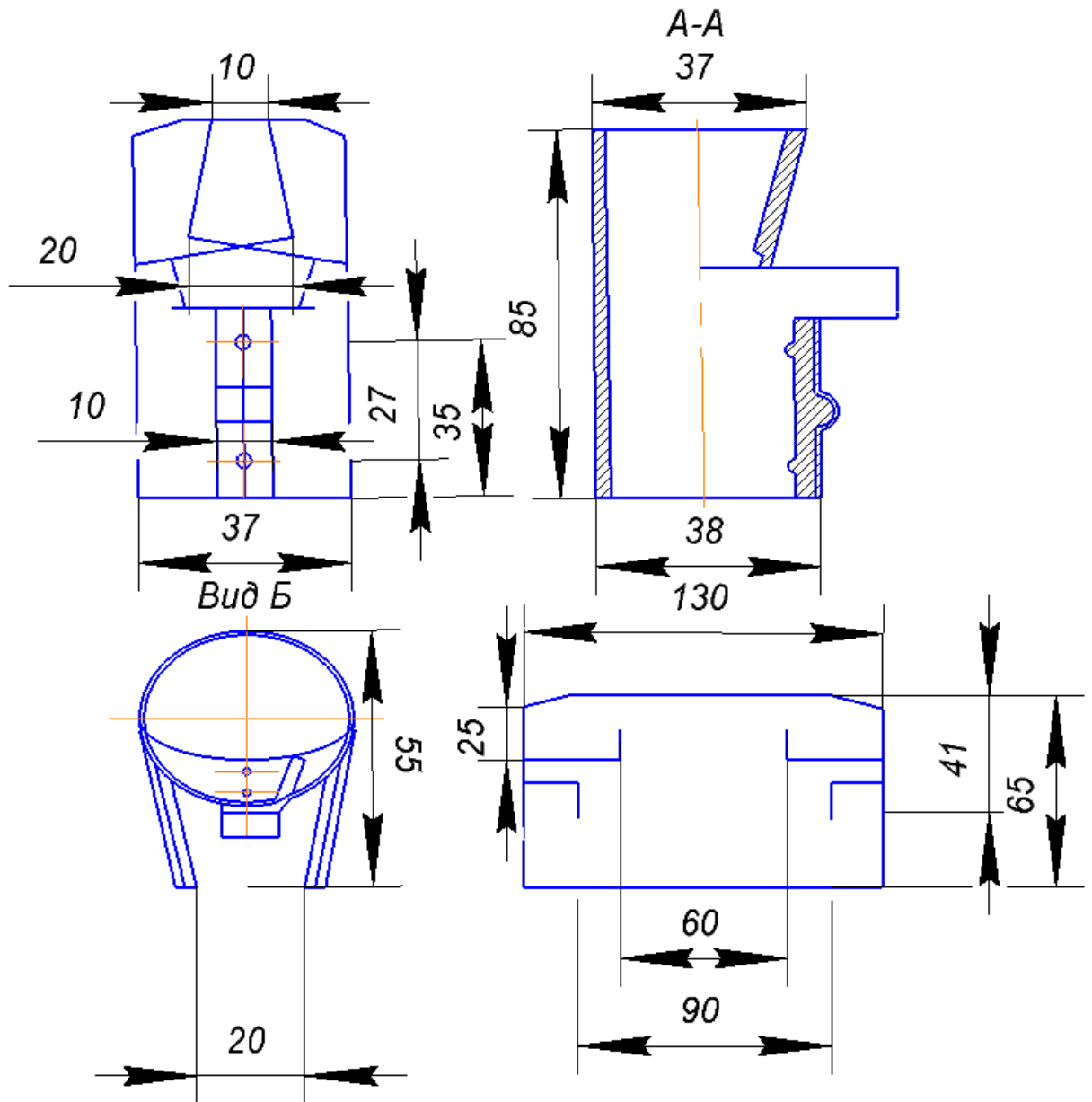


Рисунок 3.4 - Удосконалений наконечник: 1) стінка наконечника; 2) заклепка; 3) резервний отвір; 4) напрямна пластина; 5) фіксатор; 6) розгортка наконечника

Експериментально встановлено (рис. 3.5, 3.6), що використання запропонованого апарату дає можливість зберегти до 10% насіння. Це пов'язано зі здатністю пристрою перешкоджати опусканню насіння у верхні, пересохлі шари ґрунту.



Рисунок 3.5 - Гусеничний трактор Т-150 із трьома модернізованими сівалками СЗ-3,6 (вид спереду)



Рисунок 3.6 - Гусеничний трактор Т-150 із трьома модернізованими сівалками СЗ-3,6 (вид збоку)

3.2 Дослідження і визначення основних параметрів та режиму роботи сівалки

Висівальний пристрій із котушковим борозенком може похвалитися універсальністю застосування, бо мотовичні сівалки є загальною частиною

більшості зернових і спеціалізованих сівалок у всьому світі. Це спостереження справедливе майже для всіх народів планети.

Спіральний висівний пристрій працює особливим чином. Насіння виходить із насінневого ящика сівалки через вихідний отвір і під дією сили тяжіння переноситься в насінневий ящик спірального висівного пристрою. При нерухомому змійовику насіннева маса рухається по внутрішній поверхні та дну ящика, заповнюючи насінням насінневий ящик висівного апарату. Під час цього процесу кожне насіння дотримується принципів вільного руху. Щоб насіння залишалось в насінневому ящику, повинен існувати стан рівноваги, коли котушка нерухома; інакше насіння висипиться, коли сівалка не використовується. Такий рівноважний стан досягається завдяки вільному (гравітаційному) руху насіння в коробочці. Насіння буде вільно рухатися в бункері, коли дно бункеру буде розташоване вище точки припинення вільного руху насіння. Досягнення успішного результату можливо за умови, що площа поперечного перерізу зазору, який лежить між котушкою та основою насінневого ящика, перевищує критичну площу поперечного перерізу для конкретного насіння. Якщо площа поперечного перерізу зазору поступово зменшується, необмежений рух насіння припиниться, коли площа поперечного перерізу досягне точки рівності критичній площі. Це гарантує відсутність розсипання насіння з висівного пристрою з фіксованою котушкою [9].

