

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи
другого (магістерського) рівня вищої освіти
на тему:

**УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ
ВИРОЩУВАННЯ СОРГО З ОБГРУНТУВАННЯМ
ЗНАРЯДДЯ ДЛЯ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ**

Виконав: студент _____ Білокрилий Олександр Михайлович

Керівник: _____ Кобець Анатолій Степанович

Рецензент: _____

Дніпро 2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: "Магістр"

Спеціальність: 208 "Агроінженерія"

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри тракторів і
сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

(підпис)

(прізвище, ініціали)

„_____” _____ 20__ р.

З А В Д А Н Н Я
НА ДИПЛОМНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи _____

керівник роботи _____

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

затверджені наказом закладу вищої освіти від “_____” _____ 20__ року

№ _____

2. Строк подання студентом роботи _____

3. Вихідні дані до роботи _____

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) _____

5. Перелік демонстраційного матеріалу _____

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв

7. _____ Дата _____ видачі _____
 завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка

Студент

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

_____ (прізвище та ініціали)

АНОТАЦІЯ

Білокрилий О.М. Удосконалення технології вирощування сорго з обґрунтуванням знаряддя для обробітку ґрунту/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «Магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія». – ДДАЕУ, Дніпро, 2025. – 73 с.

В роботі представлено аналіз сучасних технологій вирощування сорго, його біологічні особливості і розроблена технологічна карта на вирощування по інтенсивній технології. Визначено склад машин для виконання технологічного процесу.

Обґрунтовано схему ґрунтообробного знаряддя, проведено розрахунки основних параметрів і розроблена конструкція і робочі креслення вузлів і деталей машини.

Визначено показники операційної технології обробітку ґрунту розробленим знаряддям.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при проведенні інструктажів при вирощуванні сорго і підвищать рівень безпеки працівників при виконанні технологічних операцій.

Річний економічний ефект від застосування розробок на практиці становить 2037040 грн. При цьому зниження затрат праці складає 0,2 люд.год./га.

Ключові слова: сорго, ґрунт, технологія, удосконалення, обробіток, економічний ефект.

З М І С Т

В С Т У П.	6
1 УДОСКОНАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЇ ВИРОЩУВАННЯ СОРГО ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА.	9
1.1 Біологічні особливості сорго.	9
1.2 Технологічні особливості вирощування для умов господарства.	12
2 ПРОГРАМУВАННЯ УРОЖАЙНОСТІ СОРГО.	19
3 СКЛАДАННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОЇ КАРТИ НА ВИРОБНИЦТВО СОРГО НА ЗЕРНО ПО ІНТЕНСИВНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ.	25
3.1 Особливості технологічної карти.	25
3.2 Побудова графіка використання тракторів.	29
3.3 Побудова графіка використання сільськогосподарських машин.	30
4 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ГРУНТООБРОБНОГО ЗНАРЯДДЯ.	31
5 ОБГРУНТУВАННЯ ПАРАМЕТРІВ ЧИЗЕЛЬНОГО ПЛУГА.	34
5.1 Розрахунок конструктивних параметрів.	34
5.2 Визначення тягового опору плуга.	38
6 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ.	41
7 ОХОРОНА ПРАЦІ.	46
7.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори.	46
7.2 Охорона праці при вирощуванні сорго.	46
8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ.	55
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.	63
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.	64
Д О Д А Т К И.	67

ВСТУП

Сорго - універсальна культура, яка може бути вирощена як на зерно, корм або для виробництва біопалива. Сорго відомо вже кілька тисячоліть. Центрами його походження вважають Індію і Китай, звідки воно було завезено в інші країни. В Африці, Китаї та Індії сорго вважалося хлібним злаком, так як саме з нього робили борошно і пекли хлібні коржі

Сорго є цінною кормовою культурою, оскільки за вмістом поживних речовин не поступається ячменю, кукурудзі та гороху. Багато країн світу віддають перевагу сорго, враховуючи адаптаційні властивості, виробничий потенціал, посухо- та солестійкості цієї культури. Проте в Україні сорго здебільшого вирощують на зелену масу та для виробництва силосу і біоетанолу [1].

