

УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ІНЖЕНЕРНО-ТЕХНОЛОГІЧНИЙ ФАКУЛЬТЕТ
КАФЕДРА АГРОІНЖЕНЕРІЇ

Допускається до
захисту
Завідувач кафедри
_____ Дідур В.В.
“ ____ ” _____ 2026 р.

Кваліфікаційна робота (дипломний проєкт)
_____ перший (бакалаврський) _____
(освітній рівень)

на тему **«Проектування складу МТП при вирощуванні ярого**
ячменю з розробкою операційної технології передпосівного обробітку
ґрунту»

Виконав: студент 3 курсу, групи 32к-ім
Спеціальність _____ Н7
«Агроінженерія»
_____ **Костянтин ОСИПЕНКО**
(прізвище та ініціали)

Керівник Юрій КОВАЛЬЧУК
(прізвище та ініціали)

Рецензент _____
(прізвище та ініціали)

Умань – 2026

Зміст

Вступ	4
Розділ 1. Технологія вирощування ярого ячменю	5
1.1 Розміщення в сівозміні	5
1.2 Удобрення	6
1.3 Обробіток ґрунту	8
1.4 Сівба	11
1.5 Догляд за посівами	12
1.6 Збирання врожаю	13
1.7. Складання технологічної карти вирощування і збирання ярого ячменю	14
1.8. Операційна технологія передпосівного обробітку ґрунту	19
Розділ 2. Комбінований агрегат для передпосівного обробітку ґрунту	26
2.1. Обґрунтування розробки конструкції	26
2.2. Будова і принцип роботи котка-розпушувача КР-3	27
2.3 Кінематичний та міцнісний розрахунок деталей котка-розпушувача	28
Розділ 3. Охорона праці	33
Розділ 4. Економічне обґрунтування проекту	37
Висновки	44
Список літератури	45

Вступ

Головне завдання агропромислового комплексу – постійно нарощувати виробництво сільськогосподарської продукції, що можливо насамперед завдяки впровадженню інтенсивних технологій вирощування та збирання сільськогосподарських культур. Суть цих технологій полягає у збільшенні витрат енергетичних та матеріальних ресурсів на одиницю площі з метою збільшення валового збору продукції, а в ряді випадків – зменшення витрат на одиницю вирощеної продукції.

Виробництво зерна – найбільш механізована галузь сільського господарства, проте і тут є великі резерви, пов'язані із застосуванням раціональної технології, створенням і впровадженням нової техніки, поліпшенням експлуатації машинно-тракторного парку.

Одним з вирішальних факторів підвищення ефективності виробництва є використання оптимального комплексу машин для вирощування сільськогосподарських культур.

Поглиблення інтенсифікації виробництва сільськогосподарської продукції одночасно зумовлює необхідність пошуку шляхів скорочення витрат енергії та інших ресурсів. Це може досягатися завдяки ефективному використанню машинно-тракторних агрегатів.

Метою дипломного проекту є підвищення ефективності виробництва зерна ярого ячменю шляхом оптимізації роботи машинно-тракторних агрегатів, впровадженням перспективних технологічних прийомів та комбінованих машинних агрегатів.

Розділ 1. Технологія вирощування ярого ячменю

Ярий ячмінь досить чутливий до родючості ґрунту, що пояснюється його біологічними властивостями – має слаборозвинену кореневу систему з низьким рівнем засвоювання важкодоступних форм елементів живлення з ґрунту і характеризується стислим строком інтенсивного нагромадження поживних речовин. Високі врожаї формує на родючих оструктурених, середньозважених ґрунтах суглинкового механічного складу. Найбільш придатні для нього чорноземи глибокі та опідзолені степової і лісостепової зон. Добрі врожаї одержують на темно-сірих, сірих лісових та дерново-карбонатних ґрунтах у Лісостепу. Непридатні для вирощування ярого ячменю болотисті й торфові, кислі та дуже засолені ґрунти, на яких ячмінь можна вирощувати лише після їх докорінного поліпшення [2, 23, 33, 34].

1.1 Розміщення в сівозміні

У комплексі агротехнічних заходів, які забезпечують сприятливі умови для нормального розвитку ячменю, особливо при інтенсивній технології його вирощування, важливим є розміщення його в полях сівозміни з достатньою родючістю і чистих від бур'янів. Кращими попередниками ярого ячменю в зоні Лісостепу є озима пшениця, кукурудза на зерно та силос, просо, цукрові буряки. У південно-східних районах ячмінь після цукрових буряків дає зменшені врожаї, ніж після інших попередників [33,34].

Щоб ефективно використовувати попередники, необхідно враховувати біологічні, агроекологічні і агрохімічні властивості сортів

У зв'язку з тим, що господарства зони при значній насиченості сівозмін зерновими і технічними культурами частину площ (20-30%) ячменю

змушені висівати після гірших попередників, особливу увагу при вирощуванні його треба приділяти таким агротехнічним заходам, які зменшували б негативний вплив стерньових попередників на врожай. До таких заходів насамперед належить хімічна меліорація ґрунтів, систематичне внесення органічних і мінеральних добрив, підготовка ґрунту, знищення бур'янів та ін [23, 33].

1.2 Удобрення

Одним з найактивніших та швидкодіючих факторів підвищення врожаїв ячменю є раціональне використання мінеральних добрив, які за численними дослідними даними збільшують урожай зерна в зоні Лісостепу на 4,2 – 8,1 ц/га і значно послаблюють негативну дію несприятливих погодних умов [34].

Рослини ячменю добре використовують післядію гною і мінеральних добрив. Тому систему удобрення під цю культуру потрібно спланувати так, щоб у сівозміні ячмінь розміщувався на полях, де під попередники були внесені добрива

За даними дослідів відділу рільництва УНДІРСіГ, на чорноземах глибоких при середній забезпеченості ґрунтів поживними речовинами під ячмінь треба застосовувати повне мінеральне добриво в нормі $N_{40}P_{40}K_{40}$. Найдоцільніше внести з осені під основний обробіток ґрунту $N_{30}P_{25}K_{30}$, а останні добрива ($N_{10}P_{15}K_{10}$) в рядки під час сівби. За рахунок роздільного внесення рекомендованої кількості мінеральних добрив приріст зерна збільшується на 1,7 ц/га [34].

До застосування азотних добрив під ячмінь необхідно підходити диференційовано з урахуванням умов зволоження, попередників, кількості раніше внесених добрив та вмісту нітратних сполук у ґрунті, бо зайве азотне

живлення призводить до вилягання рослин, тому зерно формується невеликим і щуплим, внаслідок чого зменшується врожай і погіршується якість його.

Мінеральні добрива вносять під зяблеву оранку, коли ж їх не внесли восени, можна використати весною під культивуацію.

Ефективним є рядкове внесення добрив під час сівби на неудобрених або недостатньо удобрених полях. При такому використанні невеликих норм поживних речовин на кожну одиницю їх одержують великий приріст урожаю ячменю.

При застосуванні системи удобрення в окремих полях враховують агрохімічні властивості ґрунтів, попередників і агрохімічні показники сортів. Окремі сорти мають різну здатність використовувати поживні речовини ґрунту і добрив, тому доцільно розрахунки робити, враховуючи агрохімічні властивості сортів.

Програмують урожай ячменю за формулою [34]:

$$B_p = Ц \cdot Б + K_{mo} \cdot O_m + K_o \cdot O_o \quad (1.1)$$

де B_p – ресурсний врожай, ц/га;

$Ц$ – ціна бала, ц/га;

$Б$ – 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.

1.3 Обробіток ґрунту

ґрунт під ячмінь готують за системою, рекомендованою для зони з нестійким зволоженням, і всі основні операції спрямовані на нагромадження в ґрунті якомога більше води та знищення бур'янів. Так, звільнене від попередника поле зразу луцять луцильником ЛДГ-10 або ЛДГ-15 в агрегаті з тракторами Т-150 чи Т-150К. Коли є коренепаросткові бур'яни, наступне лушіння здійснюють обов'язково лемішними луцильниками ППЛ-5-25 з трактором класу 14 КН, чи ППЛ-10-25 з трактором Т-150К на глибину 10-12 см. Залежно від потреби луцильники агрегатують з середніми боронами чи котками. Перший варіант застосовують у роки з достатнім зволоженням ґрунту, другий – у посушливу погоду. Такий обробіток забезпечує надійне збереження води в ґрунті і сприятливі умови для проростання бур'янів [23,34].