Під час роботи сівалки обертання змійовика призводить до того, що насінневий ящик поповнюється насінням у міру того, як воно виймається з бункера змійовиком. Процес витікання регулюється тими ж принципами, які регулюють гравітаційне переміщення насіння в стаціонарний змійовик, який заповнює насінневий ящик. Однак вищезгаданий рух ще більше ускладнюється тим фактом, що найвищі шари насіння перешкоджають нижчим шарам, які забезпечують підтримку шарів вище, на додаток до дії самої котушки.

Під час роботи сівалки насіннєвий ящик створює безперервний потік насіння, яке зберігається виключно в передній частині ящика. Це призводить до припинення необмеженого руху насіннєвої маси, коли вони заповнюють канавки котушки над першим квадрантом робочої котушки. У цей момент напрямок вектора кругової швидкості робочої котушки змінюється і стає перпендикулярним до напрямку потоку насіння, як показано на малюнку 3.7.

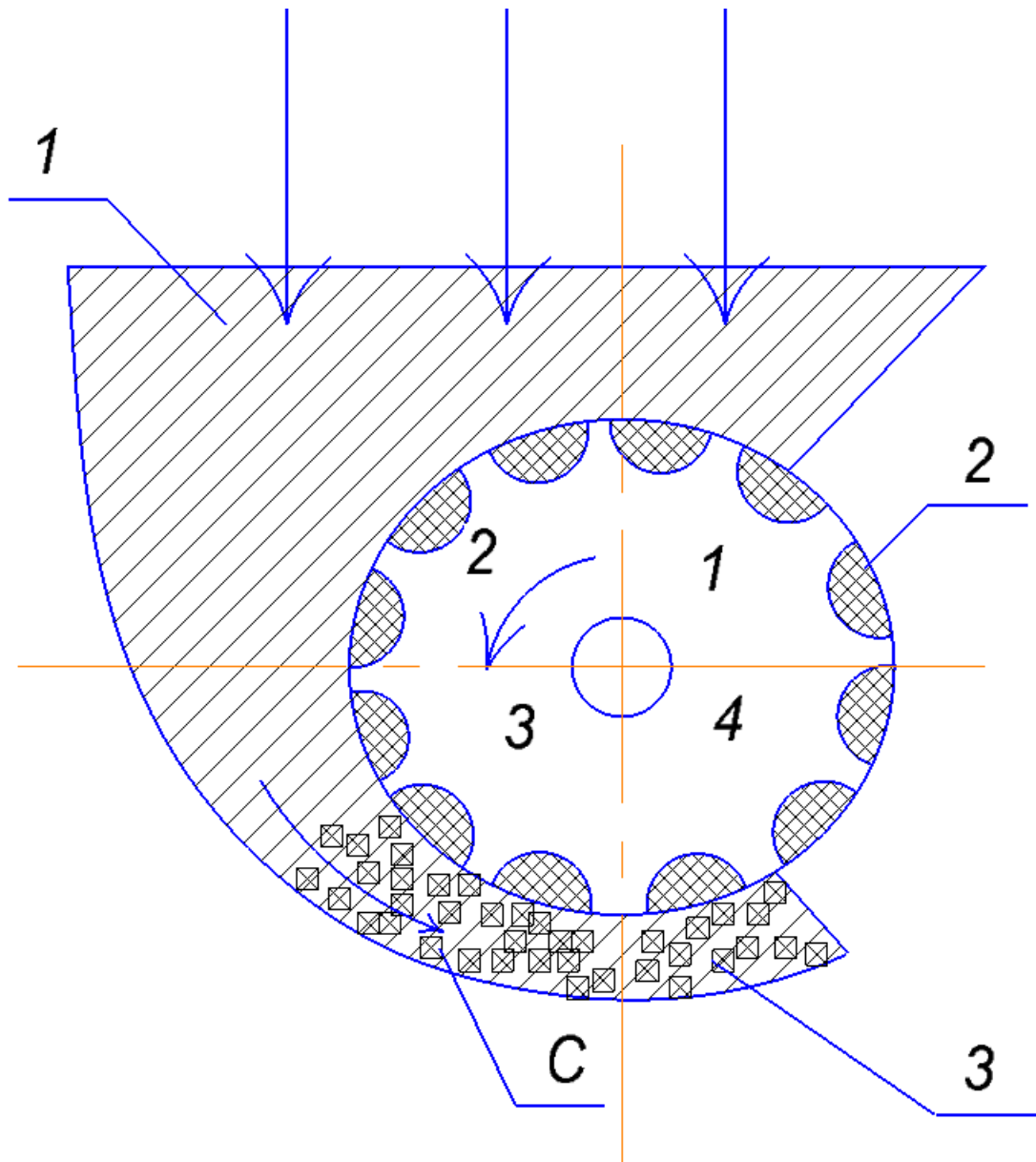


Рисунок 3.7 - Схема роботи котушкового висівного апарату: 1) самопливний рух насіннєвого потоку, 2) примусовий рух насіннєвого потоку, 3) активний рух насіннєвого потоку

У квадранті, який є другим за порядком, вектор кругової швидкості котушки зазнає зміни в напрямку, стаючи більше не перпендикулярним до напрямку потоку насіння. У цьому квадранті спостерігається вільний рух потоку насіння, в той час як зміювик здійснює примусове транспортування насіння, заповнюючи його канавки.

Безперешкодний гравітаційний рух насіння припиняється в третьому за порядком квадранті. Це пов'язано з тим, що площа поперечного перерізу зазору, який існує між зміювиком і дном контейнера для насіння, має вирішальне значення для цієї категорії насіння.

Другий квадрант дослідження виявляє вплив імпульсу робочої котушки на рухливість насіння при обертанні. Як тільки насіння досягає критичного поперечного перерізу переходу, воно просувається вперед за допомогою котушки вздовж дна насінневого ящика до вихідного отвору. Зміювик безперервно порушує застрягання насіння на критичній ділянці, дозволяючи безперервно руйнувати та регенерувати засмічення. Коли котушка транспортує насіння, що займають канавки, вплив тертя на нерівності шари насіння під нею стимулює рух до вихідного отвору. Слід зазначити, що швидкість руху насіння не є рівномірною по всіх шарах; верхні шари демонструють більш швидкий рух, ніж нижні. Ця розбіжність у швидкості насіння пояснюється зменшенням швидкості, коли шари опускаються глибше в масу насіння.