Зростання виробництва сорго пов'язано із підвищенням попиту на продовольство та енергоносії. Основне виробництво цієї культури зосереджено в Нігерії та США, які спільно виробляють близько третини світового врожаю. До провідних виробників сорго також належать Мексика (7,1 млн т), Індія (6,8 млн т), Судан (5,2 млн т), Аргентина (3,8 млн т) [1].

Світові ціни на сорго мають тенденцію до зростання. Якщо в червні 2010-го сорго коштувало в середньому \$131 за тонну, то вже у квітні 2011 року - \$290. Лише за чотири місяці нинішнього року вартість його збільшилася на 31% та продовжує підвищуватися.

Сорго є перспективною культурою для України. Вирощують цю культуру переважно в степовій зоні. Зернове сорго є відмінною альтернативою соняшнику в умовах посушливого клімату Півдня та Сходу України та здатне забезпечувати стійкі високі врожаї. Силосне сорго спроможне задовольнити потреби тваринництва у високоякісному силосі та зеленій масі. Так, урожайність зеленої маси при сівбі сумішшю із кукурудзою коливається у межах 700-900 ц/га. При цьому собівартість 1 т зеленої маси не перевищує 80

грн. З розвитком біопаливного виробництва сорго є чудовим матеріалом для виробництва біоетанолу.

Зерно сорго має високу рентабельність виробництва. При дотриманні рекомендованих технологій вирощування та проведення агротехнічних заходів досягається урожайність від 4 і вище тон з гектару. Враховуючи витрати на 1 га понад 4,3-4,5 тис. грн, середню ціну реалізації 1,8-2,0 тис. грн/т, рентабельність культури становить майже 80%. Такий рівень ефективності дає змогу повернути витрачені на вирощування культури кошти та додатково отримати 0,8 грн на кожну гривню, вкладену у її виробництво. Відтак, ураховуючи стабільний попит на цю культуру у світі та Україні, економічні результати її вирощування у перспективі не будуть нижчими за показники попередніх років.

У піковий період розвитку цієї культури в Україні загальна площа посівів складала 150-170 тис. га. А вже в передвоєнний рік посіви становили не більше 10 тис. га. Через тимчасову окупацію півдня України після широкомасштабного вторгнення росії посіви сорго в Україні скоротилися. Найбільші посіви були в Запорізькій, Херсонській, Миколаївській, Одеській областях. Але нині там фактично не вирощують сорго. До того ж, проблемою виробництва цієї культури є реалізація [2, 3, 4].

Незважаючи на те, що сорго зараз є нішевою культурою, фахівці звертають увагу на його перспективність, особливо з огляду на природно-кліматичні умови [5].

Основними перевагами вирощування сорго є:

- Стабільно висока продуктивність в умовах посухи - демонструє врожайність на рівні 4–5 т/га в регіонах, де можлива втрата врожаю через посуху.
- Висока адаптивність до різних типів ґрунтів дозволяє сорго реалізувати свій потенціал у регіонах з бідними, піщаними та супіщаними ґрунтами (Житомирська, Черкаська, Харківська, Одеська, Херсонська та інші області).

- Не уражається західним кукурудзяним жуком (*Diabrotica*) - діабротика не може розвиватися в посівах сорго, тимчасом як потенційні втрати кукурудзи через цю проблему, наприклад, можуть сягати 30 % урожаю. Тож разом із сорго в сівозміні буде легше боротись із цим шкідником.

- Покращує фітосанітарний стан поля, особливо в регіонах з великим накопиченням у ґрунті вовчка соняшникового, та провокує його проростання до 70 %. Це робить сорго хорошим попередником для соняшнику.

- Низька потреба в добривах — на 30 % менша, ніж у кукурудзи. Сорго не лише потребує невеликої кількості азотних добрив, а ще й 40 % азоту (N), поглинутого рослиною, повертається в ґрунт в органічній формі [5].