Після кукурудзи на зерно поле луцять у два сліди дисковими боронами БДТ-7, БДТ-10, БДВП-6,3, а потім орють. Після цукрових буряків зяб орють без попереднього лушіння. Зяблеву оранку плугами з передплужниками після стерньових попередників проводять на глибину 20-22 см, а на полях, засмічених осотом, 25-27 см, гирчаком – до 30 см.

Після таких просапних культур, як картопля, цукрові буряки, зяблеву оранку проводять на глибину 20-22 см і часто без попереднього луцення, після кукурудзи – на глибину до 30 см [23].

Досліди відділу рільництва УНДІРСіГ щодо впливу способів обробітку ґрунту на врожай ярого ячменю свідчать, що плоскорізний обробіток дещо збільшує забур'яненість посіву, але при невеликій кількості і незначному розвитку вегетативної маси їх урожай зерна не зменшується порівняно з урожаєм ячменю по оранці [23,34].

Таким чином, досліди свідчать, що до вирішення цього питання в кожному господарстві потрібно підходити творчо з урахуванням ґрунтових і

погодних умов, попередників та біологічних властивостей вирощуваних сортів.

Численні дослідження і передова практика вирощування ячменю свідчать, що максимальне збереження вологи в ґрунті навесні можна забезпечити тільки за диференційованою обробіткою ґрунту з урахуванням властивостей кожного поля, ступеня його забур'яненості, стану і метеорологічних умов [2,8, 9].

Для цього не може бути раз і назавжди встановлена, як глибина і способи розпушування, так і знаряддя для обробітки. Щоб не пересушувати ґрунт, весняний обробіток треба проводити в якомога стислі строки і обов'язково при фізичній стиглості його. Під час допосівного обробітку потрібно широко використовувати комбіновані машини і широкозахватні агрегати [11,20].

Обробіток ґрунту весною традиційно складається з ранньовесняного боронування і культивації, але бувають і деякі відхилення.

При швидкому висиханні бриластого зябу і повільному відтаванні ґрунту, коли його ще боронувати не можна, необхідно застосовувати шлейфування.

Як тільки верхній шар ґрунту підсохне, зяб боронують, щоб вирівняти його поверхню. Цю роботу краще виконувати гусеничними тракторами ДТ-75 або Т-150 в агрегаті з важкими зубовими бороном БЗТС-1,0и в зчепленні з шлейфами ШБ-2,5. Показником доброї якості такого обробітку є вирівняність поверхні поля і створення розпушеного дрібногрудкуватого шару завтовшки 4-6 см, завдяки чому випаровування вологи з нижніх шарів зменшується в три і більше разів [23,33].

В окремі роки на добре виораних восени полях і при невеликих опадах взимку, якщо верхній шар зябу розпушений і вирівняний, то в цьому випадку для більшого збереження запасів вологи, одержання своєчасних, дружніх і повних сходів, скорочення строків виконання весняних польових робіт, сіяти

ярий ячмінь можна без передпосівної культивації, а лише після боронування голчастими боролами БИГ-3 в режимі активного розпушення [20].

Передпосівну культивацію ґрунту проводять на глибину загортання насіння. Така культивація необхідна не тільки для знищення можливих сходів бур'янів, забезпечення рівномірно по глибині загортання насіння під час сівби, а й для кращого прогрівання ґрунту, посилення життєдіяльності корисних мікроорганізмів, у тому числі й бактерій, які здатні розкласти органічні рештки і утворювати доступні для рослин поживні речовини.

Прагнучи поліпшити обробіток зябу під посів ячменю, у деяких господарствах інколи проводять передпосівну культивацію на глибину 12-14 см і більше. Як показали досліді, таке глибоке розпушування ґрунту перед сівбою себе не виправдовує, бо при цьому не завжди досягається краще загортання насіння на однакову глибину, а також призводить до пересушування ґрунту [34]. Встановлено, що за належного підбору робочих органів культиваторів і правильного їх відрегулювання можна забезпечити рівноглибинне загортання насіння, одержати дружні сходи і оптимальну кількість продуктивних рослин без зайвого поглиблення передпосівної культивації. За даними ВНДІК, при використанні для передпосівної культивації знарядь із стрільчатими робочими органами (глибина обробітку 10-12 і 7-8 см) у середньому за три роки одержали зерна відповідно 34,1 і 34,5 ц/га, тобто майже однаково. Якщо культивували пружинними робочими органами на глибину 7-8 см, то зібрали 32,7 ц/га зерна. Отже, не поглиблення культивації, а підбір кращого робочого органа до культиватора і правильне його відрегулювання вирішує якість розробки ґрунту.

Наявні культиватори (КПС-4, КПШ-6) забезпечують добру передпосівну розробку ґрунту і тому доцільно обмежитися, як правило, перед сівбою однією культивацією на глибину загортання насіння 5-6 см. лише на тих полях, де ґрунт ущільнений і однією культивацією не вдається добре його розпушити, доводиться повторити її.

Значна увага надається широкому застосуванню мінімалізації весняного обробітку ґрунту при використанні комбінованих агрегатів, за допомогою яких можна поєднати ряд технологічних операцій: внесення потрібної кількості добрив, боронування, культивацію, сівбу та коткування [8,20].

Використання різних конструкцій комбінованих агрегатів для поєднання операцій передпосівної і припосівної агротехніки ярого ячменю дозволяє скоротити строки виконання весняних польових робіт, зменшує матеріальні і грошові витрати та кількість проходів по полю коліс тракторів і знаряддя, що в свою чергу запобігає ущільненню і руйнуванню структури ґрунту. Основна вимога до передпосівного обробітку – добре розпушування посівного шару ґрунту, вирівнювання поверхні поля, а це сприятиме під час сівби рівномірному загортанню насіння у вологий шар на однакову глибину.

1.4 Сівба

Ячмінь – культура ранньої сівби. Запізнення з сівбою на 5-10 днів, особливо в умовах посухи, призводить до значного недобору зерна..

Сіють ячмінь відсортованим, очищеним, кондиційним насінням високих репродукцій, яке відповідає вимогам держстандарту. Перед сівбою насіння протруюють вітаваксом (3 кг/га) або іншими протруювачами із застосуванням плівкоутворювачів.

За даним науково-дослідних установ, рекомендується висівати за 100% господарської придатності 4,5-5 млн./га насінин, постійно уточнюючи норму стосовно біологічних властивостей нових районованих сортів. Вагова норма висіву становить відповідно від 180-220 до 140-160 кг/га. Для сортів схильних до вилягання, висококущистих норми висіву зменшують приблизно на 0,5 млн шт/га, для стійких проти вилягання і менш кущистих –

збільшують на таку ж величину. При сівбі ячменю після кращих попередників застосовують меншу норму, ніж після гірших, а при запізненні із сівбою або висіванні в сухий ґрунт – більшу.

Глибина загортання насіння за достатньої вологості посівного шару ґрунту становить 5-6, на важких запливаючих ґрунтах 3-4 см.

Продуктивність ярого ячменю значно залежить від рівномірного розподілу насіння на площі, що дозволяє рослинам найефективніше використовувати воду, поживні речовини та енергію сонця тому спосіб сівби – звичайний рядковий з міжряддями 15 см [2, 23, 33. 34].

Сіють ячмінь сівалками СЗ-3,6 в агрегаті з тракторами ЮМЗ-6Л чи МТЗ-80 або комплектуючи широкозахватні агрегати з тракторами ДТ-75, Т-150.

При інтенсивному вирощуванні ячменю під час сівби створюють постійні технологічні колії, перекриваючи висівні апарати 6-7 та 18-19 сошників у середній сівалці трисівалкового машинно-тракторного агрегату [30]

1.5 Догляд за посівами

Комплекс прийомів догляду за посівами складається з коткування, боронування, хімічних обробок та боротьби з шкідниками і хворобами. У посушливі роки поле обов'язково коткують кільчато-шпоровими котками вслід за сівалками або в агрегаті з ними. Застосування такого прийому сприяє підвищенню врожаю ярого ячменю.

Про це свідчать дані Ерастівської станції. Тут у середньому за три роки від післяпосівного коткування збір зерна ячменю збільшився з 26,3 до 28,7 ц/га.