Котушковий висівний пристрій проходить технологічний процес, який включає три різні типи руху насіння (як показано на малюнку 3.7). До таких видів руху відносяться гравітація, вимушений і активний рух. Гравітаційний рух насіння всередині насінневого ящика відіграє вирішальну роль у запобіганні розсипанню насіння. Цей рух також служить для подачі насіння в котушку під час її обертання. Примусовий рух, з іншого боку, стосується пасивного руху насіння через канавки котушок. Цей тип руху є основоположним для мотовила посівного пристрою. Нарешті, активний рух насіння відноситься до їх руху під

дією обертової котушки. Активний шар насіння зливається з примусовим потоком шару, що в кінцевому підсумку сприяє точному дозуванню насіння спіральним висівним пристроєм.

Посівний апарат, що використовує котушку, працює за змішаним принципом, де вихід насіння складається як з примусового, так і з активного руху насіння. Однак це невідповідне поєднання принципів має негативний вплив на кінцевий результат обладнання, зокрема на рівномірність розподілу насіння, що підтверджено результатами досліджень. Цей фактор необхідно враховувати при розробці та впровадженні нових висівних апаратів.

Під час експлуатації сівалки необхідно переконатися, що вона належним чином відкалібрована для забезпечення встановленої норми висіву, враховуючи як поточну швидкість польової схожості, так і загальну вагу насіння.

Для визначення оптимальної норми висіву насіння зернових культур номограму можна побудувати за такою математичною формулою:

$$G = \frac{Q \cdot A}{\Pi \cdot 10^4} \quad (3.1)$$

де, Q – висівна норма, шт/га.

A – маса насіння у абсолютних значеннях, г.

Π – схожість рослин, %.

Щоб визначити параметри для номограми, ми визнаємо наступні параметри для допустимої варіації абсолютної маси A, схожості рослин Π та норми висіву Q:

$$0,01 < A < 0,06; 3 \cdot 10^6 < Q < 8 \cdot 10^6; 60 < \Pi < 85 \quad (3.2)$$

Формула підлягає прологарифмічній маніпуляції:

$$\lg G - \lg A = \lg Q - 10^4 \lg \Pi \quad (3.3)$$

Вираз (3.3) підходить для обчислення номограм:

$$f_1 u - f_2 v = f_3 \omega - f_4(t) \quad (3.4)$$

Наш наступний крок включає побудову шкал для функцій, знайдених у рівнянні (3.4), що може бути досягнуто шляхом застосування наступних рівнянь:

$$x = \lambda_1 f_1 u ; y = \lambda_2 f_2 v ; \xi = \lambda_3 f_3 \omega ; \eta = \lambda_4 f_4(t) \quad (3.5)$$

Після розгляду наслідків рівняння (3.2) і врахування значення рівності (3.3) виникає необхідність перетворити рівняння (3.5) таким чином:

$$\begin{aligned} x &= \lambda_1 \lg G_{\max} - \lg G_{\min} ; y = \lambda_1 \lg A_{\max} - \lg A_{\min} ; \\ \xi &= \lambda_2 \lg Q_{\max} - \lg Q_{\min} ; \eta = \lambda_2 (\lg \Pi_{\max} \cdot 10^4 \lg \Pi_{\min} \cdot 10^4) \end{aligned} \quad (3.6)$$

Згідно з формулою (3.1), можна обчислити значення G (од./га) на основі заданих показників польової схожості, абсолютної маси та норми висіву насіння. Отриманий діапазон значень для G варіюється від 50 до 565 одиниць на гектар.

Наш аналіз включає наступні числові значення для масштабних модулів: $= 100$ мм; $= 240$ мм. Щоб зберегти узгодженість, вимірювання між шкалами x і y зафіксовано на $h_1 = 140$ мм. Для визначення величини відстані h_2 , яка припадає на ξ та η , використовуємо таке співвідношення:

$$\frac{h_2}{h_1} = \frac{\lambda_2}{\lambda_1}, \quad (3.7)$$

Тоді

$$h_2 = \frac{h_1 \cdot \lambda_2}{\lambda_1} = \frac{40 \cdot 240}{100} = 96 \text{ мм.}$$

Довжину кожної з відповідних шкал визначаємо, використовуючи рівняння (3.6):

$$\begin{aligned} L_x &= \lambda_1 (\lg G_{\max} - \lg G_{\min}) = 100 (\lg 565 - \lg 50) = 103,3 \text{ мм;} \\ L_y &= \lambda_1 \lg A_{\max} - \lg A_{\min} = 100 (\lg 0,06 - \lg 0,01) = 77,8 \text{ мм;} \\ L_\xi &= \lambda_2 \lg Q_{\max} - \lg Q_{\min} = 240 (\lg 8 \cdot 10^6 - \lg 3 \cdot 10^6) = 102,2 \text{ мм;} \\ L_\eta &= \lambda_2 \lg \Pi_{\max} - \lg \Pi_{\min} = 240 \lg 85 - \lg 60 = 36,2 \text{ мм.} \end{aligned} \quad (3.8)$$