Кліматичні особливості 2024 і 2025 років, коли південні і східні регіони України попали під вплив значної посухи, що привело до значних втрат урожаю кукурудзи і соняшнику, змушують аграріїв вносити зміни в структуру посівів. Враховуючи особливості вирощування сорго в умовах недостатньої вологості слід застосовувати удосконалені технології і відповідні способи обробітку ґрунту і, перш за все, основного обробітку ґрунту.

Метою дипломної роботи є удосконалення технології вирощування сорго з обґрунтуванням параметрів знаряддя для обробітку ґрунту.

СОРГО ДЛЯ УМОВ ГОСПОДАРСТВА

При вирощуванні сорго для забезпечення максимальної ефективності слід враховувати біологічні властивості цієї культури.

1.1 Біологічні особливості сорго

Сорго - рід одно- та багаторічних рослин родини тонконогових, що охоплює до 50 дикоростучих і культурних видів, поширених переважно у тропічних і субтропічних країнах, з яких кілька видів культивуються людиною. Економічно найважливіший вид - звичайне або цукрове сорго, зерно якого використовують для споживання, на фураж та для переробки на мелясу, крохмаль (74 %) і спирт. Ця рослина широко вирощується в Азії (в південно-західній частині), Африці (екваторіальна й південна), Південній і Північній Америці, Європі (на півдні континенту), Австралії.

За зовнішнім виглядом сорго нагадує кукурудзу. Коренева система потужна, проникає на глибину 2-2,5 м. Стебло прямостояче, заввишки від 0,5 (карликові форми) до 7 м (тропічні форми), сухе при дозріванні (у більшості сортів зернового і веничного сорго) або соковите (у цукрового сорго). Рослини зернового сорго розвивають кілька стебел. Листова пластинка ланцетоподібна з гострими краями. Суцвіття - прямостояча, розлога, поникла або зігнута мітелка завдовжки 10-70 см (інколи більше). Зерно звичайно овальної або яйцеподібної форми, плівчате або голе, білого, рожевого, червоного, жовтого забарвлення; 1000 зерен важать 5-32 г. Сорго відрізняється легкою пристосованістю до ґрунтових і кліматичних умов, теплолюбиве, посухостійке, добре переносить підвищену концентрацію солей в ґрунті. Батьківщина сорго – Екваторіальна або Північно-Східна Африка. Похідними центрами походження вважають Індію і Китай, звідки воно було завезено в інші країни. У Індії сорго вирощують з 3-го тисячоліття до нашої ери, у Китаї та Єгипті - з 2-го тис. до н. е. В Європу культура була завезена в 15 столітті, до Америки в 17 столітті. Сорго відвіку вирощують в Середній Азії. На півдні Східної Європи – з 19 століття.



Рисунок 1.1 - Сорго звичайне

Сорго – хлібна, технічна і кормова рослина. Зерно містить 61-68 % крохмалю, 7,8-16,7 % білка, 1,7-6,5 % жиру. З нього виробляють борошно, крупу, спирт, крохмаль та інше. Із стебел цукрового сорго (містить до 18 % цукру) отримують патоку (сорговий мед). Зерно і зелену масу використовують на корм великій рогатій худобі. Солома використовується як сировина для виробництва паперу, картону, плетених виробів, віників, нею вкривають дахи, використовують на паливо, для загорож. З сухих стебел деяких видів отримують червону фарбу для обробки шкір. Треба зважати на те, що молоді рослини багатьох видів сорго отруйні.

Колоски волотей сорго одноквіткові, розміщені по два або три. Запилюється здебільшого перехресне, однак можливе й самозапилення. Зерно сорго округле, без борізки, голе або півчaste, в колоскових і квіткових лусках. Маса 1000 насінин 20 - 30 г, В одній волоті утворюється від 1600 до 3500 зернин.

За характером використання розрізняють сорго:

- *цукрове* - високоросла рослина, стебла використовують для вироблення патоки й сиропу, а також на силос; зерно плівчасте та напівплівчасте, важко обмолочується;

- *віничне* - для отримання волотей, виготовлення віників, щіток; серцевина стебла суха; волоті 50-90 см не мають головної осі; зерно плівчасте;

- *трав'янисте* (суданська трава) - в нього інтенсивно ростуть тонкі стебла, сильно кущиться; вирощують на зелений корм і сіно;

- *зернове* - порівняно низькоросле; вирощують на зерно; серцевина напівсуха; зерно відкрите й легко обмолочується; харчові сорти білозерні, без присмаку таніну.