На важких ґрунтах під дією опадів часто утворюється кірка, яку знищують легкими ЗБП-0,6, ЗОР-0,7 чи середніми ЗБЗСС-1,0 зубовими боронами або ротаційними мотиками [33].

Не рекомендується боронувати посіви після з'явлення сходів, коли ґрунт надто вологий, насіння мілко загорнуте, а також коли посіви ячменю розміщені на легких ґрунтах або в них підсіяні багаторічні трави.

Якщо посіви забур'янені, застосовують гербіциди (ларен 0,1 кг/га), використовуючи для їх внесення штанговий обприскувач ОП-2000-2-01 в агрегаті з трактором МТЗ-80. У разі виявлення на рослинах ознак борошнистої роси, іржі посіви обприскують у фазі кущення байлетоном (0,6 кг/га) або тілтом (0,5 кг/га). Водночас обприскують посіви для знищення шкідників (волатон, 1,0 л/га).

Застосування хімічних способів захисту посівів ярого ячменю від бур'янів, хвороб та шкідників забезпечує додатковий збір зерна 5-6, а в окремі роки і 8 ц/га, а також дозволяє використовувати збиральну техніку з найменшими втратами врожаю [23, 33].

1.6 Збирання врожаю

Оптимальні строки і способи збирання ячменю є істотним резервом збільшення виробництва зерна і зменшення втрат, які нерідко перевищують прирости, одержані від застосування найефективніших заходів агротехніки (впровадження нових сортів чи прогресивних технологій).

Збирають ячмінь у фазі воскової стиглості зерна, поєднуючи роздільне збирання з прямим комбайнуванням. Забур'янені та полеглий посіви високорослих сортів ячменю збирають роздільним способом, скошуючи їх у валки при вологості зерна 30-38%, а зріджені й чисті посіви низькорослих сортів – прямим комбайнуванням при вологості зерна 15-18% [23, 33].

Для забезпечення своєчасності виконання збиральних робіт формують збирально-транспортні загони у складі зернозбиральних комбайнів РСМ-10, СК-5М, вантажних автомобілів для перевезення зерна на тік, та ланок по транспортуванню і скиртуванню соломи [1, 30].

Після обмолоту зерно ячменю очищають, доводять його вологість до 14-15% і використовують за призначенням [34].

1.7. Складання технологічної карти вирощування і збирання ярого ячменю

Технологічна карта є основним технологічним документом на вирощування і збирання сільськогосподарської культури в господарстві. Розробляється вона на найближчий рік із врахуванням наявної в господарстві техніки та можливого використання нових машин, більш сучасних агротехнічних прийомів, які сприяють підвищенню врожайності і зменшенню затрат праці на одиницю продукції [1].

Розроблена технологічна карта (табл. 1.1) вирощування та збирання ярого ячменю включає такі основні блоки інформації:

- агрономічний блок, який містить назву операції, обсяг робіт, початок і тривалість робіт;
- технічне забезпечення операцій і нормативи використання техніки (змінна норма виробітку, норма витрати палива, еталонна продуктивність);
- потреба в ресурсах: кількість технічних засобів, виробничого персоналу, робочих днів і нормозмін, палива і технологічних матеріалів;
- показники ефективності: затрати праці, виробіток в еталонних одиницях обліку механізованих робіт.

Для складання технологічної карти були враховані такі первинні дані: попередник (цукрові буряки); площа, на якій планується вирощування ярого ячменю; планова врожайність (основної і побічної продукції), норма витрати: насіння, пестицидів; норми внесення добрив, відстань перевезення: насіння, добрив, пестицидів, основної і побічної продукції. Крім того, було враховано стійкість ґрунтів до водної ерозії, ступінь забур'яненості поля.

Заповнювали технологічну карту так [1].

В графу 1 «Шифр операції», проставляли порядковий номер.

Перелік операцій, необхідних для вирощування і збирання заданої сільськогосподарської культури записували в графу 2 [2, 23, 33, 34].

«Обсяг робіт», Ω , (графа 3) визначається типом агрегату [5, 6, 30]:

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

$$\Omega = Fk \quad (1.1)$$

- для навантажувальних, т, ц, м³,

$$\Omega = Fg_m \quad (1.2)$$

- для транспортних, т чи ткм,

$$\Omega = Fg_m L_n \quad (1.3)$$

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 роботи (графа 4) обумовлюється агротехнікою вирощування сільськогосподарської культури. При розробці технологічної карти, календарні і агротехнічні строки виконання операцій приймали з урахуванням особливостей вирощування ярого ячменю [2, 34].

Роботу агрегатів рекомендується планувати в дві зміни [1]. Тривалість зміни, $T_{зм}$, при цьому повинна становити 7 год, а при роботі з отрутохімікатами - не більше 6 год. При виконанні найбільш важливих і

термінових робіт допускається продовжувати робочу зміну до 10 год. Виходячи з цього, тривалість роботи агрегату за добу, T_d , год, записували в графу 5.

Склад машинно-тракторних агрегатів (марку енергетичного засобу, сільськогосподарської машини і зчіпки, та їх кількість в агрегаті) записуємо в графи 6, 7 і 8. При цьому по кожній операції технологічного процесу вирощування і збирання ярого ячменю, для конкретних умов роботи (група поля, клас ґрунту), вибирали раціональний склад машинно-тракторного агрегату, за критеріями годинної продуктивності W_r і паливної економичності g_n , виходячи з наявної в господарстві техніки [1, 5, 6, 15, 16].

Змінну норму виробітку, $W_{зм}$, (графа 9), добову продуктивність агрегату та витрату палива на одиницю роботи (графа 11) визначали з [25, 26].

Норму витрати технологічних матеріалів (органічних та мінеральних добрив, насіння, пестицидів тощо) визначали відповідно з агротехнікою вирощування сільськогосподарської культури [2, 23, 33, 34]. Ці дані записували в графу 12.

Необхідну для виконання запланованого обсягу робіт, кількість агрегатів n_a (графа 13), визначали по формулі [1]:

$$n_a = \frac{\Omega}{W_{зм} K_{зм} D_p} \quad (1.4)$$

де $K_{зм}$ – коефіцієнт змінності,

$$K_{зм} = \frac{T_\partial}{T_{зм}} \quad (1.5)$$

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу (графа 14) визначали за формулами [1, 5, 6, 15, 16]:

$$n_o = (m_m + m_\partial) n_a K_{зм} \quad (1.6)$$

де m_m і m_d - відповідно, кількість механізаторів та допоміжних робітників.

Кількість механізаторів і допоміжних робітників, обслуговуючих агрегат, визначали в залежності від його складу, прийнятої в господарстві технологічної схеми роботи і рекомендацій заводів - виробників машин.

Кількість днів, протягом яких буде виконана робота (граф 15), підраховували діленням обсягу роботи Ω (граф 3) на кількість агрегатів n_a (граф 13) та добову продуктивність агрегату W_d , тобто [1,15]:

$$D = \frac{\Omega}{n_a W_d} = \frac{\Omega}{n_a W_{зм} K_{зм}} \quad (1.7)$$

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

$$Z_n = (n_m + n_d) N_{зм} T_{зм} \quad (1.8)$$

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

$N_{зм}$ – кількість відрпацьованих нормо-змін

Кількість відрпацьованих нормо-змін визначали діленням обсягу роботи на нормативну змінну продуктивність агрегату.

Розрахунок показників технологічної карти покажемо на прикладі операції “Оранка”.

В графу 1 «Шифр операції», проставляємо порядковий номер, 3.

В графу 2 записуємо назву роботи “Оранка”.

«Обсяг робіт», Ω , (граф 3) визначаємо по формулі:

$$\Omega = Fk,$$

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

Дата початку роботи (граф 4), після закінчення збирання цукрових буряків, орієнтовно – 25 вересня.

Роботу агрегатів при оранці ґрунту плануємо в дві зміни. Тоді тривалість роботи агрегату за добу, T_d , год, становить 14 годин (граф 5).

Склад машинно-тракторного агрегату (Т-150К+ПЛ-6-35) записуємо в графи 6, 7 і 8 таблиці 1.1.

Змінну норму виробітку, $W_{зм} = 7,5$ га, (графа 9) та витрату палива на одиницю роботи $g_{п} = 15,3$ кг/га (графа 10) визначаємо з [25, 26].