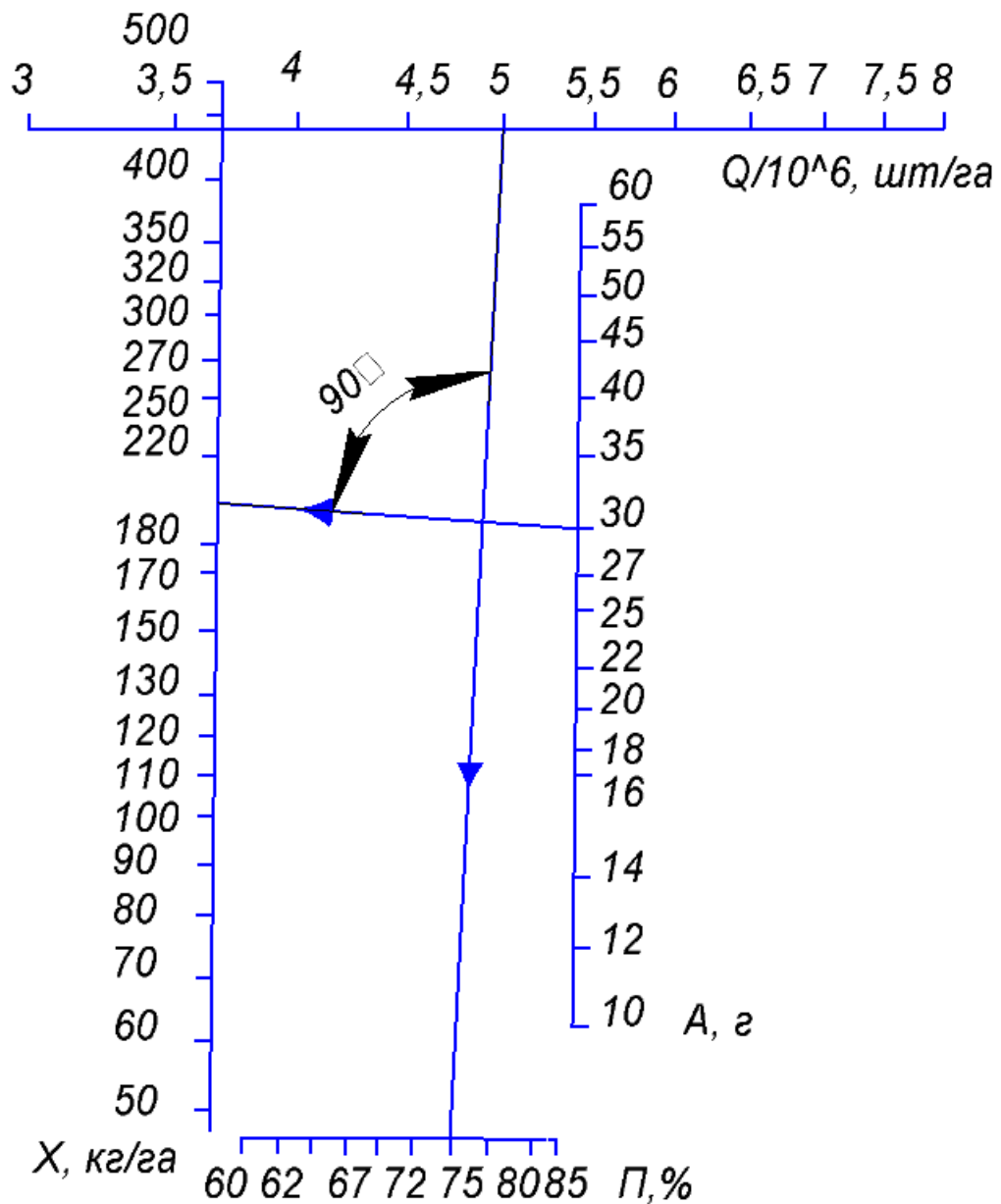


Рисунок 3.8 - Номограма для визначення норми висіву насіння

Дотримуючись формул (3.8), переходимо до побудови функціональних шкал. Відповідні значення довжини зазначених шкал розраховуються на основі заданих інтервалів рівномірності поля, абсолютної маси та норм висіву (вимірюють у кг/га та одиницях/га). Функціональні шкали складаються для значень G, A, П і Q, які потім використовуються для створення номограми. Шкала G вирівняна паралельно шкалі A, тоді як шкала P вирівняна паралельно шкалі Q, як показано на малюнку 3.8.

Приймаючи значення $Q = 5 \times 10^6$ шт/га, $\Pi = 75\%$, $A = 30$ г, відповідні бали за шкалами Q і Π з'єднані. На шкалі A розташована крапка зі значенням 30 г, і від неї проведена пряма лінія, перпендикулярна першій прямій. Посівну яму визначають шляхом знаходження точки перетину другої прямої зі шкалою G , що еквівалентно $G = 200$ кг/га.

Розрахунки використовуються для встановлення ідеальних параметрів насінневого ящика. Верхня частина отвору повинна мати внутрішню ширину, еквівалентну діаметру вихідного отвору насінневого ящика мінус 50,4 мм, тоді як нижня частина повинна мати ширину, яка відповідає максимальному отвору змійовика, який становить 25 мм. Ці параметри гарантують, що кут спуску від верхньої до нижньої частини коробки еквівалентний:

$$\operatorname{ctg} \alpha_k = \frac{D-l}{h_1} = \frac{50,4-25}{22,4} = 1,134 \quad (3.9)$$

Відповідно до геометрії насінневого ящика, його повна висота точно еквівалентна радіусу круглої форми, яка характеризує його основу. Насінневий ящик складається з двох основних компонентів, а саме діаметра робочої катушки та висоти простору, що розділяє спіраль і основу насінневого ящика.

Розрахунок необхідної ділянки проходу між змійовиком і нижньою частиною коробки встановлює мінімальну висоту, необхідну для проходу.

$$F = 4\pi(1 - \xi)^2 \frac{\overline{BC}}{\xi} \quad (3.10)$$

Насіння дуже важливо звернути увагу на критичну секцію проходження для різних типів насіння зернових. Зокрема, було помічено, що критична секція проходу для насіння зернових становить приблизно 265 квадратних міліметрів. Для насіння кукурудзи це значення є порівняно більшим і становить приблизно 560 квадратних міліметрів.

- для зернових: $h_{кр} = 265/25 = 10,6$ мм ;
- для кукурудзи: $h_{кр} = 560/25 = 22,4$ мм ;

Щоб уникнути пошкодження насіння у верхній частині контейнера, необхідно, щоб відстань між верхньою частиною котушки та насінням, позначена як h_2 , перевищувала критичну висоту проходу, що дозволяє безпечно проходити великим насінинам. Для конкретного випадку кукурудзи ця критична висота становить 22,4 мм. Враховуючи, що діаметр ядра $d_{\text{кот}}$ становить 48,6 мм, а висота проходу h_1 дорівнює 10 мм, висоту або радіус насінневої коробки можна розрахувати наступним чином:

$$R_k = h_k + d_{\text{кот}} + h_1 = 22,4 + 48,6 + 10 = 81 \text{ мм} \quad (3.11)$$

Регулюючи нижню частину насінневого ящика, можна збільшити висоту проходу котушки для більшого насіння.

