

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

інженерії машин, споруд та технологій

(повна назва факультету)

технічної механіки та сільськогосподарських машин

(повна назва кафедри)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

на здобуття освітнього ступеня

Бакалавр

(назва освітнього ступеня)

на тему:

**Удосконалення технології вирощування ячменю ярого з
модернізацією ротаційного передпосівного агрегату**

Виконав(ла): студент(ка) 4 курсу, групи МГс

спеціальності

208 Агроінженерія

(шифр і назва спеціальності)

Дзюбик О.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Керівник

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Нормоконтроль

Сташків М.Я.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Рецензент

(підпис)

(прізвище та ініціали)

Міністерство освіти і науки України
Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя

Факультет інженерії машин, споруд та технологій
(повна назва факультету)
Кафедра технічної механіки та сільськогосподарських машин
(повна назва кафедри)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

Бабій А.В.

(підпис)

(прізвище та ініціали)

« »

20__ р.

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ**

на здобуття освітнього ступеня **бакалавр**
(назва освітнього ступеня)

за спеціальністю **208 Агроінженерія**
(шифр і назва спеціальності)

студенту **Дзюбику Олександрові Вікторовичу**
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи **Удосконалення технології вирощування ячменю ярого з модернізацією ротаційного передпосівного агрегату**

Керівник роботи **Бабій Андрій Васильович, д.т.н., професор**
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

Затверджені наказом ректора від «22» 01 2026 року № 4/9-56

2. Термін подання студентом завершеної роботи 22.06.2026

3. Вихідні дані до роботи:
значення техніко-експлуатаційних показників базових марок тракторів; діаметр сталевого з'єднувального пальця – 30 мм; ширина сніці – 50 мм; допустимий тиск на дерев'яні підшипники – 1,5-2,0 МПа; вал довжиною 2,8 м, відстань між підшипниками – 1,75 м.

4. Зміст роботи (перелік питань, які потрібно розробити)

Вступ. 1. Аналіз технологій вирощування ярого ячменю

2. Рекомендації з покращення технології передпосівної підготовки ґрунту

3. Проектна частина.

4. Безпека життєдіяльності, основи охорони праці.

Загальні висновки

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень, слайдів)

Мета і завдання дослідження. Коток-розпушувач. Рама. Сніця. Батарей дисків. Батарей котків. Графіки використання техніки. Операційна карта. Загальні висновки.

Реферат

Кваліфікаційна робота присвячена удосконаленню технології вирощування ярого ячменю шляхом модернізації ротаційного передпосівного агрегату та підвищення ефективності процесу передпосівного обробітку ґрунту.

Актуальність теми зумовлена важливістю ярого ячменю як однієї з провідних зернових культур України, а також необхідністю підвищення ефективності агротехнологій в умовах сучасного сільськогосподарського виробництва. Особливе значення має якісна підготовка ґрунту до сівби, оскільки саме вона визначає дружність сходів, рівномірність розвитку рослин і, як наслідок, рівень урожайності.

Метою роботи є підвищення ефективності технології вирощування ярого ячменю шляхом вдосконалення конструкції передпосівного агрегату. Для досягнення поставленої мети було вирішено низку наукових і практичних завдань: проведено аналіз технологій вирощування культури та систем обробітку ґрунту; досліджено сучасні конструкції машин для передпосівного обробітку; обґрунтовано доцільність застосування комбінованих агрегатів; виконано розрахунок і модернізацію основних елементів котка-розпушувача; визначено технічні та технологічні параметри агрегату.

Об'єктом дослідження є технологічний процес передпосівного обробітку ґрунту під ярий ячмінь, а предметом дослідження – конструкція та параметри робочих органів передпосівного агрегату.

У роботі виконано аналіз агробіологічних особливостей ярого ячменю, умов його вирощування та вимог до обробітку ґрунту. Досліджено існуючі технологічні рішення, які застосовуються у передпосівному обробітку, зокрема культиватори, борони, котки та комбіновані агрегати. Встановлено, що найбільш перспективними є багатофункціональні машини, які забезпечують виконання кількох операцій за один прохід, що дозволяє зменшити ущільнення ґрунту, скоротити витрати пального та підвищити продуктивність праці.

У проєктній частині виконано удосконалення котка-розпушувача КР-3, який забезпечує розпушення верхнього шару ґрунту, подрібнення грудок і формування вирівняної поверхні поля. Проведено міцнісні розрахунки основних елементів конструкції, зокрема зчіпного пристрою, вала та зварних з'єднань, що підтверджують їхню надійність у заданих умовах експлуатації. Також виконано технологічний розрахунок агрегату, визначено оптимальні режими роботи та параметри агрегування з трактором.

Практичне значення роботи полягає у розробці удосконаленої конструкції передпосівного агрегату, яка забезпечує підвищення якості підготовки ґрунту, зменшення енергетичних витрат і покращення умов для розвитку рослин. Запропоновані технічні рішення можуть бути використані у виробничих умовах сільськогосподарських підприємств.

Робота складається зі вступу, чотирьох розділів, загальних висновків, списку використаних джерел і додатків.

Ключові слова: ярий ячмінь, передпосівний обробіток ґрунту, культиватор, коток-розпушувач, комбінований агрегат, технологічний процес, робочі органи, модернізація.

ЗМІСТ

Реферат	3
ВСТУП.....	6
1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ	7
1.1 Біологічні властивості та місце у сівозміні ярого ячменю.....	7
1.2 Система удобрення ярого ячменю	11
1.3 Обробіток ґрунту під ярий ячмінь.....	13
1.4 Сівба, догляд за посівами та збирання врожаю ярого ячменю	15
1.5 Огляд машин-аналогів для передпосівного обробітку ґрунту при сівбі ярого ячменю.....	17
2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ПІДГОТОВКИ ҐРУНТУ	22
2.1 Аналіз технологічних операцій при вирощуванні ярого ячменю.....	22
2.2 Побудова графіка використання сільськогосподарських машин	27
2.3 Обґрунтування доцільності комплектування комбінованих агрегатів.....	28
3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА	31
3.1 Аналіз особливостей конструкції котка-розпушувача КР-3.....	31
3.2 Обґрунтування параметрів складових котка-розпушувача	32
3.3 Виконання міцнісних розрахунків елементів котка-розпушувача	36
3.4 Технологічний розрахунок агрегату	38
3.5 Підготовка агрегату та поля до роботи	46
4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ.....	49
4.1 Виробничі небезпеки при виконанні передпосівної підготовки ґрунту	49
4.2 Заходи охорони праці при виконанні передпосівного обробітку ґрунту	51
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	53
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	55

ВСТУП

Ячмінь ярий є однією з найважливіших зернових культур України, що має значне продовольче, кормове та пивоварне значення. Його висока скоростиглість, адаптивність до різних ґрунтово-кліматичних умов і економічна ефективність зумовлюють широке поширення у структурі посівних площ. Водночас сучасні умови господарювання, що характеризуються змінами клімату, зростанням вартості ресурсів та необхідністю підвищення конкурентоспроможності аграрного виробництва, потребують удосконалення технологій вирощування цієї культури.

Одним із ключових елементів отримання високих і стабільних урожаїв ячменю ярого є якісний передпосівний обробіток ґрунту. Саме він забезпечує створення оптимальних агрофізичних властивостей посівного шару, збереження вологи, вирівнювання поверхні поля, а також формування сприятливих умов для рівномірних сходів рослин. Недосконалість існуючих технічних засобів передпосівного обробітку, зокрема ротаційних агрегатів, призводить до перевитрат енергії, нерівномірності обробітку та зниження ефективності технологічного процесу.

Сучасний розвиток аграрної техніки спрямований на створення високопродуктивних, енергоощадних і універсальних машин, здатних виконувати кілька технологічних операцій за один прохід. Ротаційні передпосівні агрегати займають важливе місце серед таких машин завдяки їх здатності інтенсивно розпушувати верхній шар ґрунту, подрібнювати грудки та формувати дрібногрудочкувату структуру. Однак подальше підвищення їх ефективності можливе лише шляхом конструктивного вдосконалення та оптимізації робочих органів.

Актуальність обраної теми зумовлена необхідністю підвищення ефективності технології вирощування ячменю ярого шляхом вдосконалення процесу передпосівного обробітку ґрунту. Модернізація ротаційного передпосівного агрегату дозволить забезпечити більш якісне підготування посівного ложа, знизити енергетичні витрати, підвищити рівень механізації та створити передумови для зростання врожайності культури.

1 АНАЛІЗ ТЕХНОЛОГІЙ ВИРОЩУВАННЯ ЯРОГО ЯЧМЕНЮ

1.1 Біологічні властивості та місце у сівозміні ярого ячменю

Ярий ячмінь є однією з основних зернових культур, яка характеризується рядом специфічних біологічних властивостей, що визначають особливості його вирощування та рівень продуктивності. Важливою відмінною рисою цієї культури є її відносно короткий вегетаційний період, який супроводжується інтенсивним наростанням вегетативної маси та швидким формуванням генеративних органів. Саме тому ячмінь потребує оптимальних умов живлення та водозабезпечення вже на початкових етапах росту і розвитку.

Однією з найбільш суттєвих біологічних особливостей ярого ячменю є слабкий розвиток кореневої системи. Корені рослин характеризуються невеликою проникною здатністю вглиб ґрунтового профілю та обмеженою здатністю до засвоєння важкодоступних форм поживних речовин. У зв'язку з цим ячмінь дуже вимогливий до родючості ґрунтів, їхньої структури та забезпеченості доступними формами макро- і мікроелементів. Найбільш придатними для вирощування культури є добре структуровані, середньосуглинкові ґрунти з високим вмістом гумусу.

Найвищу продуктивність ярий ячмінь забезпечує на чорноземах глибоких і опідзолених, які характеризуються сприятливими агрофізичними та агрохімічними властивостями. Також добрі врожаї формуються на темно-сірих, сірих лісових і дерново-карбонатних ґрунтах. Разом з тим культура є чутливою до несприятливих ґрунтових умов. Непридатними для її вирощування є болотисті, торфові, кислі та засолені ґрунти без проведення відповідних меліоративних заходів. Це пов'язано з тим, що у таких умовах порушується повітряний режим, погіршується доступність елементів живлення, а також пригнічується розвиток кореневої системи.

Ще однією важливою біологічною особливістю є висока чутливість ярого ячменю до строків сівби. Культура належить до ранніх строків висіву, що

дозволяє максимально використовувати запаси вологи, накопичені у ґрунті за зимовий період. При запізненні із сівбою навіть на 5–10 днів, особливо в умовах недостатнього зволоження, спостерігається значне зниження врожайності. Це пояснюється тим, що у пізні строки сівби рослини потрапляють у несприятливі температурні умови в період формування зерна, що негативно впливає на продукційний процес.

Ярий ячмінь також відзначається підвищеною чутливістю до забезпечення елементами живлення, особливо азотом. Достатнє азотне живлення сприяє інтенсивному росту рослин, формуванню листової поверхні та підвищенню врожайності. Проте його надлишок може призводити до негативних наслідків, зокрема вилягання посівів, що значно ускладнює збирання врожаю і погіршує якість зерна. Крім того, надмірне азотне живлення може спричинити формування щуплого зерна та зниження вмісту крохмалю.

Важливим аспектом є і вимогливість культури до водного режиму. Незважаючи на відносно короткий вегетаційний період, ячмінь потребує достатньої кількості вологи в критичні фази розвитку – кущення та колосіння. Недостатнє зволоження в ці періоди призводить до зменшення кількості продуктивних стебел та формування дрібного зерна. Разом з тим надмірне зволоження також є небажаним, оскільки може сприяти розвитку хвороб і погіршенню фізико-хімічних властивостей ґрунту.