При оранці ґрунту, технологічні матеріали не витрачаються, тому в графу 12 не записуємо цифрових значень.

Необхідну для виконання запланованого обсягу робіт, кількість агрегатів n_a (графа 13), визначаємо по формулі (1.4):

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

Приймаємо 1 агрегат.

Необхідну кількість обслуговуючого персоналу визначаємо за формулою (1.6):

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

Кількість днів, протягом яких буде виконана робота (графа 15), підраховуємо діленням обсягу роботи Ω (графа 3) на кількість агрегатів n_a (графа 13) та добову продуктивність агрегату W_d , тобто:

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

В графу 15 записуємо 6 днів.

Підраховуємо кількість відпрацьованих нормо-змін по формулі (1.8),

$$N_{зм} = \frac{80}{7,5} = 10,66.$$

Виріток машинно-тракторних агрегатів в умовних одиницях W_y визначаємо, помноживши значення годинної еталонної продуктивності $\lambda = 1,65$ [1, 5, 6, 15, 16] на кількість відпрацьованих нормо-змін $N_{зм} = 10,66$ та тривалість зміни $T_{зм} = 7$ год.

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

Затрати праці на виконання роботи (графа 16) підраховуємо за формулою (3.9):

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

Аналогічно виконавши розрахунки для інших операцій технологічного процесу, їх значення записуємо в технологічну карту (табл. 1.1).

На аркуші 1 графічної частини проекту подаємо таблицю 1.1.

1.8. Операційна технологія передпосівного обробітку ґрунту

Умови роботи

- Агрофон – зоране поле;
- Площа поля – 80 га;
- Середня довжина гону – 650 м;
- Середня величина схилу – 1%;
- Питомий опір ґрунту – 0,6 – 0,7 кН/м;
- Глибина обробітку – 6 см.

Агротехнічні вимоги

- Передпосівний обробіток ґрунту проводиться не більш ніж за дві години до посіву ярого ячменю;
- Знаряддя і робочі органи до них, глибину обробітку встановлює агроном, з огляду на тип і стан ґрунту, його зволоження;
- При посушливих умовах у період сівби в Лісостепу глибина обробітку повинна складати 5-6 см, при достатньому зволоженні – 3-4 см;
- Обробіток проводиться поперек оранки, а при необхідності повторної - по діагоналі до попереднього обробітку. На схилах крутістю більш 3 ° - тільки в напрямку горизонталей;

- По всій ширині захвату агрегату робочі органи повинні обробляти ґрунт на однакову глибину;
- Робочі органи повинні розпушувати так, щоб нижні вологі шари ґрунту не оголювалися і не перемішувалися з верхніми сухими.

Комплектування і підготовка агрегату до роботи

Агрегатувати коток-розпушувач КР-3 плануємо з трактором МТЗ-80.
Для машинно-тракторного агрегату МТЗ-80+КР-3 уточнюємо швидкісні і тягові режими роботи.

Знаходимо діапазон швидкостей руху агрегату

$$V_{ad} = V_{min} \dots V_{max}, \quad (2.1)$$

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

$$V_{min} = 8 \text{ км/год}, V_{max} = 12 \text{ км/год} [30].$$

В інтервалі агротехнічно допустимих швидкостей руху 8-12 км/год, з технічної характеристики трактора МТЗ-80 вибираємо робочі передачі і тягові зусилля на цих передачах, з умови:

$$V_{min} < V_1, V_2, \dots, V_i < V_{max}, \quad (2.2)$$

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 [15].

Підраховуємо величину тягового зусилля трактора $P_{гак\ i}$ на вибраних передачах з врахуванням умов роботи (агрофон, величина схилу, питомий опір ґрунту та ін.), за формулою:

$$P_{гак} = P_{гак}'' - P_f - P_{\alpha}, \quad (2.3)$$

де $P_{гак}''$ - 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:

$$P_f = G_{mp} f_{mp}, \quad (2.4)$$

де G_{mp} - вага трактора, кН, $G_{mp} = 37,6$ кН [15];

f_{mp} - коефіцієнт опору коченню трактора $f_{mp} = 0,14$.

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

Сила опору рухові трактора на підйом дорівнює

$$P_{\alpha} = G_{mp} \frac{i}{100}, \quad (2.5)$$

де i - нахил місцевості, %, $i = 1\%$ (див. 5.1).

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

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

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

Визначаємо максимально можливу ширину захвату агрегату на вибраних передачах, яка для причіпних агрегатів становить [1,6,15,16,]:

$$B_{max i} = \frac{P_{зак i}}{(K_{v1} + K_{v2} + \dots + K_{vj}) + (g_{m1} + g_{m2} + \dots + g_{mj}) \frac{i}{100} + R_{зч}}, \quad (2.6)$$

де $K_{v1}, K_{v2}, \dots, K_{vj}$ - питомий опір, при рухові на i -й передачі, відповідно 1-ої, 2-ої, ... , j -ї машини, кН/м;

$g_{m1}, g_{m2}, \dots, g_{mj}$ - вага сільськогосподарської машини, що приходить на 1 м ширини захвату, відповідно 1-ої, 2-ої, ... , j -ї машини, кН/м;

$R_{зч}$ – опір зчіпки, кН.

Питомий опір сільськогосподарської машини, при рухові на i -й передачі, визначаємо за формулою [15]:

$$K_{vi} = K_0 [1 + \Delta(V_{pi} - V_0)] \quad (2.7)$$

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 $K_0 = 0,7$ [15];

Δ - темп приросту питомого опору сільськогосподарської машини при збільшенні робочої швидкості на 1 км/год ($\Delta = 0,02 \dots 0,03$) [1,6,15,16,];

V_{pi} - робоча швидкість руху, км/год. Робоча швидкість руху в значній мірі залежить від опору агрегату величина якого ще не визначена, тому, робимо припущення, що $V_{pi} = V_i$.

$$K_{v43} = 0,6[1 + 0,06(8,9 - 5)] = 0,776 \text{ кН}$$

$$K_{v4\kappa} = 0,6[1 + 0,1(10,54 - 5)] = 0,932 \text{ кН}$$

$$K_{v53} = 0,7[1 + 0,06(8,9 - 5)] = 0,889 \text{ кН}$$

$$K_{v5\kappa} = 0,7[1 + 0,1(10,54 - 5)] = 1,088 \text{ кН}$$

Вага сільськогосподарської машини, що приходить на 1 м ширини захвату дорівнює [1,6,15,16,]:

$$g_m = \frac{G_m}{B_m}, \quad (2.8)$$

де G_m - вага машини, кН;

B_m - конструктивна ширина захвату машини, м.

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

Так як, марка зчіпки ще не відома, приймаємо $g_{зч} = 0,7$ кН/м [1,6,15,16,], тоді

$$B_{max4} = \frac{9,12}{(0,776 + 0,932) + 4,1 \frac{1}{100} + 0,7} = 3,67 \text{ м},$$

$$B_{max5} = \frac{6,62}{(0,89 + 1,09) + 4,1 \cdot \frac{1}{100} + 0,7} = 2,43 \text{ м}.$$

Визначаємо розрахункову кількість сільськогосподарських машин в агрегаті по формулі [1,6,15,16,]:

$$n_p = \frac{B_{max i}}{B_M}, \quad (2.9)$$

$$n_{p4} = \frac{3,775}{3,0} = 1,26,$$

$$n_{p4} = \frac{1,63}{3,0} = 0,54.$$

Фактичну кількість машин в агрегаті приймаємо враховуючи умову [1,6] :

$$n_{\phi} \leq n_p. \quad (2.10)$$

де n_{ϕ} - фактична кількість машин в агрегаті.

Умова 2.10 виконується для четвертої передачі.

Підраховуємо робочу ширину захвату агрегату [1,6,15,16,]

$$B_p = n_{\phi} B_M \beta, \quad (2.11)$$

де β - коефіцієнт використання ширини захвату агрегату, $\beta = 0,99$ [1,6,15,16,].