Культивуються найпоширеніші види: звичайне сорго (*S. vulgare*), джугара (*S. serrii*), дурра (*S. durra*), гаолян (*S. japonicum*), кафрське сорго (*S. caffrorum*), хвостате сорго (*S. caudatum*), дохна (*S. dochna*), зернове сорго (*S. bicolor*), цукрове сорго (*S. saccharatum*), веничне або волотисте сорго (*S. technicum*), суданська трава (*S. sudanense*). До роду сорго відносяться також гумай (*S. halepense*) — смітна і кормова рослина. Широко поширені гібриди звичайного сорго з гумаем і суданською травою.

Зернове сорго представляє основну групу. З його зерна роблять цінний корм для сільськогосподарських тварин і сировину для харчової і комбікормової промисловості. Сорго формує зерно з високими поживними цінностями для всіх видів худоби, птиці, риби. У 100 кг зерна міститься 130 к. о, а в 100 кг зеленої маси 25 к. о. За умов посухи зернове сорго відчутно переважає над традиційними культурами такими як ячмінь, кукурудза і горох з врожайності і за виробництвом на 1 га.

Українські аграрії не зовсім об'єктивні по відношенню до культури, адже сорго - правильний вибір за умов глобального потепління. Рослини дуже ефективно використовують ґрунтову вологу завдяки унікальній кореневій системі і високій евапотранспірації. У сорго дуже розвинена коренева система, яка відчутно випереджає наземну масу, активно розростається і проникає на глибину до двох метрів. Під час сильної посухи корінням утворюється

захисний кремнієвої шар, який захищає рослини від висихання. Так само для підвищення посухостійкості використовують препарати Гумат Лист і підживлення мікродобривами LF Зернові. Таке ж значення має восковий наліт на стеблі і листках рослини. Якщо в ґрунті зберігається трохи вологи, культура продовжує рости, незважаючи на спеку, низьку вологість повітря і сухі вітру. При повному пересиханні ґрунту рослина входить в стан спокою, припиняє ріст і розвиток, а після випадання опадів знову переходить до активної життєдіяльності. Такі властивості дають культурі переваги в порівнянні з іншими культурами в зонах з підвищеним ризиком.

1.2 Технологічні особливості вирощування для умов господарства

Сорго в сівозміні слід розміщувати після озимих та ярих культур, зернобобових, гречки, картоплі, овочевих, коренеплодів, післяукісних і післяжнивних культур. Сорго не знижує помітно врожаю при беззмінному вирощуванні протягом 4-5 років. Воно добре виносить повторні посіви. Сорго може бути задовільним попередником ярих культур, але краще після нього розміщувати в сівозміні чистий або зайнятий пари.

Сорго невимогливе до ґрунту. Воно добре росте як на легких піщаних, так і на важких глинистих ґрунтах, кращими є чорноземи звичайні і супіщані.

Рослини сорго здатні витримувати підвищену концентрацію ґрунтових солей, тому культура може рости і на засолених ґрунтах, сприяючи їх розсоленню.

Після стерньових попередників обробіток ґрунту складається із післязбирального лушення стерні та зяблевої оранки на 27-30 см. Після кукурудзи та інших просапних культур, які пізно збирають, ґрунт обробляють дисковими знаряддями для боротьби з поверхневим ущільненням і подрібнення післяжнивних решток, а потім, зазвичай, проводять глибоку зяблеву оранку.

Нами пропонується глибоку зяблеву оранку замінити чизельним обробітком, використовуючи удосконалене знаряддя для чизельного обробітку.

Поля, призначені під сорго, восени вирівнюють. Весняний допосівний обробіток ґрунту включає боронування і передпосівну культивуацію.

Культивації бажано поєднувати з коткуванням. Під передпосівний обробіток ґрунту вносять ґрунтові гербіциди.