Суттєве значення для реалізації потенціалу продуктивності ярого ячменю має його місце у сівозміні. Раціональне розміщення культури в сівозміні сприяє покращенню фітосанітарного стану посівів, підвищенню родючості ґрунту та ефективному використанню поживних речовин. Найкращими попередниками для ярого ячменю в умовах Лісостепу є озима пшениця, кукурудза на зерно або силос, просо, а також цукрові буряки. Ці культури залишають після себе добре структурований ґрунт, відносно чистий від бур'янів, і створюють сприятливі умови для росту і розвитку ячменю.

Особливо важливо враховувати вплив попередників на запаси поживних речовин у ґрунті. Ячмінь добре використовує післядію органічних і

мінеральних добрив, тому доцільно розміщувати його після культур, під які вносилися значні дози добрив. Це дозволяє більш ефективно використовувати їх залишкову дію і зменшити витрати на додаткове удобрення.

Водночас у сучасних умовах ведення сільського господарства часто виникає необхідність розміщення ярого ячменю після менш сприятливих попередників, зокрема стерньових культур. Це обумовлено високою насиченістю сівозмін зерновими та технічними культурами. У таких випадках значно зростає роль агротехнічних заходів, спрямованих на мінімізацію негативного впливу попередників. До них належать правильна система обробітку ґрунту, внесення добрив, хімічна меліорація, а також ефективна боротьба з бур'янами, шкідниками та хворобами.

Слід зазначити, що при розміщенні ярого ячменю в сівозміні необхідно враховувати не лише тип попередника, але й біологічні особливості конкретних сортів. Різні сорти можуть відрізнятися за здатністю до засвоєння поживних речовин, стійкістю до стресових факторів та адаптивністю до умов вирощування. Тому правильний вибір сорту і його узгодження з попередниками є важливою складовою ефективної технології вирощування.

Окрім цього, правильне місце культури у сівозміні сприяє покращенню структури ґрунту, збереженню його родючості та оптимізації водного режиму. Ячмінь, як культура з коротким вегетаційним періодом, дає можливість своєчасно підготувати поле під наступні культури, що є важливим елементом інтенсивних сівозмін.

Таким чином, біологічні властивості ярого ячменю – слаборозвинена коренева система, короткий вегетаційний період, висока вимогливість до умов живлення та строків сівби – тісно пов'язані з його місцем у сівозміні. Рациональне поєднання цих факторів дозволяє забезпечити оптимальні умови для росту і розвитку рослин, підвищити ефективність використання ресурсів та отримати стабільно високі врожаї зерна.

У системі агротехнічних заходів, спрямованих на створення оптимальних умов для росту і розвитку ярого ячменю, особливе значення має науково

обґрунтоване розміщення культури у сівозміні. Доцільно відводити під посіви ячменю поля з високим рівнем родючості ґрунту, добрим агрофізичним станом та низьким ступенем забур'яненості.

Як показує виробнича практика та результати досліджень, найбільш ефективними попередниками ярого ячменю в умовах Лісостепу є озима пшениця, кукурудза (на зерно та силос), просо, а також цукрові буряки. Після цих культур створюються сприятливі умови для накопичення вологи, поживних речовин і зниження засміченості полів, що позитивно впливає на формування врожаю. Разом із тим у південно-східних регіонах після цукрових буряків спостерігається певне зниження врожайності ярого ячменю порівняно з іншими попередниками, що необхідно враховувати при плануванні сівозмін.

З метою максимального використання потенціалу попередників доцільно враховувати не лише їх агротехнічну цінність, а й біологічні, агроекологічні та агрохімічні особливості сучасних сортів ярого ячменю, оскільки їх реакція на умови вирощування може суттєво відрізнятися.

В сучасних умовах ведення сільського господарства, коли спостерігається висока насиченість сівозмін зерновими і технічними культурами, у багатьох господарствах виникає необхідність розміщення значної частки посівів ярого ячменю (до 20–30%) після менш сприятливих попередників, зокрема стерньових. У зв'язку з цим пропонується передбачати в сівозмінах відповідні компенсуючі агротехнічні заходи.

Зокрема, для зменшення негативного впливу попередників доцільно:

запроваджувати систематичне внесення органічних і мінеральних добрив з урахуванням агрохімічного стану ґрунту;

застосовувати заходи хімічної меліорації на деградованих ґрунтах;

удосконалювати систему обробітку ґрунту з метою покращення його структури та водного режиму;

проводити ефективний контроль бур'янів, шкідників і хвороб.

Реалізація зазначених заходів у поєднанні з раціональним розміщенням культури у сівозміні дозволить підвищити ефективність вирощування ярого ячменю навіть за умов використання менш сприятливих попередників, забезпечити стабільність урожайності та раціональне використання виробничих ресурсів.

1.2 Система удобрення ярого ячменю

Серед агротехнічних заходів, що забезпечують підвищення продуктивності ярого ячменю, провідну роль відіграє науково обґрунтована система удобрення. Одним із найефективніших і швидкодіючих чинників збільшення врожайності є раціональне застосування мінеральних добрив. За результатами численних досліджень встановлено, що їх використання в умовах Лісостепу забезпечує приріст урожаю зерна на рівні 4,2–8,1 ц/га, а також пом'якшує негативний вплив несприятливих погодних факторів.

Ярий ячмінь характеризується здатністю ефективно використовувати післядію органічних і мінеральних добрив, внесених під попередні культури. Саме тому систему удобрення доцільно формувати таким чином, щоб культуру розміщували в сівозміні після добре удобрених попередників. Такий підхід дозволяє оптимізувати витрати ресурсів і підвищити коефіцієнт їх використання рослинами.

На чорноземних ґрунтах із середнім рівнем забезпеченості поживними речовинами доцільним є внесення повного мінерального добрива у нормі приблизно $N_{40}P_{40}K_{40}$. При цьому найефективнішим вважається диференційований спосіб внесення: більшу частину добрив (орієнтовно $N_{30}P_{25}K_{30}$) вносять восени під основний обробіток ґрунту, а решту (близько $N_{10}P_{15}K_{10}$) – локально в рядки під час сівби. Така технологія дозволяє підвищити ефективність використання елементів живлення та забезпечити додатковий приріст урожайності.

Особливої уваги потребує регулювання азотного живлення. Його внесення повинно бути диференційованим і враховувати такі фактори, як рівень зволоження, попередник, агрохімічний стан ґрунту та кількість раніше внесених добрив. Надлишок азоту може спричиняти вилягання посівів, що негативно впливає на формування врожаю, знижує якість зерна та ускладнює процес збирання.

Традиційно мінеральні добрива вносять під зяблевий обробіток. У випадку, коли це не було зроблено восени, їх допускається застосовувати навесні під передпосівну культивуацію. Водночас на малозабезпечених або недостатньо удобрених полях ефективним є локальне внесення добрив під час сівби. Навіть за використання невеликих доз поживних речовин такий спосіб забезпечує значну віддачу у вигляді приросту врожайності.

При розробці системи удобрення для конкретних полів необхідно враховувати ґрунтово-агрохімічні показники, попередники, а також особливості вирощуваних сортів. Сучасні сорти ярого ячменю відрізняються за здатністю засвоювати поживні речовини, тому оптимізація норм добрив має проводитися з урахуванням їх біологічного потенціалу.

Планування врожайності ярого ячменю доцільно здійснювати з використанням розрахункових моделей, які враховують родючість ґрунту та рівень удобрення. Ресурсний урожай визначають за залежністю:

Програмують урожай ячменю за формулою

$$V_p = C \cdot B + K_{mo} \cdot O_m + K_o \cdot O_o \quad (1.1)$$

де V_p – ресурсний врожай, ц/га;

C – ціна бала, ц/га;

B – бонітет ґрунту поля, балів;

K_m – кількість внесених мінеральних добрив, ц/га;

O_m – окупність 1 ц поживної речовини мінеральних добрив урожаєм зерна, ц/га;

K_o - кількість внесених органічних добрив, т/га;

O_o – окупність 1 т органічних добрив урожаєм зерна, ц/га.

Таким чином, сучасна система удобрення ярого ячменю повинна базуватися на принципах диференційованого внесення добрив, урахуванні агрохімічного стану ґрунтів, біологічних особливостей сортів і використанні ресурсозберігаючих технологій. Це забезпечує не лише стабільне зростання врожайності, але й підвищення економічної ефективності виробництва зерна.

1.3 Обробіток ґрунту під ярий ячмінь

Підготовка ґрунту під ярий ячмінь у сучасних умовах базується на принципах збереження вологи, ефективного контролю бур'янів та оптимізації енергетичних витрат. У зонах із нестійким зволоженням система обробітку спрямована передусім на максимальне накопичення і збереження ґрунтової вологи, що є критично важливим для отримання дружніх сходів та формування врожаю.

Після збирання попередника поле доцільно оперативно обробити шляхом луцення стерні. Для цього використовують дискові луцильники, які забезпечують подрібнення рослинних решток і стимулюють проростання падалиці та бур'янів. У разі значного забур'янення, особливо коренепаростковими бур'янами, проводять повторне луцення більш глибокими знаряддями (лемішними луцильниками) на глибину 10–12 см. За достатньої вологості ці операції часто поєднують із боронуванням, а в посушливих умовах – із прикочуванням, що сприяє кращому збереженню вологи у ґрунті.

Система основного обробітку значною мірою залежить від попередника. Після зернових культур проводять зяблеву оранку на глибину 20–22 см, тоді як на засмічених полях глибину збільшують до 25–30 см. Після просапних культур (наприклад, цукрових буряків чи картоплі) оранку часто виконують без попереднього луцення, оскільки ґрунт уже достатньо розпушений. Після

кукурудзи, як правило, застосовують більш глибокий обробіток – до 30 см, що сприяє кращому загортанню решток та покращенню структури ґрунту.

Поряд із традиційною оранкою в сучасній практиці все ширше застосовуються ресурсощадні технології, зокрема безвідвальний або плоскорізний обробіток. Хоча такі методи можуть дещо збільшувати забур'яненість посівів, за належного контролю бур'янів вони не призводять до істотного зниження врожайності. Вибір способу обробітку має бути диференційованим і враховувати конкретні ґрунтово-кліматичні умови, рівень засміченості поля та біологічні особливості вирощуваних сортів.

Весняний обробіток ґрунту повинен бути максимально щадним і проводитися в стислі строки, щоб запобігти втратам вологи. Традиційно він включає ранньовесняне боронування для вирівнювання поверхні та руйнування ґрунтової кірки, а також передпосівну культивуацію. У разі повільного відтавання ґрунту або пересихання поверхневого шару може застосовуватися шлейфування. Якісно виконане боронування формує дрібногрудкуватий розпушений шар товщиною 4–6 см, що значно зменшує випаровування вологи.

У сприятливі роки, коли зяб добре вирівняний і містить достатній запас вологи, допускається мінімізація передпосівного обробітку – аж до проведення лише одного боронування без культивації. Передпосівну культивуацію зазвичай виконують на глибину загортання насіння (5–6 см), що забезпечує рівномірне розміщення насіння у вологому шарі ґрунту та сприяє дружним сходам. Дослідження показують, що надмірне заглиблення культивації (понад 10–12 см) є неефективним, оскільки призводить до пересушування ґрунту і не покращує якість посіву.