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

При сівбі, культивації, боронуванні та інших аналогічних операціях, загальний опір агрегату визначають по формулі [1,6,15,16,]:

Для комбінованих причіпних агрегатів

$$R_{aep} = \sum K_{vj} B_{pj} n_{mj} + \sum G_{mj} n_{mj} \frac{i}{100}, \quad (2.12)$$

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

$n_{\phi j}$ - фактична кількість j -х машин в агрегаті;

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

$$R_{aep} = (0,776 + 0,932) \cdot 2,97 \cdot 1 + 12,2 \cdot 1 \cdot \frac{1}{100} = 5,19 \text{ кН}$$

Правильність розрахунку складу агрегату і режимів його роботи визначаємо, підраховуючи коефіцієнт використання тягового зусилля трактора по формулі:

$$\eta = \frac{R_{api}}{P_{закі}}, \quad (2.13)$$

Агрегат вважається скомплектованим правильно, якщо при оранці $[\eta] = 0,85 \dots 0,90$, при виконанні решти робіт $[\eta] = 0,90 \dots 0,96$. Варіанти агрегування із значеннями $\eta > 0,96$ не допускаються, через перевантаження двигуна трактора. Коли нема можливості раціонально завантажити трактор (при сівбі просапних культур, міжрядному підживленні тощо), приймаються варіанти агрегування з $\eta < 0,85$ [1,6,15,16,]. Для нашого випадку:

$$\eta = \frac{5,19}{9,12} = 0,57$$

Умова 2.13 виконується.

Отже, робимо висновок, що для передпосівного обробітку ґрунту комплектуємо машинний агрегат у складі трактора МТЗ-80 і котка розпушувача КР-3. Для приєднання котка-розпушувача до трактора потрібно ввімкнути передачу заднього ходу, подати звуковий сигнал і спрямувати трактор таким чином, щоб отвір у приєднувальній вилці навісної системи трактора співпав з отвором у причіпної скоби котка. Після цього слід зафіксувати отвори пальцем.

Встановивши агрегат на горизонтальному майданчику проводять регулювання глибини ходу голчастих дисків зміною їх положення відносно рами машини [27,28,29].

Підготовка поля до роботи

Перед початком роботи, поле оглядають, встановлюють напрямок руху агрегату ($10-15^\circ$ до напрямку сівби), спосіб руху агрегату (човниковий з петльовими поворотами), провішують лінію першого проходу для забезпечення прямолінійності руху [1,6,15,30]. Місця розвороту агрегату не відмічають, поворотні смуги не відбивають, а повороти агрегату мають

здійснюватися таким чином, щоб траєкторії їх руху знаходилися в межах поворотної смуги для сівалок шириною 10,7 м, зі зміщеною петлею.

Організація роботи агрегату в загінці

Виконання передпосівного обробітку ґрунту проводимо наступним чином. Механізатор вмикає 4-ту передачу, встановлює номінальні оберти двигуна і спрямовує трактор по провішеній лінії першого проходу правим колесом. проїхавши 30-40 м, агрегат зупиняють і перевіряють відповідність глибини обробітку заданій. При необхідності виконують регулювання для усунення недоліків у роботі. Виконавши роботи по перевірці якісних показників обробітку ґрунту, агрегат рухається прямолінійно до краю поля. На відстані, орієнтовно 9-10 м від краю поля, трактор спрямовується так, щоб виконати петльовий поворот зі зміщеною петлею. Виконавши поворот, агрегат спрямовується для виконання суміжного проходу таким чином, щоб перекриття суміжних проходів становило 10-15 см [8,9,30]. Наступні проходи машинно-тракторного агрегату виконують аналогічно.

Контроль якості роботи агрегату

Перед початком виконання роботи (див. 5.5), і протягом зміни, не менше трьох разів, якісні показники роботи агрегату для передпосівного обробітку контролюються агрономом, обліковцем і механізатором. При цьому перевіряють глибину обробітку вимірюючи відстань від поверхні ґрунту до нижнього щільного шару, враховуючи розпушення, прямолінійність ходу машинного агрегату, наявність і кількість грудок діаметром більшим 5 см (не більше 15% [2,32,33]), перемішування верхніх шарів ґрунту з нижніми, ширину перекриття суміжних проходів агрегату (10-15 см), наявність необроблених ділянок.

Розділ 2. Комбінований агрегат для передпосівного обробітку ґрунту

2.1 Обґрунтування розробки конструкції

Однією з характерних рис в практиці сучасного світового сільськогосподарського машинобудування в останні роки є пошук способів і технічних засобів для зменшення кількості проходів машинно-тракторних агрегатів по полю шляхом поєднання виконання технологічних операцій. Такий підхід дає змогу підвищити продуктивність агрегатів, скоротити строки виконання польових робіт, зменшити ущільнення ґрунту [3, 9, 11, 20, 21].

Існуючі в даний час прийоми обробітку ґрунту, сівби та догляду за посівами, при багаторазових проходах тракторів та сільськогосподарських машин по полю призводить до негативних змін структури ґрунту та зменшенню його родючості [21].

Створилася певна невідповідність між параметрами нових тракторів і технологічними прийомами вирощування сільськогосподарських культур шаблонно перенесеними з практики землеробства, яке базувалося на використанні малопотужних тракторів [8, 9, 20].

Розробка і використання ґрунтообробних агрегатів, які за один прохід по полю виконують кілька технологічних операцій, має велике значення. Впровадження у виробництва комбінованих агрегатів дозволить зменшити енергетичні та грошові затрати на виробництво продукції сільського господарства з одночасним підвищенням урожайності.

В окремі роки на добре виораних восени полях і при невеликих опадах взимку, якщо верхній шар зябу розпушений і вирівняний, то в цьому випадку для більшого збереження запасів вологи, одержання своєчасних, дружніх і

повних сходів, скорочення строків виконання весняних польових робіт, сіяти ярий ячмінь можна без передпосівної культивації, а лише після боронування голчастими боронами БИГ-3 в режимі активного розпушення [11].

Використання різних конструкцій комбінованих агрегатів для поєднання операцій передпосівної і припосівної агротехніки ярого ячменю дозволяє скоротити строки виконання весняних польових робіт, зменшує матеріальні і грошові витрати та кількість проходів по полю коліс тракторів і знаряддя, що в свою чергу запобігає ущільненню і руйнуванню структури ґрунту. Основна вимога до передпосівного обробітку – добре розпушування посівного шару ґрунту, вирівнювання поверхні поля, а це сприятиме під час сівби рівномірному загортанню насіння у вологий шар на однакову глибину.

В дипломному проекті пропонується конструкція котка розпушувача з умовною назвою КР-3, застосування якого дає змогу за один робочий прохід по полю розробити верхню частину ґрунту на глибину загортання насіння до посівного стану.

2.2 Будова і принцип роботи котка-розпушувача КР-3

Коток-розпушувач КР-3 належить до комбінованих агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту. Агрегатується пропонована машина з тракторами тягового класу 14 Кн

Робочими органами котка-розпушувача голчасті диски встановлені на двох секціях з перекриттям, та котки. Крім того, до рами КР-3 можна приєднати планки для вирівнювання поверхні поля.

Робочі органи монтуються до рами котка-розпушувача, поперечні бруси якої виготовлені з кутника 80×80 мм, а поздовжні – шляхом

зварювання двох кутгників 75×75 мм (див. аркуш 3 графічної частини проекту).

При русі агрегату по полю, батареї голчастих дисків, які встановлені в передній частині рами, розпушують ґрунт на глибину до 9 см і частково знищують бур'яни. Батареї котків подрібнюють грудки і прикочують поверхню ґрунту. Таким чином створюються умови для розподілу насіння в ґрунті на тверде ложе з дрібногрудочкуватою структурою ґрунту вище зони розміщення насіння.

2.3 Кінематичний та міцнісний розрахунок деталей котка-розпушувача

Коток-розпушувач КР-3 приєднується до трактора з допомогою сніці та сталевго пальця. В процесі руху агрегату в робочому чи транспортному положенні в місці з'єднання котка з трактором на палець діють напруги зминання, величину яких можна визначити з умови міцності [4]:

$$\sigma_{зм} = \frac{F_m}{2d\delta} \leq [\sigma_{зм}] \quad (2.1)$$

де F_T – тягове зусилля на гаку трактора, Н; $F_T = 13200$ Н [4];

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

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

$$\sigma_{зм} = \frac{13200 \cdot 10^6}{2 \cdot 30 \cdot 60} = 36,7 \text{ МПа}$$

Умова міцності пальця виконується.