Щоб розрахувати координати центру котушки в ящику для насіння, необхідно спочатку визначити максимальну швидкість, з якою насіння в ящику переміщується під дією сили тяжіння. Цього можна досягти, використовуючи наступну формулу:

$$\vartheta_k = \sqrt{\vartheta_{ok}^2 + 2g(H_3 + f' \frac{r_k^2 - H_3^2}{r_k} - f' r_k)} \quad (3.12)$$

Звідси:

$$\vartheta_k^{\text{max}} \text{ при } H_3 = 0,898r_k$$

Тоді:

$$\frac{H_3}{r_k} = \cos\beta_k = 0,898$$

$$\sin\beta_k = \sqrt{1 - \cos^2\beta_k} = \sqrt{1 - 0,898^2} = 0,441.$$

Отримуємо:

$$x_{\text{кот}} = R_k - r_k - h_1^{\text{min}} \sin\beta_k = (81 - 24,3 - 10) \cdot 0,441 = 20,59 \text{ мм};$$

$$y_{\text{кот}} = R_k - r_k - h_1^{\text{min}} \cos\beta_k = (81 - 24,3 - 10) \cdot 0,898 = 41,94 \text{ мм}.$$

Найнижча частина контейнера для насіння, починаючи з положення $x_{\text{кр}} = 35,64$ мм (що є абсцисою критичної висоти проходу або, простіше кажучи, абсциса v_k^{max}), має кривизну радіусом 81 мм. З іншого боку, кривизна дна

контейнера для насіння від точки $x_{кр} = 0$ визначається радіусом (виміряним від центру котушки), еквівалентним $r_k + h_1$, тобто:

$$R_k^* = r_{кот} + h_1 = 24,3 + 10 = 34,3 = 34 \text{ мм.}$$

Щоб забезпечити оптимальну продуктивність робочої котушки, необхідно, щоб відстань між нижнім краєм схилу та краєм котушки не перевищувала середнього найменшого поперечного розміру насіння, яке було виміряно як 2,2 мм. Для практичних цілей прийнятно прийняти цю відстань за 2 мм.

Щоб визначити максимальне значення нижнього зрізу для насінневого ящика в системі координат із центром, розташованим у тій же точці, що й центр котушки, у розрахунку використовується наступна формула:

$$x_k = r_k(\sin\beta_k - tg\psi)$$

$\beta_{кот}$ знаходимо так:

$$\cos\beta_{кот} = \frac{f' \cdot g^2 r_{кот}^2 \cdot 1 + f'^2 - \vartheta_{кот}^2 - \vartheta_{кот}}{g r_{кот} (1 + f'^2)} \quad (3.13)$$

Припустивши кут нахилу 7° , коефіцієнт тертя 0,43 між насінням вівса та чавуном, а також значення $r_{кот}$ і $\beta_{кот}$ 24,3 мм і 2,85 см/с відповідно, отримуємо наступне:

$$\begin{aligned} \cos\beta_{кот} &= \frac{f' \cdot g^2 r_{кот}^2 \cdot 1 + f'^2 - \vartheta_{кот}^2 - \vartheta_{кот}}{g r_{кот} (1 + f'^2)} = \\ &= \frac{0,43 \cdot 981^2 \cdot 2,43^2 \cdot 1 + 0,43^2 - 2,85^2 - 2,85}{981 \cdot 2,43(1 + 0,43^2)} = 0,392, \end{aligned}$$

Тоді $\beta_{кот} = 66^\circ 05'$. $\sin\beta_{кот} = 0.914$, звідси:

$$x_k = R_k \sin \frac{\pi}{2} - \beta_k - \psi, \quad (3.14)$$

Кут β_k знаходимо так:

$$tg\beta_k = \frac{H_3}{x_k} \quad (3.15)$$

$$H_3 = \frac{2R_k f'}{1+f'^2}, \quad (3.16)$$

$$x_k' = \frac{r_k(1-f'^2)}{1+f'^2} \quad (3.17)$$

Коефіцієнт тертя між вівсом і чавуном = 0,43. Після проведення необхідних обчислень отримані наступні значення:

$$x_k = R_k \sin \frac{\pi}{2} - \beta - \psi = 81 \cdot \sin 46^\circ 30' = 81 \cdot 0,7254 = 58,76 \text{ мм}$$

При використанні системи координат, яка вирівнюється з центром котушки, отримується наступне:

$$x_k = R_k \sin \frac{\pi}{2} - \beta - \psi + R_k - r_k - h_1^{min} \sin \beta_k = 58,76 + 20,59 = 79,35 \text{ мм}$$

У зв'язку з тим, що 79,35 міліметра більше 19,22 міліметра, вважається доцільним призначити абсцису найвищої точки основи насінневої коробочки рівною 19,22 міліметра.

3.3 Розрахунок норм вологи

Для визначення максимально досяжної врожайності вкрай важливо знати параметри, що стосуються кількості продуктивної вологи, використаної під час процесу росту озимого ячменю, а також коефіцієнт, що стосується потреби у воді.

Кількість побутової води (в тоннах на гектар) можна розрахувати за допомогою наступного математичного рівняння:

$$ДВУ = \frac{W}{K_{10}} \quad (3.18)$$

де, W – запас корисної вологи, мм

K_{10} – коеф. потреб у воді.

Щоб визначити кількість вологи, придатну для продуктивності рослин, потрібен простий розрахунок. Зокрема, кількість опадів потрібно помножити на 10, враховуючи, що 1 міліметр опадів дорівнює 10 тоннам води на 1 га землі. Під час аналізу кінцевого результату також важливо враховувати фактори, які сприяють непродуктивним втратам води, наприклад стікання та випаровування.

На основі інформації, отриманої від метеостанції, встановлено, що річна норма опадів на фермі становить 490 мм. У перерахунку на гектар це дорівнює $490 \times 10 = 4900$ тонн води. Однак слід зазначити, що 30% цієї води споживається не виробничими шляхами, такими як стік і випаровування, що становить 1470 тонн. З огляду на це, доступна продуктивна волога на гектар становить 3430 тонн, отримана шляхом віднімання непродуктивного споживання із загальної кількості води.