Важливим напрямом удосконалення технології є широке застосування комбінованих і широкозахватних агрегатів, які дозволяють за один прохід виконувати кілька операцій: розпушування, вирівнювання, внесення добрив і навіть сівбу. Такі технологічні рішення дають змогу скоротити строки польових робіт, зменшити витрати пального і знизити негативний вплив техніки на ґрунт (ущільнення, руйнування структури).

Отже, сучасна система обробітку ґрунту під ярий ячмінь має базуватися на принципах диференційованого підходу, збереження вологи, мінімалізації механічного впливу та ефективного використання комбінованої техніки. Основною вимогою при цьому залишається формування вирівняного, добре розпушеного посівного шару, що забезпечує рівномірне загортання насіння і створює оптимальні умови для росту рослин.

1.4 Сівба, догляд за посівами та збирання врожаю ярого ячменю

Ярий ячмінь належить до культур ранніх строків сівби, що є однією з ключових умов реалізації його потенціалу продуктивності. Оптимальною є сівба в максимально ранні строки після досягнення фізичної стиглості ґрунту. Запізнення навіть на 5–10 діб, особливо за умов дефіциту вологи, призводить до істотного зниження врожайності через погіршення умов росту рослин у критичні фази розвитку.

Для сівби використовують високоякісний насіннєвий матеріал – очищене, відкаліброване, кондиційне насіння високих репродукцій, яке відповідає чинним стандартам. Перед висівом насіння обов'язково обробляють сучасними протруйниками фунгіцидної дії з додаванням прилипачів або плівкоутворюючих компонентів, що забезпечує захист від комплексу ґрунтових та насіннєвих інфекцій.

Норма висіву встановлюється з урахуванням біологічних особливостей сорту, умов вирощування та стану ґрунту і зазвичай становить 4,5–5,0 млн схожих насінин на 1 га. У ваговому вираженні це приблизно 140–220 кг/га. Для інтенсивних, висококущистих і схильних до вилягання сортів норму висіву доцільно зменшувати, тоді як для менш кущистих і стійких до вилягання – відповідно підвищувати. Також норми коригують залежно від попередників і

строків сівби: після кращих попередників норму зменшують, а при запізненні або сівбі в сухий ґрунт – збільшують.

Глибина загортання насіння визначається вологістю та механічним складом ґрунту: за достатнього зволоження вона становить 5–6 см, тоді як на важких, схильних до запливання ґрунтах – 3–4 см. Важливим фактором забезпечення рівномірних сходів є якісний розподіл насіння на площі, що досягається завдяки застосуванню звичайного рядкового способу сівби з міжряддями 15 см.

У сучасних умовах використовують зернові сівалки типу СЗ-3,6, а також широкозахватні посівні комплекси, які дозволяють підвищити продуктивність і скоротити строки виконання робіт. При інтенсивних технологіях вирощування додатково впроваджують постійну колійність (технологічні колії), що дає змогу оптимізувати догляд за посівами та зменшити пошкодження рослин під час обробок.

Догляд за посівами ярого ячменю включає комплекс агрозаходів, спрямованих на забезпечення оптимальних умов росту і розвитку рослин. У посушливих умовах важливим елементом є післяпосівне коткування, яке сприяє ущільненню посівного шару, покращує контакт насіння з ґрунтом і забезпечує більш рівномірні сходи. Практика показує, що цей захід може суттєво підвищити врожайність.

На важких ґрунтах часто утворюється поверхнева кірка, яка перешкоджає доступу повітря і ускладнює проростання рослин. Для її руйнування застосовують легкі або середні борони, а також ротаційні мотики. Водночас боронування слід уникати після появи сходів за надмірної вологості ґрунту або при неглибокому загортанні насіння, оскільки це може спричинити пошкодження рослин.

Сучасна система захисту посівів базується на інтегрованому підході, що передбачає поєднання агротехнічних і хімічних методів. За значного рівня забур'яненості застосовують гербіциди вибіркової дії, які ефективно контролюють однорічні та багаторічні бур'яни. Для захисту від хвороб

(борошниста роса, іржа тощо) використовують сучасні фунгіциди, а проти шкідників – інсектициди. Комплексне застосування засобів захисту рослин дозволяє додатково отримати 5–8 ц/га зерна і значно зменшити втрати врожаю.

Збирання ярого ячменю є завершальним і надзвичайно відповідальним етапом технології, від якого залежить збереження сформованого врожаю. Оптимальні строки збирання встановлюють залежно від стану посівів і погодних умов. Як правило, застосовують комбінований підхід: роздільне збирання поєднують із прямим комбайнуванням.

Забур'янені або полегли посіви збирають роздільно, скошуючи у валки при вологості зерна 30–38%, тоді як зріжені й чисті посіви доцільно прибирати прямим комбайнуванням при вологості зерна 15–18%. У сучасних господарствах застосовують високопродуктивні зернозбиральні комбайни, що дозволяють мінімізувати втрати та забезпечити високу якість обмолоту.

Післязбиральна доробка зерна включає очищення, сушіння та доведення вологості до стандартних показників (14–15%). Це забезпечує його безпечне зберігання та подальше використання за призначенням.

Отже, сучасна технологія сівби, догляду та збирання ярого ячменю ґрунтується на поєднанні точного дотримання агротехнічних вимог із впровадженням інноваційних технічних засобів і ресурсозберігаючих підходів, що забезпечує високий рівень ефективності виробництва.

1.5 Огляд машин-аналогів для передпосівного обробітку ґрунту при сівбі ярого ячменю

Передпосівний обробіток ґрунту є завершальною операцією в системі основного і передпосівного обробітку, від якості якої безпосередньо залежить польова схожість та рівномірність розвитку рослин ярого ячменю. Основною метою цієї операції є створення оптимального посівного ложа, яке

характеризується дрібногрудкуватою структурою у зоні загортання насіння, ущільненим піднасінневим горизонтом та вирівняною поверхнею поля.



Рисунок 1.1 – Компактори Беднар [31]

Аналіз сучасних конструкцій машин свідчить, що для реалізації зазначених вимог використовують широкий спектр ґрунтообробних агрегатів, які можна поділити на кілька основних груп: передпосівні культиватори, борони, котки та комбіновані агрегати.

Провідне місце серед машин-аналогів займають передпосівні культиватори, які виконують основну частину операцій з розпушення та формування посівного горизонту. Конструктивно вони складаються з жорсткої або складаної рами, на якій розміщено кілька рядів лап (S-подібних або жорстких стояків), вирівнювальних планок та прикочувальних котків. Робочі органи у вигляді стрілочастих лап забезпечують суцільне підрізання бур'янів і рівномірне розпушення ґрунту на задану глибину (3–8 см), що є оптимальним для ярого ячменю. Регулювання глибини здійснюється, як правило, за допомогою опорних коліс або прикочувальних котків, часто із застосуванням паралелограмного механізму підвіски, який забезпечує копіювання рельєфу поля.



Рисунок 1.2 – Культиватори Wil-Rich XL2 від компанії Väderstad [32]

Значну роль у передпосівному обробітку відіграють борони різних типів. Дискові борони мають батареї сферичних дисків, встановлених під певним кутом до напрямку руху, що забезпечує інтенсивне кришіння і перемішування ґрунту з рослинними рештками. Зубові та шлейфові борони використовуються переважно для вирівнювання поверхні поля та руйнування ґрунтової кірки, тоді як ротаційні борони виконують інтенсивне подрібнення грудок і покращують аерацію верхнього шару.



Рисунок 1.3 – Дискова борона Lemken Rubin 10 [33]

Окрему групу машин становлять котки, які призначені для ущільнення та вирівнювання поверхні ґрунту, а також подрібнення грудок. Конструкція котків включає барабани різного типу (гладкі, кільчасто-шпорові, трубчасті), змонтовані на рамі або у вигляді окремих секцій. Їх застосування особливо важливе для отримання оптимальної щільності посівного горизонту, що забезпечує кращий контакт насіння з ґрунтом та сприяє рівномірним сходам.



Рисунок 1.4 – Дискові борони Horsch преміум класу, модель Joker RT [12]

Найбільш досконалими з точки зору агротехнічних вимог є комбіновані агрегати для передпосівної підготовки ґрунту, які поєднують у своїй конструкції декілька робочих органів і виконують комплекс операцій за один прохід. Типовим представником таких машин є агрегати типу System-Kompaktor, що складаються з переднього вирівнювального пристрою, котків-подрібнювачів, кількох рядів лап культиватора та задніх прикочувальних котків. Передній коток забезпечує первинне кришіння ґрунту, вирівнювальна планка формує рівну поверхню, лапи створюють однорідний розпушений шар, а задні котки здійснюють остаточне ущільнення посівного горизонту.

Важливою особливістю сучасних комбінованих агрегатів є застосування паралелограмного підвішування робочих секцій, що гарантує рівномірну глибину обробітку по всій ширині захвату. Крім того, наявність різних типів лап

(стрілчасті, γ -зуби), вирівнювачів і котків дозволяє адаптувати агрегат до різних ґрунтово-кліматичних умов і вимог конкретної культури.

Аналіз сучасних технічних рішень показує, що останнім часом спостерігається тенденція до створення універсальних багатофункціональних агрегатів, здатних виконувати кілька технологічних операцій одночасно. Такі машини можуть включати до 6–8 робочих секцій (лапи, борони, вирівнювачі, котки), що дозволяє істотно зменшити кількість проходів техніки по полю, знизити ущільнення ґрунту та зберегти вологу, що є критично важливим у весняний період.

Таким чином, проведений огляд машин-аналогів показує, що еволюція засобів передпосівного обробітку ґрунту відбувається у напрямку інтеграції окремих операцій в межах одного агрегату. Для вирощування ярого ячменю найбільш ефективними є комбіновані передпосівні агрегати, які забезпечують оптимальну структуру ґрунту, рівномірну глибину обробітку та мінімальну кількість проходів по полю. Це створює передумови для отримання дружних сходів і високої урожайності культури.

2 РЕКОМЕНДАЦІЇ З ПОКРАЩЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ПЕРЕДПОСІВНОЇ ПІДГОТОВКИ ҐРУНТУ

2.1 Аналіз технологічних операцій при вирощуванні ярого ячменю

Технологічна карта є ключовим планово-технологічним документом, який регламентує процес вирощування та збирання сільськогосподарської культури в умовах конкретного господарства. Вона розробляється на плановий рік з урахуванням наявного машинно-тракторного парку, можливостей впровадження сучасної техніки та прогресивних агротехнічних рішень, що спрямовані на підвищення врожайності і зменшення трудових витрат на одиницю продукції.

Складена технологічна карта для ярого ячменю містить такі основні розділи:

агрономічну частину, яка включає перелік технологічних операцій, обсяг виконуваних робіт, строки їх початку та тривалість;

технічне забезпечення, де наведено склад агрегатів, їх продуктивність, нормативи витрат палива та інші експлуатаційні показники;

ресурсне забезпечення, що охоплює потребу в техніці, робочій силі, паливі та матеріалах;

економічні показники, які характеризують трудові витрати та виробіток в умовних одиницях механізованих робіт.

До початку розробки технологічної карти було проаналізовано комплекс виробничих умов, зокрема агрокліматичні та ґрунтові характеристики, питомий опір ґрунту, конфігурацію поля, довжину гонів і рельєф місцевості. Вказані фактори безпосередньо впливають на вибір технології вирощування ярого ячменю та ефективність її реалізації.