Напругу розриву кронштейна сніці визначимо з умови міцності на розрив:

$$\sigma_p = \frac{F_m}{4a\delta} \leq [\sigma_p] \quad (2.2)$$

де a – ширина поверхні можливого розриву сниці; За конструктивними особливостями приймаємо $a = 50$ мм..

$$\sigma_p = \frac{13200 \cdot 10^6}{4 \cdot 50 \cdot 60} = 41 \text{ МПа}.$$

Наступне небезпечне, з точки зору міцності, з'єднання – зварний шов кріплення кронштейна до сниці котка. Для зварного з'єднання умова міцності має вигляд [4]:

$$\tau_{zp} = \frac{F}{2S_{zp}} \leq [\tau_{zp}] \quad (2.3)$$

де S_{zp} – площа шва, мм²;

$$S_{zp} = 0,7kB_{шв} \quad (2.4)$$

де k – товщина шва, мм; $k = 3$ мм;

B – довжина кутового шва, мм; $B = 160$ мм

$$S_{zp} = 0,7 \cdot 3 \cdot 160 = 336 \text{ МПа}$$

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

$$\tau_{zp} = \frac{13200 \cdot 10^6}{2 \cdot 336} = 19.6 \text{ МПа}$$

З приведених розрахунків, видно, що з'єднувальні пристрої котка-розпушувача надійні (мають майже трикратний запас міцності).

Для приєднання котків до рами застосуємо дерев'яні підшипники валів батареї котків. Визначимо питомий тиск [4]:

$$P = \frac{F_n}{S_n} = \frac{F_n}{dL} \leq [P] \quad (2.5)$$

де d – діаметр котка, мм;

L – довжина вала котка, мм;

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

F_n – сила тиск, МПа.

$$F_n = \frac{G_m}{4} \quad (2.6)$$

де G_m – вага агрегату, Н.

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

$$P = \frac{3750 \cdot 10^4}{45 \cdot 100} = 8,3 \text{ МПа}$$

Умова міцності не витримується, отже дерев'яні підшипники непрацездатні в даних умовах. Виходячи з цього, вибираємо підшипники ковзання, виготовлені з бронзи, допустимий питомий тиск для яких становить 15 МПа.

Розрахунок вала котка-розпушувача на міцність

Прикочуючі робочі органи монтуються на вал встановлений в підшипники ковзання виготовлені з бронзи. Вал виготовлений з труби довжиною 2,8 м встановлений у підшипниках, відстань між якими становить 1,75 м. На вал діє вага котків G і сила опору коченню R . Епюра діючих сил і згинаючих моментів показана на рис. 4.1.

Вихідні дані для розрахунку:

Вага котка $G = 220 \text{ Н}$;

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

Загальний опір коченню котка становить:

$$R = Gf \quad (2.7)$$

$$R = 220 \cdot 0,25 = 55 \text{ Н}$$

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

$$R_A^e = R_B^e = \frac{90 \cdot 22}{2} = 990 \text{ Н}$$

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

$$\begin{aligned} M_C^e &= -G \cdot 4 \cdot 35 - G \cdot 3 \cdot 35 - G \cdot 2 \cdot 35 - G \cdot 35 + R_A \cdot 87,5 = \\ &= -22(140 + 105 + 75 + 35) + 99 \cdot 87,5 = 85,25 H \cdot m \end{aligned}$$

$$M_A^e = -G \cdot 52,5 - G \cdot 17,5 = -22(52,5 + 17,5) = -154 H \cdot m$$

- визначаємо величину та напрямок опорних реакцій в горизонтальній площині

$$R_A^z = R_B^z = \frac{90 \cdot 5,5}{2} = 250 H$$

- визначаємо величину згинаючих моментів в горизонтальній площині

$$M_A^z = -5,5 \cdot 52,5 - 5,5 \cdot 17,5 = 38,5 H \cdot m$$

$$\begin{aligned} M_C^z &= -5,5 \cdot 4 \cdot 35 - 5,5 \cdot 3 \cdot 35 - 6,5 \cdot 2 \cdot 35 - 5,5 \cdot 35 + R_A^z \cdot 87,5 = \\ &= -5,5 \cdot 140 + 105 - 75 + 351 + 25 \cdot 87,5 = 22,5 H \cdot m \end{aligned}$$

Небезпечні перерізи будуть на опорах А та В, де $M_{max}^e = 1540 H \cdot m$,

$$M_{max}^z = 38,5 H \cdot m$$

Визначаємо сумарний згинаючий момент в небезпечному перерізі

$$M_{max} = \sqrt{M_{max}^e + M_{max}^z} = \sqrt{1540^2 + 38,5^2} = 159 H \cdot m$$

Умова міцності в небезпечному перерізі:

$$G_{max} = \frac{M_{max}}{W} \leq [G] \quad (2.8)$$

$$W = \frac{\pi D_n^3}{32} (1 - L^4) \quad (2.9)$$

$$L = \frac{dB_n}{D_n} \quad (2.10)$$

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

$$W = \frac{3,14 \cdot 75^3}{32} (1 - 0,2) = 33,1 \text{ см}^2$$

Тоді $G_{max} = \frac{1590}{33,1} = 48 \text{ Н/см}^2$ що менше допустимого. Отже умова

міцності вала забезпечена.

Розділ 3. Охорона праці

У відповідності до законів України організована і функціонує служба охорони праці. В її функції входить нагляд за дотриманням правил техніки безпеки при виконанні сільськогосподарських робіт, проведення інструктажів та навчання працівників з питань безпечного виконання робіт, запобігання нещасних випадків.

Відповідальність за стан охорони праці в підприємстві покладена на керівника, у структурних підрозділах відповідальними є керівники підрозділів (головні спеціалісти).

В господарстві обладнано кабінет з охорони праці, розміром 24 м², в якому проводяться вступні інструктажі і курсове навчання. Кабінет обладнаний стендами, плакатами, таблицями, які використовуються при проведенні навчання. Керівником кабінету є інженер по охороні праці, інженер-механік по спеціальності, стаж роботи на цій посаді – 14 років.

У виробничих підрозділах господарства (в центральній ремонтній майстерні, тракторній бригаді, молочно-товарній фермі) обладнані куточки з охорони праці. На території цих підрозділів обладнані протипожежні щити з необхідним інвентарем та протипожежним інструментом. Крім того, за протипожежний стан в господарстві несе відповідальність бригада пожежно-сторожової охорони з п'яти осіб, які мають в розпорядженні пожежний автомобіль.

В підприємстві, основні положення з питань охорони праці викладені в колективному договорі. Відповідно до цього договору, в підприємстві проводяться роботи по поліпшенню стану охорони праці, виділяються кошти на забезпечення робітників зайнятих на шкідливих роботах спеціальним харчуванням а також на придбання необхідної кількості засобів індивідуального захисту працюючих.

Таблиця 3.1 – Стан виробничого травматизму

Показники	Всього	В т. ч. жінок і підлітків
Середня списочна чисельність працівників	396	113
Число потерпілих з втратою працездатності	5	1
- із смертельними наслідками	-	-
Число людино-днів непрацездатності	122	36
Матеріальні наслідки від нещасних випадків, грн	425	112
Коефіцієнт частоти нещасних випадків	6,31	0,88
Коефіцієнт важкості	30,8	31,85

Найбільш характерними причинами травматизму є контакт працюючих з обертовими частинами механізмів і машин, несправність електричного обладнання.

Механізована технологічна операція, передпосівний обробіток ґрунту, проводять на полі площею 80 га, конфігурація якого близька до прямокутної, величина схилу 1^0 , перешкоди відсутні. Від центральної садиби господарства, поле знаходиться на відстані 5 км.

Операція виконується машинно-тракторним агрегатом у складі трактора МТЗ-80 і котка-розпушувача КР-3. При виконанні операції можуть виникнути наступні небезпечні ситуації [17,18,19]:

- травмування внаслідок наїзду трактором чи машиною;
- травмування обертовими частинами трактора;
- підвищена запиленість повітря;
- підвищена температура повітря;
- підвищена швидкість руху повітря.

Для запобігання нещасного випадку агрегат повинен бути обладнаний необхідним устаткуванням і тільки після цього допущений до роботи. Керувати машинним агрегатом дозволяється особам, що мають необхідне посвідчення і пройшли інструктаж з техніки безпеки.