З огляду на утворення сухої речовини зазначається, що необхідна кількість вологи змінюється залежно від культури. Ця кількість води називається коефіцієнтом транспірації та росту з поверхні ґрунту. При визначенні врожайності культури використовується коефіцієнт потреби у воді, який охоплює як транспірацію, так і випаровування з поверхні ґрунту.

Для ячменю озимого:

$$K_{10} = 400$$

$$ДВУ = \frac{3430}{400} = 8.6 \text{ т/га}$$

Виробництво повністю зневодненої речовини дає врожайність 86 центнерів. Якщо вологість знаходиться на стандартних рівнях, прогнозована врожайність біомаси оцінюється в 100 ц/га. При співвідношенні основної та допоміжної продукції озимого ячменю 1:1,3 можна отримати очікувану врожайність 45,0 ц зерна з гектара.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Робота з сільськогосподарськими агрегатами, особливо такими, як трактори і посівні комплекси, супроводжується низкою потенційних небезпек, які можуть призвести до травм, аварійних ситуацій або навіть загибелі працівників. Основні небезпеки включають:

1. Механічні травми:

- Ризик потрапляння кінцівок або інших частин тіла під рухомі частини обладнання, такі як валки, ножі, ланцюги, шнеки та інші робочі органи тракторів та агрегатів.

- Можливість падіння під час роботи на висоті або під час технічного обслуговування тракторів.

- Затиснення між рухомими частинами механізмів або агрегатів.

2. Травми від падіння важких предметів:

- Падіння інструментів або деталей агрегатів під час їх встановлення, демонтажу або обслуговування.

- Зсув вантажу при транспортуванні або погрузці-розгрузці.

3. Травми від неправильної експлуатації техніки:

- Недотримання правил безпеки при запуску та зупинці двигунів тракторів і агрегатів.

- Робота на несправному або неналежним чином відремонтованому обладнанні.

4. Пожежна небезпека:

- Виникнення пожежі через перегрів техніки, коротке замикання в електричних системах або розлив пального.

- Небезпека загоряння від контакту нагрітих частин агрегатів з легкозаймистими матеріалами (сухе листя, солома).

5. Хімічні ризики:

- Контакт з паливно-мастильними матеріалами, які можуть викликати опіки, алергічні реакції або інтоксикацію.

- Використання агрохімікатів та добрив, які можуть бути небезпечними для здоров'я при неправильному зберіганні або використанні.

6. Психофізіологічні ризики:

- Високе фізичне навантаження, пов'язане з управлінням технікою та виконанням важких робіт.

- Психологічне напруження та стрес, викликані тривалою роботою в польових умовах, зокрема в період пікових навантажень.

Способи запобігання небезпечних ситуацій та зменшення ризику їх виникнення.

Для мінімізації ризиків та забезпечення безпеки праці під час роботи з сільськогосподарськими агрегатами необхідно вжити комплекс заходів, які включають:

1. Організаційні заходи:

- Навчання та інструктаж: Перед початком роботи всі працівники повинні проходити обов'язкове навчання з охорони праці, включаючи інструктажі щодо безпечного використання техніки, засобів захисту та реагування в разі виникнення аварійних ситуацій.

- Контроль за станом техніки: Регулярні технічні огляди та своєчасний ремонт агрегатів з метою виявлення та усунення несправностей, які можуть призвести до небезпечних ситуацій.

- Планування робіт: Раціональне планування робочих процесів, що передбачає попередню оцінку ризиків і підготовку необхідних заходів для їх усунення або мінімізації.

2. Технічні заходи:

- Встановлення захисних кожухів і огорож: Усі рухомі частини механізмів повинні бути захищені огороженнями або кожухами, що запобігають випадковому контакту з ними під час роботи.

- Використання сучасних систем безпеки: Встановлення систем автоматичного вимкнення агрегатів у разі аварійної ситуації, а також сигналізації, яка попереджає про наближення небезпеки.

- Пожежна безпека: Оснащення тракторів та інших агрегатів первинними засобами пожежогасіння (вогнєгасниками), а також забезпечення наявності протипожежних розривів між складськими приміщеннями, де зберігаються паливно-мастильні матеріали та техніка.

3. Індивідуальні заходи:

- Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ): Робітники повинні використовувати спеціальний одяг, взуття, захисні окуляри, рукавиці, каски та респіратори, що захищають їх від механічних, хімічних та інших небезпечних факторів.

- Дотримання правил безпеки: Працівники повинні суворо дотримуватися інструкцій щодо експлуатації техніки, зокрема не працювати на несправних агрегатах, не проводити ремонт техніки під час її роботи, не залишати техніку без нагляду.

4. Психологічні та фізіологічні заходи:

- Раціональний режим праці та відпочинку: Організація робочого часу з урахуванням перерв на відпочинок для запобігання перевтоми та зниження рівня стресу.

- Психологічна підтримка: Забезпечення психологічної підтримки працівників через консультації та тренінги, спрямовані на зниження рівня стресу та підвищення моральної стійкості.

Впровадження вказаних заходів дозволить значно знизити ризик виникнення нещасних випадків на виробництві, покращити умови праці та забезпечити безпеку працівників під час виконання агротехнічних робіт.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічну доцільність впровадження нових інновацій перевірено шляхом вимірювання їх ефективності. Ці нові розробки повинні не тільки відповідати тим же стандартам, що й поточний стандарт, але й перевершувати їх у визначених областях. В економічних оцінках ефективності використання машин у механізованій праці в першу чергу розраховуються прямі та непрямі експлуатаційні витрати та витрати на оплату праці.

Розраховано економічну ефективність удосконалення сівалки СЗ-3,6А. Удосконалення передбачає встановлення на існуючу сівалку вирівнювача ґрунту та спеціальних механізмів регулювання глибини сошника. Відповідно до звіту [18], ця модифікація має потенціал для збереження до 10% насіння, запобігаючи їх розсіюванню в посушливому верхньому шарі ґрунту. Додатково прогнозується збільшення продуктивності посівного агрегату на 10-15%.

Ціна сівалки СЗ-3,6 170 000 грн наразі доступна для придбання. Стандартне річне навантаження, яке витримує ця сівалка, становить 160 годин. Розглядаючи витрати, пов'язані з правом власності, важливо взяти до уваги відрахування, які можуть застосовуватися. Ці відрахування включають 12,5% знижку на ремонт і 7% на поточний ремонт і технічне обслуговування.