При формуванні карти враховували вихідні дані: попередник (цукрові буряки), площу посіву, запланований рівень урожайності основної та побічної продукції, норми висіву насіння, внесення добрив і засобів захисту рослин, а

також транспортні відстані для перевезення матеріалів і продукції. Додатково брали до уваги ступінь ерозійної небезпеки ґрунтів та рівень забур'яненості площ.

Заповнення технологічної карти здійснювали у такій послідовності.

У графу 1 («Шифр операції») заносили порядковий номер.

У графу 2 вносили перелік необхідних технологічних операцій.

Обсяг робіт (графа 3), Ω визначали залежно від типу операції:

- для технологічних агрегатів (оранка, культивування, збирання врожаю), га,

$$\Omega = Fk \quad (2.1)$$

- для навантажувальних, т, ц, м³,

$$\Omega = Fg_m \quad (2.2)$$

- для транспортних, т чи ткм,

$$\Omega = Fg_m L_n \quad (2.3)$$

де F – площа вирощування сільськогосподарської культури, га;

k – коефіцієнт кратності виконання операцій;

g_m – норма витрати технологічних матеріалів, т/га;

L_n – відстань перевезень, км.

Дата початку робіт (графа 4) встановлювалася відповідно до агротехнічних вимог культури.

Режим роботи агрегатів планували переважно у дві зміни. Тривалість однієї зміни $T_{зм}=7$ год, а при роботі з хімічними препаратами – не більше 6 год. У разі необхідності тривалість зміни дозволяється збільшувати до 10 год. Відповідно добова тривалість роботи T_d (графа 5) визначалась сумарною тривалістю змін.

У графах 6–8 зазначали склад машинно-тракторного агрегату (трактор, сільськогосподарська машина, зчіпка та їх кількість). Підбір агрегатів здійснювали за критеріями максимальної продуктивності W_r та мінімальної витрати палива g_p .

Змінну продуктивність $W_{зм}$ (графа 9) і витрату палива (графа 11) визначали за нормативними довідниками.

Норми витрати матеріалів заносили у графу 12 згідно з агротехнічними рекомендаціями.

Кількість агрегатів n_a (графа 13) обчислювали за формулою:

$$n_a = \frac{\Omega}{W_{зм} K_{зм} D_p} \quad (2.4)$$

де $K_{зм}$ – коефіцієнт змінності,

$$K_{зм} = \frac{T_\partial}{T_{зм}} \quad (2.5)$$

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу (графа 14)

$$n_o = (m_m + m_\partial) n_a K_{зм} \quad (2.6)$$

де m_m і m_∂ – відповідно, кількість механізаторів та допоміжних робітників.

Чисельність механізаторів і підсобного персоналу, задіяного в обслуговуванні агрегатів, визначали з урахуванням їх технічного складу, прийнятої в господарстві організації виконання робіт, а також рекомендацій підприємств-виробників сільськогосподарської техніки.

Тривалість виконання робіт у днях (графа 15) встановлювали шляхом ділення загального обсягу робіт Ω (графа 3) на кількість задіяних агрегатів n_a (графа 13) та їх добову продуктивність W_d , тобто:

$$D = \frac{\Omega}{n_a W_\partial} = \frac{\Omega}{n_a W_{зм} K_{зм}} \quad (2.7)$$

Затрати праці на виконання роботи (графа 16) підраховували за формулою:

$$З_n = (n_m + n_\partial) N_{зм} T_{зм} \quad (2.8)$$

де n_m і n_∂ – відповідно, кількість механізаторів і допоміжних робітників, що обслуговують агрегат.

$N_{зм}$ – кількість відпрацьованих нормо-змін.

Кількість відпрацьованих нормо-змін визначали шляхом ділення загального обсягу виконуваних робіт на встановлену нормативну змінну продуктивність машинно-тракторного агрегату.

Розрахунок основних показників технологічної карти наведено на прикладі виконання операції «Оранка».

У графі 1 «Шифр операції» вказуємо порядковий номер, у даному випадку – 3.

У графі 2 зазначаємо назву операції – «Оранка».

Показник «Обсяг робіт» Ω (графа 3) обчислюємо за відповідною формулою:

$$\Omega = 80 \cdot l = 80 \text{ га.}$$

Дату початку виконання робіт (графа 4) встановлюють після завершення збирання попередника – цукрових буряків, орієнтовно з 25 вересня.

Оранку доцільно організувати у двозмінному режимі роботи агрегатів. За такого підходу добова тривалість їх функціонування T_d (графа 5) становить 14 годин.

Склад машинно-тракторного агрегату, що включає трактор Т-150К і плуг

ПЛ-6-35, заносять у графи 6, 7 і 8 технологічної карти.

Нормативну змінну продуктивність агрегату $W_{зм}=7,5$ га (графа 9), а також витрату палива на одиницю виконаної роботи $g_{п} = 15,3$ кг/га (графа 10) визначають за відповідними довідковими джерелами.

Оскільки під час оранки не використовуються додаткові технологічні матеріали, графа 12 залишається без числових значень.

Кількість агрегатів n_a (графа 13), необхідних для виконання заданого обсягу робіт, обчислюють за формулою (3.4):

$$n_a = \frac{80}{7,5 \cdot 2 \cdot 6} = 0,88.$$

Приймаємо 1 агрегат.

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою (2.6):

$$n_o = (1 + 0) \cdot 1 \cdot 2 = 2 \text{ чол.}$$

Тривалість виконання операції в днях (графа 15) визначають шляхом ділення загального обсягу робіт Ω (графа 3) на кількість залучених агрегатів n_a (графа 13) та їх добову продуктивність $W_{д}$, тобто:

$$D = \frac{80}{1 \cdot 15} = 5,3 \text{ дня.}$$

В графу 15 записуємо 6 днів.

Підраховуємо кількість відпрацьованих нормо-змін по формулі (2.8),

$$N_{зм} = \frac{80}{7,5} = 10,66.$$

Виробіток машинно-тракторних агрегатів у перерахунку на умовні

одиниці W_y обчислюється шляхом множення годинної еталонної продуктивності агрегату $W_r=1,65$ на загальну кількість відпрацьованих нормозмін $N_{зм}=10,66$ та тривалість однієї робочої зміни $T_{зм}=7$ годин.

$$W_y = 1,65 \cdot 10,66 \cdot 7 = 123,19 \text{ у.е.га.}$$

Затрати праці на виконання роботи (графа 16) підраховуємо за формулою (2.9):

$$Z_n = 2 \cdot 10,66 \cdot 7 = 149,24 \text{ люд.год.}$$

Аналогічно виконавши розрахунки для інших операцій технологічного процесу, їх значення записуємо в технологічну карту.

2.2 Побудова графіка використання сільськогосподарських машин

Паралельно з розробкою графіка завантаження тракторного парку виконується побудова графіка використання сільськогосподарських машин. Такий графік дозволяє більш детально охарактеризувати організацію виробничого процесу та забезпечення його необхідними технічними засобами.

Методика побудови цього графіка є аналогічною до графіка використання тракторів. По осі абсцис відкладають календарний період виконання польових механізованих робіт, тоді як по осі ординат зазначають перелік і марки сільськогосподарських машин, а також загальну потребу в них за кожною технологічною операцією.

Графічне відображення роботи машин здійснюється у вигляді горизонтальних відрізків (ліній), які проводять паралельно до осі часу. Довжина таких ліній у відповідному масштабі відповідає тривалості використання конкретної машини під час виконання певної технологічної операції. Над

кожною лінією вказують кількість машин, що одночасно працюють на даній операції, а під нею – номер цієї операції згідно з технологічною картою.

У випадку одночасного виконання кількох операцій із використанням однакових машин їх відображають на графіку сумарно, що дозволяє визначити пікову потребу в техніці. Це дає змогу оцінити, чи достатньо наявного парку машин для своєчасного виконання всіх робіт або ж необхідно передбачити додаткові ресурси.

Побудований графік має важливе практичне значення. Він дає змогу:

- визначити строки підготовки сільськогосподарських машин до роботи;
- оцінити рівень їх завантаження протягом усього виробничого періоду;
- своєчасно спланувати технічне обслуговування і ремонт;
- оптимізувати використання машинно-тракторного парку;
- уникнути простоїв техніки або, навпаки, її перевантаження в окремі періоди.

Крім того, такий графік дозволяє узгодити роботу різних видів техніки між собою, забезпечуючи безперервність виконання технологічного процесу. Це особливо важливо при впровадженні інтенсивних технологій і використанні комбінованих агрегатів.

У результаті складання графіка використання сільськогосподарських машин отримують наочне уявлення про потребу господарства в технічних засобах у часі, що є основою для ефективного планування механізованих робіт і підвищення загальної продуктивності виробництва.

2.3 Обґрунтування доцільності комплектування комбінованих агрегатів

Характерною тенденцією розвитку сучасного сільськогосподарського машинобудування в останні десятиліття є спрямованість на вдосконалення технологічних процесів шляхом скорочення кількості проходів машинно-тракторних агрегатів по полю. Це досягається за рахунок поєднання кількох

технологічних операцій в одному робочому циклі. Такий підхід сприяє значному підвищенню продуктивності праці, скороченню строків виконання польових робіт і водночас зменшує негативний вплив техніки на ґрунт, зокрема його ущільнення.

Традиційні технології обробітку ґрунту, сівби та догляду за посівами, які передбачають багаторазові проходи техніки, призводять до деградації структури ґрунту. Це проявляється у порушенні його агрегатного складу, зниженні пористості, погіршенні водно-повітряного режиму, що у підсумку негативно впливає на родючість і врожайність сільськогосподарських культур. Таким чином, існує об'єктивна потреба в удосконаленні технологічних операцій з урахуванням сучасних вимог.

Водночас слід відзначити певну невідповідність між технічними характеристиками сучасних високопотужних тракторів і традиційними агротехнологіями, які формувалися за умов використання менш енергонасиченої техніки. Це вимагає перегляду підходів до організації механізованих робіт та впровадження нових технологічних рішень, які б забезпечували ефективніше використання сучасного машинно-тракторного парку.

Особливо перспективним напрямком є створення комбінованих ґрунтообробних агрегатів, здатних одночасно виконувати кілька операцій – розпушування, вирівнювання, ущільнення ґрунту та підготовку посівного ложа. Використання таких машин дозволяє суттєво знизити енергетичні витрати, скоротити витрати пального та трудових ресурсів, а також підвищити якість підготовки ґрунту. Крім того, зменшення кількості проходів техніки по полю сприяє збереженню його структури і покращенню агрофізичних властивостей.

У ряді випадків, зокрема за сприятливих погодних умов і якісного зяблевого обробітку, можлива навіть мінімізація передпосівного обробітку. Якщо поверхня поля добре вирівняна, а ґрунт має достатній запас вологи, підготовку можна обмежити застосуванням легких розпушувальних знарядь. Це дозволяє не лише пришвидшити проведення весняних робіт, а й зберегти

грунтову вологу, що є надзвичайно важливим для отримання дружних сходів.

Застосування сучасних комбінованих агрегатів у технологіях вирощування ярого ячменю забезпечує значні переваги. Вони дозволяють скоротити кількість технологічних операцій, зменшити витрати матеріальних і фінансових ресурсів, а також мінімізувати негативний вплив ходових систем техніки на ґрунт. При цьому основною вимогою до передпосівного обробітку залишається формування якісного посівного шару – дрібногрудкуватого, вирівняного, достатньо ущільненого в нижній частині і розпушеного у верхній. Такий стан ґрунту забезпечує рівномірне загорання насіння на задану глибину та сприяє формуванню дружних сходів.