При обслуговуванні машинно-тракторного агрегату і виконанні, при необхідності, ремонтних робіт, двигун трактора має бути вимкнений, а трактор забезпечений від свавільного руху.

Механізатор забезпечується робочим одягом. Протягом зміни, для задоволення фізіологічних потреб механізатора відводиться близько однієї години.

Потребу в спеодязі та засобах індивідуального захисту визначаємо відповідно до встановлених нормативів [18] (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Потреба у спецодязі та ЗІЗ

Найменування	Строки носіння	Необхідна кількість
Костюми з пилонепроникної тканини	12 місяців	24
Комбінезони з кислотонепроникної тканини	черговий	4
Комбіновані рукавиці	6 місяців	48
Гумові рукавиці	4 місяці	8
Взуття гумове	24 місяці	8
Нарукавники	чергові	8
Окуляри захисні	до зношення	14
Шолом бавовняний	12 місяців	4

Розділ 4. Економічне обґрунтування проекту

Основним показником економічної ефективності кожного прийому обробітку ґрунту є підвищення урожайності вирощуваної культури з мінімальними затратами праці і засобів.

Результати досліджень, проведених науково-дослідними закладами в основних зонах вирощування сільськогосподарських культур країни свідчать [20,33], що при вирощуванні сільськогосподарських культур обробіток ґрунту комбінованими ґрунтообробними знаряддями порівняно з традиційним, забезпечує підвищення урожайності зернових культур на 10%, просапних – до 34% з одночасним зменшенням затрат праці і засобів на виконання операції.

Крім того, комбіновані знаряддя порівняно з традиційними ґрунтообробними машинами, що застосовуються для передпосівного обробітку ґрунту, мають значні економічні переваги по експлуатаційних показниках [20].

За базову машину приймаємо машини, що мають робочі органи аналогічні орбочим органам КР-3

Для виконання розрахунків приймаємо наступні вихідні дані.

Таблиця 4.1 - Вихідні дані для розрахунку техніко-економічної ефективності котка-розпушувача КР-3

Показники	Існуючі машини		ПроеКТовані машини
	БІГ-3	3-ККШ-6	КР-3
Маса, кг	980	870	1220
Ширина захвату, м	3,0	6,0	3,0
Робоча швидкість руху, км/год	до 8	8-12	8-12
Агрегатується з трактором	МТЗ-80	МТЗ-80	МТЗ-80

Продуктивність агрегатів підраховуємо по формулі [1]

$$W = 0,1 B_p V_p \tau, \quad (4.1)$$

де B_p – робоча ширина захвату, м;

V – робоча швидкість руху, км/год;

τ - коефіцієнт використання часу зміни. $\tau=0,5 \dots 0,95$ [16],

Приймаємо $\tau = 0,8$;

Для серійної машини (тієї що має меншу ширину захвату):

$$W_C = 0,1 \cdot 3,0 \cdot 7 \cdot 0,8 = 1,68 \text{ га/год.}$$

Для проектованої машини: $W_{II} = 0,1 \cdot 3,0 \cdot 7 \cdot 0,8 = 1,68 \text{ га/год.}$

Визначаємо енергоємність операції [1,7,16]

$$F = \frac{N}{W}, \quad (4.2)$$

де N – потужність двигуна трактора, кВт. Для МТЗ-80 $N = 58,9 \text{ кВт}$ [30].

$$F_C = \frac{2 \cdot 58,9}{1,68} = 70,12 \text{ кВт.}$$

$$F_{II} = \frac{58,9}{1,68} = 35,04 \text{ кВт.}$$

Металоемність операції визначимо по формулі [7]:

$$M = \frac{M_M}{W}, \quad (4.3)$$

де M_M – маса машини, кг.

$$M_C = \frac{980 + 870}{1,68} = 1101,2 \frac{\text{кг} \cdot \text{год}}{\text{га}}.$$

$$M_{II} = \frac{1220}{1,68} = 726,2 \frac{\text{кг} \cdot \text{год}}{\text{га}}.$$

Енергонасиченість машинно-тракторного агрегату [7]:

$$E = \frac{N}{M_M}. \quad (4.4)$$

$$E_C = \frac{58,9 \cdot 2}{1101,2} = 0,107 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

$$E_{II} = \frac{58,9}{1220} = 0,05 \frac{\text{кВт}}{\text{год}}.$$

Продуктивність праці [35]

$$P_{II} = \frac{W}{T}, \quad (4.5)$$

де T – кількість робітників, що обслуговують агрегат. Для традиційного обробітку серійними машинами необхідно 2 механізатори, для проектованої, $T = 1$.

$$P_{PC} = \frac{1,68}{2} = 0,84 \frac{\text{га}}{\text{люд} \cdot \text{год}},$$

$$P_{III} = \frac{1,68}{1} = 1,68 \frac{\text{га}}{\text{люд} \cdot \text{год}}.$$

Затрати праці на виконання передпосівного обробітку ґрунту підраховуємо по формулі [5,6,15,16]:

$$T_O = \frac{1}{P_{II}}. \quad (4.6)$$

$$T_{OC} = \frac{1}{0,84} = 1,19 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{га}}.$$

$$T_{OP} = \frac{1}{1,68} = 0,6 \frac{\text{люд} \cdot \text{год}}{\text{га}}.$$

Визначаємо експлуатаційні витрати на роботу агрегатів, грн/га [1,35].

$$S = \sum S_A + \sum S_{TO} + S_{ПММ} + S_{ЗП}, \quad (4.7)$$

де $\sum S_A$ – сума амортизаційних відрахувань на трактор і сільськогосподарську машину, грн [31];

$$\sum S_A = \frac{(\alpha_{TP} + \alpha_{TKP})B_T}{100 \cdot T_M \cdot W} + \frac{\alpha_{MP} \cdot B_M}{100 \cdot T_M \cdot W}, \quad (4.8)$$

де α_{TP} – норма річних відрахувань на реновацію трактора, $\alpha_{TP} = 12,5\%$;

α_{TKP} – норма річних відрахувань на капітальний ремонт трактора,

$$\alpha_{TKP} = 7\%;$$

α_{MP} – норма річних відрахувань на реновацію машини, $\alpha_{MP} = 12,5\%$;

B_T і B_M – відповідно, балансова вартість трактора і машини, грн;

T_M – річне завантаження машини, год. $T_M = 200$ год [16].

Балансову вартість проектного котка-розпушувача визначимо з відношення [31]:

$$B_{МП} = \frac{M_{МП}}{M_{МС}} B_{МС}. \quad (4.9)$$

$$B_{МП} = \frac{1220}{980 + 870} \cdot (3800 + 5500) = 6138 \text{ грн.}$$

Тоді,
$$\sum S_{AC} = \frac{(12,5 + 7,0) \cdot 56000}{100 \cdot 200 \cdot 1,68} + \frac{12,5 \cdot (5500 + 3800)}{100 \cdot 200 \cdot 1,68} = 36,29 \frac{\text{грн}}{\text{га}}.$$

$$\sum S_{AP} = \frac{(12,5 + 7,0) \cdot 28000}{100 \cdot 200 \cdot 1,68} + \frac{12,5 \cdot 6138}{100 \cdot 200 \cdot 1,68} = 18,53 \frac{\text{грн}}{\text{га}}.$$

$\sum S_{TO}$ – сума витрат на поточний ремонт і технічне обслуговування, грн.

$$\sum S_{TO} = \frac{\alpha_{ТПР} \cdot B_T}{100 \cdot T_M \cdot W} + \frac{\alpha_{МПР} \cdot B_M}{100 \cdot T_M \cdot W}, \quad (4.10)$$

де $\alpha_{\text{ТПР}}$ і $\alpha_{\text{МПР}}$ – відповідно, норма річних відрахувань на поточний ремонт трактора і машини, %. Для тракторів $\alpha_{\text{ТПР}} = 22\%$, для сільськогосподарських машин $\alpha_{\text{МПР}} = 16\%$ [31].

$$\sum S_{\text{ТОС}} = \frac{22 \cdot 56000}{100 \cdot 200 \cdot 1,68} + \frac{16 \cdot (5500 + 3800)}{100 \cdot 200 \cdot 1,68} = 41,13 \frac{\text{грн}}{\text{га}}.$$

$$\sum S_{\text{ТОП}} = \frac{22 \cdot 28000}{100 \cdot 200 \cdot 1,68} + \frac{16 \cdot 6138}{100 \cdot 200 \cdot 1,68} = 21,22 \frac{\text{грн}}{\text{га}}.$$