Вартість трактора Т-150 - 1 500 000 грн. Відповідно до стандартної практики, річне навантаження становить 1600 годин. Будь-які відрахування на реконструкцію розраховуються на рівні 10%, тоді як капітальний ремонт розраховується на рівні 5%. Крім того, відрахування на поточний ремонт і технічне обслуговування зазначаються на рівні 12,7%.

Удосконалення сівалки призведе до значного збільшення її вартості. Оцінюючи вартість модернізованої сівалки, будемо враховувати наступні аспекти. Запропонована сівалка має конструкцію, яка дуже нагадує серійну сівалку СЗ-3,6, яка важить 1400 кг. Вага сівалки меліорації (складається з

вирівнювача та пристроїв регулювання заглиблення сошника) становить 185 кг. Отже, вартість модернізації визначається таким чином:

$$C_y = \frac{170000}{1400} 185 = 22460 \text{ грн.},$$

Ціна модифікованої сівалки:

$$C_{сн} = 170000 + 22460 = 192460 \text{ грн.}$$

З точки зору вимог до робочої сили, базова та нова одиниця потребує одного тракториста та єдиного помічника. Оплата праці слюсаря встановлюється відповідно до VI класифікації тарифної сітки. Розрахунок трудовитрат на операцію базується на такій формулі:

$$z_n = \frac{m}{W_{г.ек}} \quad (5.1)$$

Витрати, пов'язані з оплатою праці під час процесу посіву з використанням базової одиниці, такі:

$$z_n = \frac{2}{3.93} = 0.51 \text{ люд. - год/га}$$

При використанні оновленого агрегату для посіву витрати, віднесені на оплату праці, такі:

$$z_n = \frac{2}{4.39} = 0.46 \text{ люд. - год/га}$$

Встановлено, що впровадження вдосконаленої установки призвело до значного зниження трудових витрат.

$$E_{зн} = 0,51 - 0,46 = 0,05 \text{ люд.-год./га.}$$

Витрати, пов'язані з використанням удосконаленої одиниці, в основному відносяться до витрат на оплату праці. Ці витрати є прямим результатом людських зусиль, необхідних для роботи пристрою на оптимальному рівні.

$$C_{оп}^н = \frac{1,375(1 \cdot 250 + 1 \cdot 250)}{30,75} = 22,36 \text{ грн./га.}$$

Грошова вартість використаного палива та мастильних матеріалів може бути визначена за допомогою наступного математичного рівняння:

$$C_{\text{пмм}} = \text{Ц}_k \cdot g_{\text{га}} \quad (5.2)$$

Таким чином, грошову вартість витраченого ПММ можна виразити як:

$$C_{\text{пмм}}^{\text{б}} = 28,0 \cdot 1,96 = 54,88 \text{ грн./га};$$

$$C_{\text{пмм}}^{\text{н}} = 28,0 \cdot 1,76 = 49,28 \text{ грн./га}.$$

Для визначення відрахування на ремонт машин у межах агрегату $C_{\text{ра}}$ формула така: грн./га.

$$C_{\text{ра}} = \frac{\alpha_{\text{рт}} \cdot B_{\text{т}}}{100 \cdot W \cdot t_{\text{т}}} + \frac{\alpha_{\text{рм}} \cdot B_{\text{м}}}{100 \cdot W \cdot t_{\text{м}}} \quad (5.3)$$

Допустимі відрахування як на капітальний, так і на поточний ремонт і технічне обслуговування наступні:

$$C_{\text{кто}} = \frac{\alpha_{\text{кт}} \cdot B_{\text{т}}}{100 \cdot W \cdot t_{\text{т}}} + \frac{1}{100 \cdot W} \cdot \left(\frac{\alpha_{\text{т}} \cdot B_{\text{т}}}{t_{\text{нт}}} + \frac{\alpha_{\text{м}} \cdot B_{\text{м}}}{t_{\text{м}}} \right) \quad (5.4)$$

Прямі операційні витрати базової сівалки визначені таким чином:

$$C_{\text{шт}}^{\text{б}} = 25,0 + 54,88 + 57,64 + 60,29 = 197,81 \text{ грн./га}.$$

Прямі експлуатаційні витрати модернізованої сівалки такі:

$$C_{\text{шт}}^{\text{б}} = 22,36 + 49,28 + 55,61 + 57,43 = 184,68 \text{ грн./га}.$$

Економічний вплив:

$$C_{\text{шт}} = 197,81 - 184,68 = 13,13 \text{ грн./га}.$$

Крім того, впровадження запропонованого апарату на культиваторі дозволить зменшити кількість необхідного для сівби насіння озимого ячменю на 10%.

У сільському господарстві загальноприйнято, що норма посіву озимого ячменю на гектар коливається від 180 до 250 кілограмів. При впровадженні посиленої сівалки встановлено, що норму висіву насіння озимого ячменю можна зменшити на 20 кг/га.

При придбанні насіння озимого ячменю по 50,0 грн/кг впровадження оновленої сівалки за рахунок економії насіння дасть додаткову продукцію. Це

додаткове виробництво, коли кількісно виражено в грошовій вартості, матиме таку вартість:

$$D_n = E_n \cdot C_n, \quad (5.5)$$

Кількісно вимірний економічний ефект від використання сучасної сівалки на ділянці площею 450 га можна розрахувати за такою формулою:

$$E_p = (1000 + 13,13) \cdot 450 = 455908,5 \text{ грн.}$$

Для визначення терміну окупності витрат на модернізацію використовується наступна формула:

$$O = \frac{B_m^n - B_m^b}{E_{p,ef}} = \frac{192460 - 170000}{455908,5} \approx 0,05 \text{ року.} \quad (5.6)$$

Результати розрахунків, проведених для оцінки економічної ефективності, стисло представлені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 - Результати розрахунку економічної ефективності проекту

Найменування показника	Базова	Нова	Відхилення +, -
Продуктивність, га/год.	3,93	4,39	+0,46
Затрати праці, люд-год./га	0,51	0,46	-0,05
Прямі питомі експлуатаційні витрати, грн./га	197,81	184,68	-13,13
в тому числі:			
- витрати на заробітну плату	25,0	22,36	-2,64
- витрати на ПММ	54,88	49,28	-5,6
- відрахування на реновацію	57,64	55,61	-2,03
- витрати на ремонт	60,29	57,43	-2,86
Витрати на модернізацію, грн.		22460	
Додатковий економічний ефект, грн..		1000	
Річний економічний ефект, грн.		455908,5	
Строк окупності витрат, років		0,05	

Відповідно до розрахунків економічної ефективності впровадження в господарстві посиленої технології вирощування озимого ячменю з використанням удосконаленої сівалки дасть значний економічний прибуток у розмірі 455 908,5 грн. на рік. Термін окупності витрат на вдосконалення сівалки мінімальний і становить лише 0,05 року.