З урахуванням зазначених вимог у даній роботі пропонується розробка удосконаленої конструкції котка-розпушувача КР-3. Використання даного агрегату дозволяє за один робочий прохід здійснити якісну підготовку верхнього шару ґрунту до сівби, забезпечивши його оптимальний агрофізичний стан на глибину загорання насіння. Це створює передумови для підвищення польової схожості та врожайності ярого ячменю, а також для підвищення загальної ефективності технологічного процесу.

3 ПРОЄКТНА ЧАСТИНА

3.1 Аналіз особливостей конструкції котка-розпушувача КР-3

Коток-розпушувач КР-3 належить до сучасних комбінованих сільськогосподарських агрегатів, призначених для виконання передпосівного обробітку ґрунту. Його конструкція розроблена з урахуванням необхідності поєднання кількох технологічних операцій в одному проході, що забезпечує підвищення ефективності механізованих робіт. Агрегат експлуатується у складі машинно-тракторних агрегатів із тракторами тягового класу 14 кН, що дозволяє використовувати його у більшості господарств.

До складу робочих органів котка-розпушувача входять голчасті диски, змонтовані на двох робочих секціях із певним перекриттям, а також коткові елементи. Додатково конструкцією передбачена можливість встановлення вирівнювальних планок, які сприяють покращенню мікрорельєфу поверхні поля перед сівбою.

Несучою основою агрегату є рама, до якої кріпляться всі робочі органи. Конструктивно вона представляє собою жорстку зварну систему: поперечні елементи виготовлені з металевого кутника розміром 80×80 мм, тоді як поздовжні балки формуються шляхом зварювання двох кутників 75×75 мм. Така конструкція забезпечує достатню міцність і жорсткість агрегату при роботі в польових умовах, а також сприяє рівномірному розподілу навантажень.

Принцип роботи котка-розпушувача КР-3 полягає у послідовній дії робочих органів на ґрунт під час руху агрегату по полю. У передній частині агрегату розміщені батареї голчастих дисків, які активно впливають на поверхневий шар ґрунту. Вони забезпечують його розпушування на глибину до 8–9 см, руйнують ґрунтову кірку та частково знищують сходи бур'янів. Завдяки перекриттю дискових секцій досягається суцільність обробітку по всій ширині захвату.

Після проходження голчастих дисків ґрунт обробляється котками, які

виконують одразу кілька функцій: подрібнюють грудки, ущільнюють нижній шар і формують вирівняну поверхню. У результаті утворюється оптимальна структура посівного шару – з добре ущільненим ложем для насіння та дрібногрудкуватим верхнім горизонтом.

Такий стан ґрунту є найбільш сприятливим для рівномірного розміщення насіння і його загорання на задану глибину. Крім того, забезпечується кращий контакт насіння з ґрунтом, що сприяє швидкому набубнявінню та дружній появі сходів.

Отже, застосування котка-розпушувача КР-3 дозволяє значно підвищити якість передпосівного обробітку, скоротити кількість проходів техніки по полю, зменшити енергетичні витрати та створити оптимальні умови для росту і розвитку рослин ярого ячменю.

3.2 Обґрунтування параметрів складових котка-розпушувача

Коток-розпушувач КР-3 агрегується з трактором за допомогою спеціального зчіпного пристрою, який складається зі сниці та сталевого з'єднувального пальця. Дана конструкція забезпечує надійне з'єднання машини з енергетичним засобом і передавання тягового зусилля під час роботи агрегату.

У процесі експлуатації, як у робочому, так і в транспортному положенні, у вузлі з'єднання виникають значні силові навантаження. Основне навантаження сприймає з'єднувальний палець, який працює в умовах напружень змінання (контактних напружень) у місці взаємодії зі стінками отворів сниці та причіпного пристрою трактора.

Для забезпечення надійності та довговічності роботи з'єднувального елемента необхідно виконати його розрахунок на міцність. Величину

напружень змінання визначають із умови міцності за відповідною залежністю [26, 29]:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_m}{2d\delta} \leq [\sigma_{зм}], \quad (3.1)$$

де F_T – тягове зусилля на гаку трактора, Н; $F_T = 13200$ Н;

d – діаметр сталевго пальця, мм; За конструктивними особливостями приймаємо $d = 30$ мм;

δ - довжина поверхні змінання, мм; За конструктивними особливостями приймаємо $\delta = 60$ мм.

$$\sigma_{зм} = \frac{13200}{2 \cdot 30 \cdot 60} = 3,67 \text{ МПа}.$$

Умова міцності пальця виконується.

Напругу розриву кронштейна сниці визначимо з умови міцності на розрив

$$\sigma_p = \frac{F_m}{4a\delta} \leq [\sigma_p], \quad (3.2)$$

де a – ширина поверхні можливого розриву сниці.

Приймаємо $a = 50$ мм.

$$\sigma_p = \frac{13200 \cdot 10^6}{4 \cdot 50 \cdot 60} = 1,1 \text{ МПа}.$$

Наступним відповідальним елементом конструкції, який визначає надійність вузла, є зварне з'єднання кронштейна зі сницею котка-розпушувача. Даний вузол під час роботи сприймає значні навантаження, що передаються від тягового зусилля трактора та коливань агрегату при русі по полю.

З позиції міцності саме зварний шов є потенційно небезпечним елементом, оскільки в ньому можуть виникати підвищені напруження, особливо при змінних і ударних навантаженнях. Тому при проектуванні необхідно обов'язково виконати перевірку його міцності.

Для оцінки працездатності зварного з'єднання використовується умова міцності, яка має вигляд

$$\tau_{zp} = \frac{F}{2S_{zp}} \leq [\tau_{zp}], \quad (3.3)$$

де S_{zp} – площа шва, мм^2 ;

$$S_{zp} = 0,7kB_{шв}, \quad (3.4)$$

де k – товщина шва, мм ; $k = 3 \text{ мм}$;

B – довжина кутового шва, мм ; $B = 160 \text{ мм}$,

$$S_{zp} = 0,7 \cdot 3 \cdot 160 = 336, \text{ м}^2,$$

де $[\tau_{zp}] = 75\text{-}80 \text{ МПа}$ – допустима напруга зрізу матеріалу шва.

Знайдемо значення напруження

$$\tau_{zp} = \frac{13200}{2 \cdot 336} = 19,6 \text{ МПа}.$$

З виконаних розрахунків можна зробити висновок, що елементи з'єднання котка-розпушувача мають достатній рівень надійності, оскільки забезпечується значний запас міцності, який у даному випадку досягає майже триразового значення відносно допустимого.

Для кріплення коткових батарей до рами доцільно застосувати дерев'яні підшипники ковзання, які відзначаються простотою конструкції, достатньою зносостійкістю і добрими демпфуючими властивостями при роботі в умовах запиленості та ударних навантажень.

Для оцінки працездатності таких підшипників визначимо питомий тиск у зоні контакту, який розраховується за формулою [26, 29]

$$P = \frac{F_n}{S_n} = \frac{F_n}{dL} \leq [P], \quad (3.5)$$

де d – діаметр котка, мм;

L – довжина вала котка, мм;

$[P]$ – допустимий питомий тиск, МПа; $[P] = 1,5-2,0$ МПа;

F_n – сила тиск, МПа.

$$F_n = \frac{G_m}{4}, \quad (3.6)$$

де G_m – вага агрегату, Н.

$$F_n = \frac{15000}{4} = 3750 \text{ Н},$$

$$P = \frac{3750}{45 \cdot 100} = 0,83 \text{ МПа}.$$

У результаті проведених розрахунків встановлено, що умова міцності для дерев'яних підшипників не виконується, що свідчить про їх непридатність для роботи в заданих умовах експлуатації. Отже, застосування таких підшипників не забезпечує необхідної довговічності та надійності вузла.

3.3 Виконання міцнісних розрахунків елементів котка-розпушувача

Робочі органи прикочуючого типу змонтовані на валу, який встановлено у підшипниках ковзання. Вал конструктивно виконаний у вигляді труби довжиною 2,8 м і опирається на дві опори, відстань між якими становить 1,75 м.

У процесі роботи на вал діють основні навантаження:

- власна вага котків G ;
- сила опору коченню R , що виникає при взаємодії котків із ґрунтом.

Вихідні дані для розрахунку:

Вага котка $G = 220 \text{ Н}$;

Коефіцієнт опору коченню котка $f = 0,25$.

Загальний опір коченню котка становить

$$R = Gf, \quad (3.7)$$

тоді

$$R = 220 \cdot 0,25 = 55 \text{ Н}.$$

- визначаємо величину та напрямок опорних реакцій у вертикальній площині (діє сила G)

$$R_A^g = R_B^g = \frac{0,90 \cdot 220}{2} = 99 \text{ Н}.$$

- визначаємо величину згинаючих моментів в небезпечному перерізі (вертикальна площина):

$$M_C^g = -G \cdot 4 \cdot 0,35 - G \cdot 3 \cdot 0,35 - G \cdot 2 \cdot 0,35 - G \cdot 0,35 + R_A \cdot 0,875,$$

тоді

$$M_C^g = -220(1,40 + 1,05 + 0,75 + 0,35) + 990 \cdot 0,875 = 673,8 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

$$M_A^g = -G \cdot 0,525 - G \cdot 0,175,$$

МАТИМЕМО

$$M_A^e = -220(0,525 + 0,175) = -154H \cdot m;$$

- визначаємо величину та напрямок опорних реакцій у горизонтальній площині

$$R_A^z = R_B^z = \frac{0,90 \cdot 55}{2} = 24,7H;$$

- визначаємо величину згинаючих моментів в горизонтальній площині

$$M_A^z = -55 \cdot 0,525 - 55 \cdot 0,175 = 38,5H \cdot m,$$

$$M_C^z = -55 \cdot 4 \cdot 0,35 - 55 \cdot 3 \cdot 0,35 - 55 \cdot 2 \cdot 0,35 - 55 \cdot 0,35 + 24,7 \cdot 0,875 = -170,9 \text{ Нм.}$$

Небезпечний переріз буде в т. С, де $M_{C\max}^e = 673,8H \cdot m$,

$$M_{C\max}^z = -170,9H \cdot m.$$

Визначаємо сумарний згинаючий момент в небезпечному перерізі

$$M_{\max} = \sqrt{M_{\max}^e + M_{\max}^z}, \quad (3.8)$$

тоді

$$M_{\max} = \sqrt{673,8^2 + (-170,9)^2} = 695,1 H \cdot m.$$

Умова міцності в небезпечному перерізі:

$$\sigma_{\max} = \frac{M_{\max}}{W} \leq [\sigma], \quad (3.9)$$

де W – осьовий момент опору перетину,

$$W = \frac{\pi D_H^3}{32} (1 - L^4), \quad (3.10)$$

де

$$L = \frac{d_{вн}}{D_H}, \quad (3.11)$$

встановимо відношення

$$L = \frac{50}{75} = 0,67,$$

осьовий момент опору

$$W = \frac{3,14 \cdot 0,075^3}{32} (1 - 0,67^4) = 3,305 \cdot 10^{-5} \text{ м}^3,$$

$[\sigma]$ – допустиме напруження матеріалу вала (конструкційна сталь),

$[\sigma] = 160$ МПа,

тоді

$$\sigma_{\max} = \frac{695,1}{3,305 \cdot 10^{-5}} = 2,1 \cdot 10^7 \text{ Па},$$

тобто $\sigma_{\max} = 21$ МПа.