$S_{\text{ПММ}}$ – вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га;

$$S_{\text{ПММ}} = g_{\text{га}} \cdot \text{Ц}, \quad (4.11)$$

де $g_{\text{га}}$ – витрата палива на один гектар, кг/га;

Ц – комплексна ціна палива, грн/кг. Станом на 01.12.2002 Ц = 1,5 грн/кг.

$$g_{\text{га}} = \frac{G \cdot K}{W}, \quad (4.12)$$

де G – годинна витрата палива, кг/год. Для МТЗ-80 G = 15,2 кг/год [15,30];

K – поправочний коефіцієнт який враховує неповне завантаження двигуна трактора при виконанні поворотів, переїздів та при зупинках трактора з працюючим двигуном, K = 0,92 [6]

$$g_{\text{гаС}} = \frac{15,2 \cdot 0,92 \cdot 2}{1,68} = 16,65 \frac{\text{кг}}{\text{га}}.$$

$$g_{\text{гаП}} = \frac{15,2 \cdot 0,92}{1,68} = 7,1 \frac{\text{кг}}{\text{га}}.$$

$$S_{\text{ПММС}} = 16,65 \cdot 1,5 = 24,98 \frac{\text{грн}}{\text{га}}.$$

$$S_{\text{ПММП}} = 7,1 \cdot 1,5 = 10,65 \frac{\text{грн}}{\text{га}}.$$

$S_{\text{ЗП}}$ – витрати на оплату праці, грн/га;

$$S_{\text{ЗП}} = \frac{1,32(m_{\text{T}} f_{\text{T}} + m_{\text{Д}} f_{\text{Д}})}{W_{\text{ЗМ}}}, \quad (4.13)$$

де 1,32 – коефіцієнт, що враховує нарахування на заробітну плату;

m_T і m_D – відповідно, кількість механізаторів і допоміжних працівників, які обслуговують агрегат;

f_T і f_D – відповідно, змінна тарифна ставка механізатора і допоміжного працівника, грн. Для механізатора, що працює на тракторі 2-ї групи змінна тарифна ставка становить 11,64 грн;

W_{3M} – змінна продуктивність агрегату, га.

$$W_{3M} = W \cdot T_{3M}, \quad (4.14)$$

де T_{3M} – тривалість зміни, год. $T_{3M} = 7$ год.

$$W_{3MC} = 1,68 \cdot 7 = 13,93 \text{ га},$$

$$W_{3MP} = 1,68 \cdot 7 = 13,93 \text{ га}.$$

$$S_{3PC} = \frac{1,32 \cdot 2 \cdot 13,93}{1,68 \cdot 7} = 3,12 \text{ грн/га}.$$

$$S_{3PP} = \frac{1,32 \cdot 1 \cdot 13,93}{1,68 \cdot 7} = 1,56 \text{ грн/га}.$$

$$S_C = 36,29 + 41,13 + 24,98 + 3,12 = 105,52 \text{ грн/га}$$

$$S_P = 18,53 + 21,22 + 10,65 + 1,56 = 51,96 \text{ грн/га}$$

Питомі капіталовкладення визначимо за формулою [31]:

$$K_P = \frac{B_M}{T_M W} \quad (4.15)$$

$$K_{PC} = \frac{5500 + 3800}{200 \cdot 1,68} = 27,69 \frac{\text{грн}}{\text{га}},$$

$$K_{PP} = \frac{6138}{200 \cdot 1,68} = 18,27 \frac{\text{грн}}{\text{га}}.$$

Економія витрат становитиме [31]:

$$E = (S_C + K_{PC}) - (S_P + K_{PP}). \quad (4.16)$$

$$E = (105,52 + 27,69) - (51,96 + 18,27) = 62,98 \frac{\text{грн}}{\text{га}}.$$

Річна економія витрат [31]:

$$E_P = E \cdot T_M \cdot W_P \quad (8.17)$$

$$E_p = 62,98 \cdot 80 \cdot 1,68 = 8464,5 \text{ грн.}$$

Строк окупності капіталовкладень, років [31]:

$$C_o = \frac{B_M}{E_p}. \quad (4.18)$$

$$C_o = \frac{6138}{8464,5} = 0,73 \text{ року.}$$

Таблиця 4.2 - Техніко-економічні показники роботи агрегатів для передпосівного обробітку ґрунту

Показники	Технологія передпосівного обробітку ґрунту		+/-
	Існуюча в господарстві	Проектована	
Енергоємність, кВт·год/га	70,12	35,04	+35,08
Металоємність, кг·год/га	1101,2	726,2	-375
Енергонасиченість, кВт/га	0,107	0,05	-0,057
Затрати праці, люд·год/га	1,19	0,6	-0,59
Продуктивність праці, га/год	0,84	1,68	+0,84
Експлуатаційні витрати, тис.грн/га	105,52	51,96	-53,56
Питомі капіталовкладення, тис.грн/га	27,96	18,27	-9,69
Економія витрат, тис.грн/га	-	62,98	-
Річна економія, тис.грн	-	8464,5	-
Строк окупності капіталовкладень, років	-	0,73	-

Висновки

1. Аналіз господарської діяльності свідчить про зростання площ вирощування сільськогосподарських культур;
2. Технічне забезпечення підприємства дозволяє виконувати механізовані роботи у визначені агротехнікою строки;
3. Впровадження у виробництво в умовах господарства запропонованої механізованої технології вирощування ярого ячменю дозволить отримати 360 т зерна, витративши при цьому дизельного палива 5507,04 кг, бензину – 176 кг, мінеральних добрив – 36 т, гербіцидів – 8 л, насіння – 16 т. Затрати праці на вирощування ярого ячменю становитимуть 1237,41 люд.год;
4. В господарстві недостатньо використовуються знаряддя для комбінованого обробітку ґрунту. Запропоновано до використання комбінований ґрунтообробний агрегат для передпосівного обробітку ґрунту КР-3, застосування якого дозволить зменшити експлуатаційні витрати на 53,56 грн/га та дасть річний економічний ефект у сумі 8464,5 тис. грн при строковій окупності додаткових капіталовкладень 0,73 роки. Крім того, застосування комбінованого агрегату сприятиме дружній появі сходів ячменю і зростанню урожайності культури;

Список літератури

1. Войновський В. В., Куянов В. В., Миропольський О. М. Техніка для внесення твердих і рідких мінеральних добрив різними способами. // Техніка і технології в АПК. – 2021. № 3 (120). С. 18-22.
2. Гунько І. В., Гуцаленко О. В. Розвиток та вдосконалення розкидачів мінеральних добрив // Техніка, енергетика, транспорт АПК. – 2017. – №. 2. – С. 24-29.
3. Новітні енергетичні засоби та сільськогосподарські машини: підруч./О.С. Пушка, А.В. Войтік, В.В. Кравченко, Т.О. Кутковецька. - Умань : Видавець "Сочінський М.М.", 2018. - 244 с.
4. Головчук А.Ф. Машиновикористання та екологія довкілля: підручник / А.Ф. Головчук, А.С. Лімонт,; за ред. А.Ф. Головчука. –К.: Грамота, 2007. — 360 с.
5. Головчук А.Ф. Машини сільськогосподарські / А.Ф. Головчук, В.І. Марченко, В.Ф. Орлов. - К.: Грамота, 2005. – 575 с.
6. Марченко В.І. Машиновикористання в землеробстві: навч. посіб. / В.І. Марченко, А.О. Яценко. – К.: Наук. Світ. 2006. – 372 с.
7. Мельник І.І. Проектування технологічних процесів у рослинництві: Навчальний посібник / І.І. Мельник, В.Д. Гречкосій, С.М. Бондар; За ред. І.І. Мельника. – Ніжин: ТОВ “Видавництво Аспект-Поліграф”, 2005. – 192 с.
8. Працезохоронні засади у схемах, таблицях і графіках: Посібник / Укл. Войналович О.В. – К.: Основа, 2009. – 88 с.
9. Ільченко В.Ю. Машиновикористання в землеробстві / В.Ю. Ільченко Ю.П.Нагірний, Підручник. – К.: Київ Урожай. 1996, 375с.