ВИСНОВКИ

1. На основі аналізу існуючої технології посіву зернових культур у поєднанні з умовами сільськогосподарських угідь розроблено вдосконалену технологію посіву озимого ячменю, яка дозволяє зменшити витрати та підвищити продуктивність. Складено технологічну карту посіву та визначено комплект необхідних машин.

2. Покращена конструкція сівалки СЗ-3,6 дозволяє підвищити якість посіву та зменшити витрати насіння до 10%. Проведені розрахунки для визначення основних параметрів і режимів роботи сівалки. На основі визначених технічних показників розроблено оперативну технічну схему проведення посівних робіт господарства.

3. Результати розрахунку економічної вигоди свідчать, що за рахунок впровадження технології поліпшення посівів озимого ячменю та вдосконалення сівалки СЗ-3,6 господарство може отримати економічну вигоду щороку в розмірі 455 908,5 грн. Термін окупності інвестицій на поліпшення становить 0,05 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Барабаш, Р. І. (2021). *Обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ* (Doctoral dissertation, Львівський національний аграрний університет).
2. Труханська, О. О. (2020). Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.-Вінниця, 2018.-№ 3 (102)-С. 52-61.*
3. Борисюк, Д. В., & Зелінський, В. Й. (2017). Методика розрахунку економічної ефективності впровадження технічного діагностування тракторів. *Економіка. Фінанси. Менеджмент: актуальні питання науки і практики, (5), 135-142.*
4. Грицаєнко, Г. І., & Грицаєнко, І. М. (2020). РОЗВИТОК АГРАРНОГО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТА РИНКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ УКРАЇНИ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор, 105.*
5. Аулін, В. В., & Замота, О. М. (2017). *Економічна ефективність системи технічного обслуговування і ремонту мобільної сільськогосподарської та автотранспортної техніки з елементами прогнозування* (Doctoral dissertation, ТНТУ).
6. Устюянов, П. Д., Домуші, Д. П., Супрунюк, В. П., & Гуславський, А. В. (2022). ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ ТЕХНІКИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та, 309.*
7. Лесюк, В. С., & Калініченко, О. В. (2020). ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор, 274.*

8. Адамчук, В., Камінський, В., Булгаков, В., & Надикто, В. (2022). Теоретичне дослідження та розроблення нового показника інтенсивності впливу ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунт. *Вісник аграрної науки*, 100(4), 57-63.

9. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Троханяк, О., & Чорна, Т. (2023). Теоретичне дослідження стійкості руху асиметричного посівного машинно-тракторного агрегату. *Вісник аграрної науки*, 101(5), 57-64.

10. Товстенко, В. (2021). Удосконалення технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку в майстерні фермерського господарства «Славутич» Веселівського району Запорізької області: пояснювальна записка до дипломної роботи здобувача СВО Бакалавр.

11. Домуці, Д. П., Яковенко, А. М., Осадчук, П. І., Ліпін, А. П., Житков, С. С., & Павлішин, П. М. (2020). РЕМОНТ ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ: навч. посібн.: у 2-х кн.–Кн. 1.

12. Іванов, Б. О., & Тітова, Л. Л. (2022). СТАН СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ НАДІЙНІСТЬ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ. *Збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції «HSEAgro–2022». 8-9 лютого 2022 року. МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Науково-виробничий журнал «Промислова безпека», Державна служба України з питань праці. Київ. 2022. 186 с., 119.*

13. Василенко, М. О., Шаповал, Л. І., & Соколенко, О. М. (2017). Обґрунтування строків проведення ремонтно-обслуговуючих робіт мобільної сільськогосподарської техніки з використанням стратегії адаптивного технічного обслуговування і ремонту. *Механізація та електрифікація сільського господарства. Глеваха*, 245-255.

14. Галич, І. В. (2019). Аналіз джерел вібрацій та коливань елементів машинно-тракторного агрегату. *Подільський вісник: сільське господарство, техніка, економіка*, (30), 72-79.

15. Антощенко, Р. В., & Антощенко, В. М. (2016). Дослідження енергетичних параметрів функціонування багатоелементних машинно-тракторних агрегатів. *Інженерія природокористування*, (2), 105-112.

16. Сіренко, Ю. В., & Сілюченко, В. М. (2022). ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 01-25 листопада 2022 р.)/ТДАТУ: ред. кол., СВ Кюрчев, ВМ Кюрчев, ВТ Надикто, ОГ Скляр [та ін.]– Запоріжжя: ТДАТУ, 2022.–239 с. У збірнику представлені матеріали міжнародної науково-практичної, 56.*

17. Антощенко, Р. В., Лебедєв, А. Т., & Антощенко, В. М. (2017). Керування енергетичними витратами машинно-тракторного агрегата. *Науковий журнал «Технічний сервіс агропромислового лісового та транспортного комплексів»*, (7), 172-179.

18. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Кюрчев, В., & Камінський, В. (2022). Дослідження впливу ширини захвату машинно-тракторного агрегату на його експлуатаційні показники. *Вісник аграрної науки*, 100(10), 29-36.

19. Dnes, V., Kudrynetskyi, R., & Skibchyk, V. (2020). Методичні засади визначення ефективності використання техніки під час обробітку ґрунту, внесення добрив і сівби ярих культур за енергетичним показником. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research*, (24), 77-82.

20. Бакляк, І. В. (2021). ПЛАНОВО-ЗАПОБІЖНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*, 465.

ДОДАТКИ

Додаток А