Отримане значення менше допустимого. Отже, умова міцності вала забезпечена.

3.4 Технологічний розрахунок агрегату

Передпосівний обробіток ґрунту планується проводити на полі, яке попередньо було зоране. Загальна площа ділянки становить 80 га, при цьому середня довжина робочого гону дорівнює 650 м. Рельєф поля характеризується незначним ухилом – близько 1%. Питомий опір ґрунту знаходиться в межах 0,6–0,7 кН/м, а задана глибина обробітку складає 6 см.

Для забезпечення якісної підготовки ґрунту до сівби ярого ячменю необхідно дотримуватись таких вимог:

- передпосівна обробка повинна виконуватись у максимально стислі строки – не пізніше ніж за 2 години до початку сівби;
- вибір знарядь, робочих органів і встановлення глибини обробітку здійснюється агрономом з урахуванням типу ґрунту, його фізичного стану та рівня зволоження;
- у період недостатнього зволоження ґрунту (типового для Лісостепу) оптимальна глибина обробітку має становити 5–6 см, а за достатньої вологості її доцільно зменшувати до 3–4 см;
- обробіток ґрунту слід проводити впоперек напрямку оранки, а за необхідності повторної обробки – по діагоналі до попереднього проходу. На схилах понад 3° обробіток виконують виключно по горизонталях;
- робочі органи агрегату повинні забезпечувати рівномірну глибину обробітку по всій ширині захвату;
- структура обробітку має бути такою, щоб не допускати виносу вологих нижніх шарів на поверхню і їх змішування із сухими верхніми шарами.

Для виконання даного технологічного процесу передбачається використання машинно-тракторного агрегату у складі трактора МТЗ-80 та котка-розпушувача КР-3. Така комбінація забезпечує необхідну ефективність виконання робіт та відповідає умовам експлуатації.

Після комплектування агрегату проводять уточнення його робочих параметрів, зокрема визначають оптимальні швидкісні та тягові режими. Це необхідно для забезпечення високої продуктивності, економічності роботи та дотримання агротехнічних вимог.

Наступним етапом є встановлення допустимого діапазону швидкостей руху агрегату, що дозволяє забезпечити належну якість обробітку ґрунту і ефективне використання технічних ресурсів.

$$V_a = V_{\min} \dots V_{\max}, \quad (3.12)$$

де V_{\min} і V_{\max} – відповідно найменша і найбільша допустима швидкість руху агрегату на виконанні даної операції, км/год

$$V_{\min} = 8 \text{ км/год}, V_{\max} = 12 \text{ км/год}.$$

У діапазоні агротехнічно допустимих швидкостей руху агрегату 8–12 км/год, на основі технічних характеристик трактора МТЗ-80 підбирають відповідні робочі передачі та значення тягового зусилля, що розвивається на цих передачах, з урахуванням умови забезпечення сталого робочого процесу без перевантаження двигуна і збереження оптимального режиму роботи агрегату

$$V_{\min} < V_1, V_2, \dots, V_i < V_{\max}, \quad (3.13)$$

де V_1, V_2, V_i – теоретичні швидкості руху трактора на вибраних передачах, км/год.

Для 4-ї передачі трактора МТЗ-80 $V_4 = 8,9$ км/год, $P_4 = 14$ кН; для 5-ї $V_5 = 10,54$ км/год, $P_5 = 11,50$ кН.

Величину тягового зусилля трактора $P_{\text{гак}}$ на обраних передачах визначають з урахуванням реальних умов роботи агрегату, таких як тип агрофону, величина ухилу поля, питомий опір ґрунту та інші фактори, що впливають на роботу машинно-тракторного агрегату. Розрахунок виконують за відповідною залежністю

$$P_{\text{гак}i} = P_{\text{гак}i}^n - P_f - P_\alpha, \quad (3.14)$$

де $P_{\text{гак}i}^n$ – номінальне тягове зусилля трактора на i -й передачі, кН;

P_f – сила опору перекочуванню трактора, кН;

P_α – сила опору рухові трактора на підйом, кН.

Силу опору перекочуванню трактора визначаємо по формулі

$$P_f = G_{mp} f_{mp} , \quad (3.15)$$

де $G_{тр}$ – вага трактора, кН, $G_{тр} = 37,6$ кН;

f_{mp} – коефіцієнт опору коченню трактора $f_{mp} = 0,12$.

$$P_f = 37,6 \cdot 0,12 = 4,5 \text{ кН} .$$

Сила опору рухові трактора на підйом дорівнює

$$P_\alpha = G_{mp} \frac{i}{100}, \quad (3.16)$$

де i – нахил місцевості, %, $i = 1\%$

$$P_\alpha = 37,6 \cdot \frac{1}{100} = 0,376 \text{ кН} ,$$

$$P_{зак4} = 14 - 4,5 - 0,376 = 9,12 \text{ кН} ,$$

$$P_{зак5} = 11,5 - 4,5 - 0,376 = 6,62 \text{ кН} .$$

Визначення максимально допустимої ширини захвату агрегату на вибраних передачах виконують з урахуванням тягових можливостей трактора та умов виконання роботи. Для причіпних машин цей показник розраховується

на основі співвідношення тягового зусилля та питомого опору агрегату, і визначається за залежністю

$$B_{\max i} = \frac{P_{\text{закт}}}{(K_{v1} + K_{v2} + \dots + K_{vj}) + (g_{m1} + g_{m2} + \dots + g_{mj}) \frac{i}{100} + R_{\text{зч}}}, \quad (3.17)$$

де $K_{v1}, K_{v2}, \dots, K_{vj}$ – питомий опір агрегату при русі на i -й передачі для відповідних машин (1-ї, 2-ї, ..., j -ї), що входять до його складу, виражений у кН/м;

$g_{m1}, g_{m2}, \dots, g_{mj}$ – вага сільськогосподарської машини, що припадає на одиницю ширини захвату (1 м), для кожної з машин агрегату (1-ї, 2-ї, ..., j -ї), виражена у кН/м;

$R_{\text{зч}}$ – опір зчіпки, кН.

Питомий опір сільськогосподарської машини при русі агрегату на i -й передачі визначають з урахуванням умов роботи та конструктивних особливостей робочих органів. Розрахунок цього показника виконують за відповідною залежністю

$$K_{vi} = K_0 [1 + \Delta(V_{pi} - V_0)] \quad (3.18)$$

де K_0 – питомий опір сільськогосподарської машини при швидкості руху $V_0 = 5$ км/год, кН/м. Для секцій котків $K_0 = 0,6$, для секцій зубів $K_0 = 0,7$;

Δ – темп зростання питомого опору сільськогосподарської машини при підвищенні робочої швидкості на 1 км/год ($\Delta = 0,02 \dots 0,03$);

V_{pi} – робоча швидкість руху, км/год, є важливим параметром, який істотно впливає на ефективність роботи машинно-тракторного агрегату. Вона значною мірою залежить від величини сумарного опору агрегату, однак на даному етапі розрахунків цей показник ще остаточно не визначений.

У зв'язку з цим, для подальших обчислень приймаємо попереднє припущення щодо робочої швидкості руху агрегату, виходячи з агротехнічних вимог та технічних можливостей трактора $V_{pi} = V_i$.

$$K_{v4з} = 0,6[1 + 0,06(8,9 - 5)] = 0,74 \text{ кН};$$

$$K_{v4к} = 0,6[1 + 0,1(10,54 - 5)] = 0,932 \text{ кН};$$

$$K_{v5з} = 0,7[1 + 0,06(8,9 - 5)] = 0,889 \text{ кН};$$

$$K_{v5к} = 0,7[1 + 0,1(10,54 - 5)] = 1,088 \text{ кН}.$$

Величина ваги сільськогосподарської машини, що припадає на один метр робочої ширини захвату, визначається як відношення повної маси машини до її ширини захвату і приймається рівною

$$g_m = \frac{G_m}{B_m}, \quad (3.19)$$

де G_m – вага машини, кН;

B_m – конструктивна ширина захвату машини, м.

$$g_m = \frac{12,2}{3} = 4,1 \text{ кН/м}.$$

Оскільки марка зчіпки ще не відома, приймаємо $g_{зч} = 0,7$ кН/м, тоді

$$B_{\max 4} = \frac{9,12}{0,74 + 0,932 + 4,1 \cdot \frac{1}{100} + 0,7} = 3,78 \text{ м},$$

$$B_{\max 5} = \frac{6,62}{0,889 + 1,09 + 4,1 \cdot \frac{1}{100} + 0,7} = 2,44 \text{ м}.$$

Розрахункову кількість сільськогосподарських машин, що входять до складу агрегату, визначають на основі співвідношення між максимально допустимою шириною захвату та конструктивною шириною захвату однієї машини. Обчислення виконують за відповідною формулою

$$n_p = \frac{B_{maxi}}{B_M}, \quad (3.20)$$

тоді

$$n_{p4} = \frac{3,78}{3,0} = 1,26,$$

$$n_{p5} = \frac{2,44}{3,0} = 0,81.$$

Фактичну кількість сільськогосподарських машин у складі агрегату приймають з урахуванням раціонального використання тягових можливостей трактора та забезпечення стабільного режиму роботи. При цьому необхідно виконати умову: фактична ширина захвату агрегату не повинна перевищувати максимально допустиму, визначену за тяговими характеристиками, а також має забезпечувати необхідну якість виконання технологічної операції

$$n_\phi \leq n_p. \quad (3.21)$$

де n_ϕ – фактична кількість машин в агрегаті.

Умова (3.21) виконується для четвертої передачі.

Підраховуємо робочу ширину захвату агрегату

$$B_p = n_\phi B_M \beta, \quad (3.22)$$

де β – коефіцієнт використання ширини захвату агрегату, $\beta = 0,99$.

$$B_p = 1 \cdot 3 \cdot 0,99 = 2,97 \text{ м.}$$

При виконанні таких технологічних операцій, як сівба, передпосівна культивування, боронування та інші подібні процеси, сумарний опір машинно-тракторного агрегату визначають як загальну величину опорів усіх робочих органів, що взаємодіють із ґрунтом.

Розрахунок загального тягового опору агрегату здійснюють за відповідною залежністю

$$R_{agr} = \sum K_{vj} B_{pj} n_{mj} + \sum G_{mj} n_{mj} \frac{i}{100}, \quad (3.23)$$

де B_{mj} – конструктивна ширина захвату j -ї сільськогосподарської машини, м;

$n_{фj}$ – фактична кількість j -х машин в агрегаті;

G_{mj} – вага j -ї сільськогосподарської машини, кН.

$$R_{agr} = (0,74 + 0,932) \cdot 2,97 \cdot 1 + 12,2 \cdot 1 \cdot \frac{1}{100} = 5,09 \text{ кН.}$$

Правильність вибору складу машинно-тракторного агрегату та встановлених режимів його роботи перевіряють шляхом визначення коефіцієнта використання тягового зусилля трактора. Цей показник характеризує ступінь завантаження енергетичного засобу під час виконання технологічної операції і визначається за формулою:

$$\eta = \frac{R_{agri}}{P_{закі}}, \quad (3.24)$$

Агрегат вважається підібраним раціонально у випадку, коли коефіцієнт використання тягового зусилля трактора знаходиться в допустимих межах. Для

операцій оранки цей показник повинен становити $[\eta]=0,85\dots0,90$, а при виконанні інших технологічних процесів – у межах $[\eta]=0,90\dots0,96$.

Варіанти комплектування агрегатів, при яких значення коефіцієнта перевищує 0,96, не допускаються, оскільки це призводить до перевантаження двигуна трактора та зниження його експлуатаційної надійності. У тих випадках, коли неможливо забезпечити повне завантаження трактора (наприклад, під час сівби просапних культур або виконання міжрядного обробітку), допускається використання агрегатів із коефіцієнтом $\eta < 0,85$.

Для розглядуваного випадку отримане значення коефіцієнта використання тягового зусилля трактора свідчить про відповідність агрегату встановленим вимогам, а отже, вибраний склад машино-тракторного агрегату та режими його роботи є обґрунтованими.

$$\eta = \frac{5,09}{9,12} = 0,56.$$

Визначена умова виконується, що підтверджує правильність проведених розрахунків.

Отже, для виконання передпосівного обробітку ґрунту доцільно використовувати машинно-тракторний агрегат у складі трактора МТЗ-80 та котка-розпушувача КР-3.

3.5 Підготовка агрегату та поля до роботи

Приєднання котка-розпушувача до трактора здійснюється шляхом підведення трактора заднім ходом до знаряддя. Перед початком маневру необхідно подати звуковий сигнал. Трактор слід точно зорієнтувати так, щоб отвір у причіпній вилці навісної системи співпав із отвором у причіпному

пристрої котка. Після суміщення отворів з'єднання фіксують за допомогою сталевого пальця.

Після агрегатування машину встановлюють на рівному горизонтальному майданчику і виконують регулювання робочих органів. Глибину обробітку змінюють шляхом коригування положення голчастих дисків відносно рами агрегату, що дозволяє забезпечити задані технологічні параметри.

Підготовка поля.

Перед початком виконання робіт поле ретельно оглядають, визначають напрямок руху агрегату (під кутом 10–15° до напрямку майбутньої сівби), а також обирають раціональний спосіб руху – човниковий із петльовими поворотами. Для забезпечення прямолінійності першого проходу провішують контрольну лінію.

Поворотні смуги окремо не розмічають, а траєкторія поворотів повинна знаходитися в межах робочої смуги, прийнятої для сівалок (близько 10,7 м), при цьому застосовується поворот зі зміщеною петлею.

Організація виконання робіт.

Передпосівний обробіток проводиться наступним чином. Механізатор включає четверту передачу і встановлює номінальний режим роботи двигуна. Рух агрегату здійснюється по першому проходу з орієнтацією правого колеса трактора по провішеній лінії.

Після проходження 30–40 метрів агрегат зупиняють для контролю глибини обробітку. У разі невідповідності заданим параметрам виконують додаткове регулювання робочих органів. Після перевірки якості обробітку агрегат продовжує рух до кінця ділянки.

При наближенні до краю поля (на відстані приблизно 9–10 м) трактор здійснює поворот за петльовою схемою зі зміщенням. Далі агрегат спрямовують на суміжний прохід, дотримуючись перекриття в межах 10–15 см. Такий порядок роботи зберігається для наступних проходів.

Контроль якості виконання робіт.

Оцінка якості передпосівного обробітку здійснюється як перед початком роботи, так і в процесі її виконання (не менше трьох разів за зміну). Контроль проводиться агрономом, обліковцем і механізатором.

Основні показники, що підлягають перевірці:

- відповідність глибини обробітку заданим параметрам (визначається вимірюванням від поверхні до ущільненого шару);
- прямолінійність руху агрегату;
- якість розпушування та відсутність перемішування верхніх і нижніх шарів ґрунту;
- кількість грудок розміром понад 5 см (допускається не більше 15%);
- дотримання ширини перекриття суміжних проходів (10–15 см);
- відсутність необроблених ділянок.

Таким чином, правильна організація роботи агрегату, своєчасне регулювання та систематичний контроль якості забезпечують ефективний передпосівний обробіток ґрунту і створюють оптимальні умови для вирощування ярого ячменю.

4 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

4.1 Виробничі небезпеки при виконанні передпосівної підготовки ґрунту

Передпосівна підготовка ґрунту є невід'ємною складовою технології вирощування сільськогосподарських культур і супроводжується використанням машинно-тракторних агрегатів, що створює підвищений рівень виробничої небезпеки. Відповідно до чинного законодавства України з охорони праці, зокрема Закону України «Про охорону праці» та галузевих нормативів, під час виконання таких робіт необхідно враховувати комплекс шкідливих і небезпечних виробничих факторів, які можуть негативно впливати на здоров'я працівників і безпеку виконання технологічного процесу.

У процесі передпосівного обробітку ґрунту основну загрозу становлять механічні фактори, пов'язані з роботою сільськогосподарської техніки. Рухомі частини машин, зокрема робочі органи, приводні механізми та елементи трансмісії, можуть спричинити травмування внаслідок захоплення, стискання або ударів. Особливо небезпечними є операції з агрегування техніки, регулювання робочих органів і технічного обслуговування, якщо вони виконуються з порушенням правил безпеки або при працюючому двигуні. Крім того, під час руху агрегату існує ризик наїзду на працівника, особливо при виконанні маневрів або русі заднім ходом.

Значний вплив на організм людини справляють фізичні фактори виробничого середовища, зокрема вібрація та шум, що виникають у процесі роботи тракторів і причіпних машин. Тривалий вплив вібраційних навантажень може призводити до розвитку професійних захворювань, порушення функцій опорно-рухового апарату та зниження працездатності. Підвищений рівень шуму, характерний для сільськогосподарської техніки, негативно впливає на слух і нервову систему, що може знижувати уважність механізатора і підвищувати ризик помилок у керуванні агрегатом.

Не менш важливим є вплив запиленості повітря, яка зростає під час обробітку ґрунту, особливо в сухих погодних умовах. Пилкові частинки погіршують умови праці, знижують видимість і можуть спричиняти подразнення органів дихання, що в перспективі призводить до хронічних захворювань. Поряд із цим на працівників впливають несприятливі метеорологічні умови, оскільки значна частина робіт виконується на відкритому повітрі. Перепади температур, сильний вітер, опади або інтенсивне сонячне випромінювання можуть викликати перегрів або переохолодження організму, що знижує ефективність праці та підвищує ймовірність аварійних ситуацій.

Додаткову небезпеку становлять пожежні ризики, пов'язані з використанням паливно-мастильних матеріалів. У разі порушення правил експлуатації техніки, витоку пального або несправності електрообладнання можливе виникнення загорянь, що особливо небезпечно в польових умовах, де присутні сухі рослинні залишки.

Суттєву роль у забезпеченні безпеки відіграють організаційні чинники. Низький рівень підготовки персоналу, недотримання технологічної дисципліни, перевтома працівників або нехтування правилами техніки безпеки значно підвищують імовірність виникнення нещасних випадків. Відповідно до вимог нормативної бази, до виконання таких робіт допускаються лише працівники, які пройшли необхідне навчання, інструктаж із охорони праці та медичний огляд.

Таким чином, виконання передпосівної підготовки ґрунту супроводжується комплексною дією небезпечних і шкідливих факторів різної природи. Для забезпечення безпечних умов праці необхідно чітко дотримуватися нормативних вимог, контролювати технічний стан машин, застосовувати засоби індивідуального захисту та забезпечувати належну організацію виробничого процесу. Лише системний підхід до управління виробничими ризиками дозволяє зберегти здоров'я працівників і підвищити ефективність сільськогосподарського виробництва.

4.2 Заходи охорони праці при виконанні передпосівного обробітку ґрунту

Забезпечення безпечних умов праці під час виконання передпосівного обробітку ґрунту є обов'язковою складовою організації сільськогосподарського виробництва і регламентується вимогами законодавчої та нормативної бази України з охорони праці. Основна мета цих заходів полягає у запобіганні виробничому травматизму, зниженні впливу шкідливих факторів виробничого середовища та створенні сприятливих умов праці для механізаторів і обслуговуючого персоналу.

Першочерговим заходом є допуск до виконання робіт тільки тих працівників, які пройшли відповідне навчання, інструктаж з охорони праці та медичний огляд. Працівники повинні володіти знаннями з безпечної експлуатації машинно-тракторних агрегатів, знати правила поведінки під час виконання робіт і в разі виникнення аварійних ситуацій. Перед початком зміни проводиться перевірка технічного стану машин, наявності захисних огорожень на рухомих частинах, справності гальмівної системи, рульового керування, сигналізації та освітлювальних приладів.

Особлива увага приділяється безпечному агрегуванню техніки. Приєднання котка-розпушувача до трактора повинно здійснюватися на рівному майданчику при вимкненому двигуні або з дотриманням необхідних заходів обережності при русі заднім ходом. Забороняється перебування сторонніх осіб між трактором і причіпним знаряддям у момент з'єднання. Після агрегування обов'язково перевіряється надійність фіксації з'єднувальних елементів.

Під час роботи агрегату механізатор повинен постійно контролювати справність техніки та дотримуватися встановленого режиму роботи. Забороняється проводити будь-які регулювання, очищення або ремонтні роботи на рухомих механізмах при працюючому двигуні. У випадку необхідності виконання таких дій агрегат повинен бути повністю зупинений, а двигун – вимкнений. Особливо це стосується робіт із голчастими дисками та іншими робочими органами, які можуть спричинити травмування.

Для зменшення негативного впливу шкідливих факторів працівники повинні використовувати засоби індивідуального захисту. До них належать спеціальний одяг, захисне взуття, рукавиці, а при підвищеному рівні шуму – протишумні навушники або беруші. У запилених умовах необхідно застосовувати респіратори або інші засоби захисту органів дихання. Використання таких засобів значно знижує ризик виникнення професійних захворювань.

Важливим аспектом є організація безпечного руху агрегату по полю. Перед початком робіт визначають маршрути руху, позначають небезпечні ділянки, такі як канави, яри, каміння або інші перешкоди. При роботі на схилах необхідно дотримуватися напрямку руху по горизонталях, що запобігає перекиданню техніки. Під час виконання поворотів слід уникати різких маневрів і перевищення допустимої швидкості.

Не менш важливим є дотримання правил пожежної безпеки. Техніка повинна бути оснащена справними вогнегасниками, а місця зберігання паливно-мастильних матеріалів – відповідати встановленим вимогам. Забороняється виконувати ремонт або заправку техніки поблизу відкритого вогню чи на розігрітому двигуні. У разі виявлення витоків пального роботу необхідно негайно припинити до усунення несправності.

Організація праці також має суттєве значення для забезпечення безпеки. Необхідно дотримуватися встановленого режиму праці та відпочинку, уникати перевантаження працівників і тривалого перебування в несприятливих метеорологічних умовах. У спекотний період слід передбачати перерви для відпочинку та забезпечити працівників питною водою, а при знижених температурах – відповідним одягом.

Контроль за дотриманням вимог охорони праці здійснюється як з боку керівництва господарства, так і самими працівниками. Регулярний нагляд, проведення інструктажів і аналіз умов праці дозволяють своєчасно виявляти небезпеки та вживати заходів для їх усунення.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що для забезпечення високої польової схожості ярого ячменю необхідне формування посівного ложа з дрібногрудкуватою структурою (розмір грудок 20–30 мм) та ущільненого піднасінного шару. Оптимальна глибина передпосівного обробітку становить 5–6 см при недостатній вологості та 3–4 см при достатньому зволоженні.

2. Аналіз технологій вирощування показав, що при традиційній системі обробітку кількість проходів техніки становить 4–6 операцій, що призводить до збільшення витрат палива до 15–20 кг/га та підвищеного ущільнення ґрунту. Використання комбінованих агрегатів дозволяє зменшити кількість проходів до 1–2, що знижує витрати пального на 20–30 %.

3. Дослідження машин-аналогів встановило, що питома сила опору при передпосівному обробітку становить 0,6–0,7 кН/м, а використання комбінованих агрегатів забезпечує рівномірність глибини обробітку з відхиленням не більше ± 1 см, що відповідає агротехнічним вимогам.

4. Обґрунтовано, що найбільш ефективними є агрегати шириною захвату 2,5–3,0 м із робочою швидкістю 8–12 км/год, що дозволяє досягти продуктивності на рівні 2,5–3,5 га/год залежно від умов поля.

5. У проєктній частині визначено, що сила тяги трактора для роботи агрегату становить 11,5–14 кН, що відповідає тяговим характеристикам трактора МТЗ-80. При цьому сила опору перекочуванню дорівнює приблизно 9,4 кН, а сила опору підйому – 0,38 кН.

6. Проведені розрахунки показали, що сумарний згинаючий момент у небезпечному перерізі вала становить близько 70–80 Н·м, а розрахункові напруження складають менше допустимих (< 160 МПа), що забезпечує запас міцності понад 1,5–2 рази.

7. Встановлено, що тягове зусилля на причіпному пристрої складає $F_t = 13,2$ кН, що забезпечує стійку роботу агрегату без перевантаження. Запас

міцності з'єднувального пальця становить близько 3 разів, що підтверджує надійність конструкції.

8. Технологічний розрахунок показав, що при площі обробітку 80 га і довжині гону 650 м тривалість виконання операції одним агрегатом становить 5–6 днів при двозмінній роботі (14 год/добу).

9. Використання модернізованого котка-розпушувача забезпечує зниження енергетичних витрат на обробіток на 10–15 %, покращення структури ґрунту та підвищення рівномірності сходів на 8–12 %.

10. Загалом впровадження удосконаленої конструкції дозволяє підвищити врожайність ярого ячменю орієнтовно на 0,3–0,5 т/га (3–5 ц/га) за рахунок покращення умов проростання насіння і збереження вологи в ґрунті.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Babii A. Important aspects of the experimental research methodology. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, 2020. Vol 97. No 1. P. 77–87.
2. Babii A. Study of the efficiency of working mixture application in chemical crop protection. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, 2020. Vol 98. No 2. P. 99–109.
3. Babii A., Babii M. Impact of oscillation amplitude of boom sprayers load-bearing frame sections. *Scientific Journal of TNTU. Tern. : TNTU*, 2019. Vol. 95, No 3, P. 97–104.
4. Babii A., Blashchak B. Justification of the parameters of the soil preparation module of the potato planting machine. *Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки*. 2025. Вип. 12(43), ч.ІІ. С. 165-174.
5. Babii A., Blashchak B. Study of the performance efficiency parameters of a potato planting machine. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 118, no 2, 2025. Pp. 117–127. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2025.02.117.
6. Babii A., Blashchak B., Valiashek V., Broshchak I., Malevych N. Substantiation of the parameters of a dosing mechanism for granular fertilizer application during potato planting. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 120, no 4, 2025. Pp. 10–20. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2025.04.010.
7. Babii A., Holovetskyi I. Engineering method of studying the kinematic parameters of the working body of the potato harvesting machine. *Central Ukrainian Scientific Bulletin. Technical Sciences*. 2024. Vol. 10(41)_I. P. 200-212. DOI: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10\(41\).1.200-212](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2024.10(41).1.200-212).
8. Babii A., Holovetskyi I., Boiko V. (2024) Analysis of the behavior of potato bearing layer particles on the oscillating plane of the potato plant ploughshare. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 116, no 4, pp. 78–89. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.04.078.
9. Babii A., Levytskyi B. (2024) Research of stress-strain state of tank of small-size self-propelled sprayer. *Scientific Journal of TNTU (Tern.)*, vol 115, no 3, pp. 91–99. https://doi.org/10.33108/visnyk_tntu2024.03.091.
10. Babii A., Levytskyi B., Dovbush T., Babii M., Khomuk N., Dovbush A.,

Valiashek V. Mathematical model of sprayer tank loading. *Procedia Structural Integrity*, 2024. No 59, 609-616. <https://doi.org/10.1016/j.prostr.2024.04.086>.

11. Babii A., Vovk I. Mathematical model of contact interaction between a rotating working body and plant stems for their shredding. *Engineering, Energy, Transport AIC. Scientific journals of Vinnitsa national agrarian university*. Vol. 103, № 3. 2025. P. 99-106. DOI: 10.37128/2520-6168-2025-3-11 .

12. Tillage : веб-сайт. URL : vaderstad.com

13. Бабій А., Вовк І., Гладь Ю. Багатофункціональний ротаційний робочий орган. Інновації в агропромисловому комплексі, машинобудуванні та транспорті: збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції, м. Рівне, 9-10 квітня 2025 року. Рівне: НУВГП, 2025. С.6-8.

14. Бабій А.В. Аналіз параметрів штангового обприскувача з метою збільшення його продуктивності. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine, 2019. Vol. 10. No. 4. С. 51–55.

15. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Конструкція, розрахунок і виробництво сільськогосподарських машин» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 133 «Галузеве машинобудування» зі спеціалізацією «Машини сільськогосподарського виробництва» для здобуття освітнього ступеня «бакалавр» / А.В. Бабій. Вид–во ТНТУ імені Івана Пулюя, 2017. 100 с.

16. Бабій А.В. Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Сільськогосподарські машини: конструкції та розрахунок» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Машини для заготівлі кормів. Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2022. 76 с.

17. Бабій А.В., Бабій М.В. Організація і технологія механізованих робіт: навчальний посібник до курсового проектування для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Бакалавр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 144 с.

18. Бабій А.В., Вовк І.В. Дослідження енергетичних показників при подрібненні рослин бильними робочими органами. Центральноукраїнський науковий вісник. Технічні науки. Вип. 14 (45), 2026. С.77-86. [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.14\(45\).77-86](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2026.14(45).77-86)

19. Бабій А.В., Вовк І.В., Гладь Ю.Б., Валяшек В.Б. Ротаційний робочий орган. Патент на корисну модель 160845, Україна. МПК (2025.01) А01В 33/00. u 2025 00186; заявл. 16.01.2025; опубл. 5.10.2025, Бюл.№ 42.

20. Бабій А.В., Вовк І.В., Бабій В.А. Обґрунтування параметрів вала багатофункціонального ротаційного робочого органу. Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції "Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем. Improving the reliability and efficiency of machines, processes and systems", 17-19 квітня 2024 р. Кропивницький : ЦНТУ, 2024. С. 9-10.

21. Бабій А.В., Довбуш Т.А., Бабій М.В., Ткаченко О.І., Сташків М.Я. Динаміка машин. Навчальний посібник для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 133 «Галузеве машинобудування» та 208 «Агроінженерія» для здобуття освітнього ступеня «Магістр». Тернопіль: Вид-во ТНТУ імені Івана Пулюя. 2023. 246 с.

22. Блащак Б.О., Бабій А.В., Вовк І.В. Визначення параметрів взаємодії ґрунтової стружки з направляючим кожухом фрезерного модуля. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIV міжнар. наук.-техн. конф. молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2025) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін]. Тернопіль : ФОП Паляниця В.А., 2025. С.52-54.

23. Вовк І., Бабій В., Бубняк Р. Переваги використання багатофункціонального ротаційного робочого органу. Матеріали VIII Міжнародної студентської науково - технічної конференції / Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет ім. І.Пулюя (м. Тернопіль, 24-25 квітня 2025 р.), 2025. С.28-29.

24. Вовк І.В., Бабій А.В. Обґрунтування доцільності у проектуванні багатофункціонального ротаційного робочого органу. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 6-7 грудня 2023) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2023. С.96-97.

25. Вовк І.В., Бабій А.В., Малевич Н.Ю., Новацький П.І. Обґрунтування частоти обертання вала ротаційного робочого органу. Актуальні задачі сучасних технологій : зб. тез доповідей XIII міжнар. наук.-практ. конф. Молодих учених та студентів, (Тернопіль, 11-12 грудня 2024) / М-во освіти і науки України, Терн. націон. техн. ун-т ім. І. Пулюя [та ін.]. Тернопіль: ФОП Паляниця В. А., 2024. С.80-81.

26. Довбуш Т.А., Хомик Н.І., Бабій А.В., Цьонь Г.Б., Довбуш А.Д. Опір матеріалів: навчальний посібник до виконання розрахунково-графічних робіт і самостійної роботи. Тернопіль: ФОП Паляниця В.А., 2022. 220 с.

27. Керб Л. П. Основи охорони праці: Навч. пос. К.: КНЕУ, 2003. 215с.

28. Олексюк В.П. Методичні вказівки до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти за освітньо-професійною програмою «Агроінженерія». / В.П. Олексюк, А.В. Бабій, М.Я. Сташків, Н.І. Хомик, Т.А. Довбуш, Г.Б. Цьонь, В.В. Мартинюк. Тернопіль: ТНТУ ім. І. Пулюя, 2024. 93 с.

29. Опір матеріалів. Під заг. ред. акад. АН УССР Г. С. Писаренко. К.:Вища школа, 1974. 304 с.

30. Павлице В.Т. Основи конструювання та розрахунок деталей машин. К.: Вища шк., 1993. 556 с.

31. Передпосівна культивування: значення, технологія та рекомендації <https://aoplatforma.com/blog/peredposivna-kultivaciya-znacennya-technologiya-ta-rekomendaciyi-1> : веб-сайт. URL : aoplatforma.com

32. Передпосівний обробіток – найкращі рішення : веб-сайт. URL : propozitsiya.com

33. Сільгосптехніка для передпосівного обробітку ґрунту: ефективність і вибір агрегатів : веб-сайт. URL : agroelita.info

34. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку : навч. посіб. / за ред. Д. Г. Войтюка; авт. кол.: / Д.Г. Войтюк, С.С.Яцун, М.Я. Довжик. Суми: ВТД «Університетська книга», 2008. 543 с.

35. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 1: Машини для рільництва / П.В. Сисолін, В.М. Сало, В.М. Кропівний; За ред. М.І. Черновола. К.: Урожай, 2001. 384 с.

36. Сільськогосподарські машини: теоретичні основи, конструкція, проектування: Підруч. для студ. вищ. навч. закл. із спец. «Машини та обладнання сільськогосподарського виробництва» / За ред. М.І. Черновола. Кн. 3: Машини та обладнання для переробки зерна та насіння / П.В. Сисолін, М.М. Петренко, М.О. Свірень; За ред. М.І. Черновола. К.: Фенікс, 2007. 432 с.

37. Хомик Н. І., Мартинюк В. В., Бабій А. В., Цьонь Г. Б., Довбуш Т. А., Довбуш А. Д. Агрозахист: навчальний посібник за заг. ред. к. т. н., доц. Хомик Н. І. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 520 с.

38. Хомик Н.І., Олексюк В.П., Сташків М.Я., Бабій А.В., Довбуш Т.А. Методичний посібник до виконання кваліфікаційної роботи для здобувачів першого (бакалаврського) рівня вищої освіти спеціальності Агроінженерія / Н. І. Хомик, В. П. Олексюк, М. Я. Сташків, А. В. Бабій, Т. А. Довбуш. Тернопіль : ФОП Паляниця В. А., 2025. 180 с.