Перед посівом рекомендується обробити посівний матеріал протруйниками для усунення грибних і бактеріальних збудників. При протруюванні вибирають комплексні препарати. На 1 тону насіння, як правило, беруть 10 л води і середню концентрацію препарату за рекомендацією виробника.

Посів сорго проводять у квітні-травні, оскільки температура при сівбі не повинна бути нижче 12°C. Технологія вирощування сорго не вимагає нової специфічної техніки та обладнання, використовується призначена для кукурудзи і соняшнику, за винятком віничного сорго, яке збирають вручну, зрізуючи верхню частину рослин (60–70 см завдовжки) на початку воскової стиглості зерна, коли стебла ще зеленуваті. Глибина сівби 2-4 см. Ґрунт і насінневе ложе повинні бути ретельно підготовлені.

Щодо вибору сорту та строків сівби - сорт має бути обраний так, щоб цвітіння відбувалось у липні і дозрівання до 15 жовтня. Ідеальним часом для сівби сорго є травень. Якщо температура ґрунту вище 12°C, то сівба може бути і раніше. Навіть у другій декаді квітня. У посушливих умовах господарства сорго може бути посіяно як проміжна культура, і в цьому випадку використовуються ранньостиглі сорти.

Чим більш ранній сорт, тим менше зерен буде у волоті. Однак це повністю компенсується більш високою густиною сівби в порівнянні з пізніми сортами.

Достатня вологість ґрунту: на сухих ґрунтах занадто висока густина посіву призводить до підвищеного утворення біомаси, що посилює

конкуренцію між рослинами і прискорює вичерпання запасів вологи. У тих випадках, коли можливо зрошення або у ґрунті значні запаси води, більш висока норма висіву дозволяє збільшити урожай.

Норма висіву сорго на 1 га коливається від 200 до 800 тис. схожих насінин. Вона залежить від:

- групи стиглості сорту чи гібриду (ранньостиглі висівають густіше, пізні — рідше);
- способу сівби (за широкорядного посіву 45–70 см норму зменшують на 20–30%);
- зони вирощування (у посушливих умовах сіють рідше, в достатньо зволжених — густіше);
- якості насіння (що нижча схожість і енергія проростання, то більше матеріалу треба висівати).

Орієнтовні норми в Степу (млн шт./га):

- ранньостиглі сорти й гібриди — 0,6–0,9;
- середньостиглі — 0,4–0,7;
- середньопізні й пізньостиглі — 0,2–0,4.

Ширина міжрядь при посіві може бути від 30 до 80 см, хоча оптимальна відстань становить від 40 до 60 см. В ідеалі сівалка однозернового висіву забезпечує кращу якість сівби, проте сіяти можна і за допомогою зернової сівалки (якщо перекрити кожен другий ряд).

Необхідно враховувати рівень втрат сходів, який коливається від 15 до 20%, але втрати можуть бути вищі за несприятливих умов сівби (низька якість висіву, холодний ґрунт). Густина сівби залежно від групи стиглості сорту, типу ґрунту і з урахуванням 20% втрати сходів.

Сорго - культура, вимоглива до вкорінення. Дуже важливо, щоб сорго проростало швидко і сходи були дружні, а відтак успішне видалення бур'янів є одним з ключових етапів його вирощування. Особливу складність представляє боротьба зі злаковими бур'янами.

В першу чергу слід уникати полів, на яких злакових бур'янів дуже багато, особливо якщо це куряче просо і алеппське сорго, для яких в рослинництві поки не існує ефективних рішень хімічної боротьби.

Система захисту сорго за допомогою гербіцидів полягає у наступному:

► *Видалення бур'янів після посіву в досходовий період у сорго.*

У ситуації постійного тиску злакових і дводольних бур'янів стратегії обробки в передсходовий період залишаються надійним інструментом в плані ефективності. Насправді конкуренція може початися дуже рано, в період від сівби і до того, поки рослинність почне покривати міжряддя, тобто до стадії 8-10 листків у сорго, коли культура зможе позбавляти світла бур'яни, які опиняються під листям.

► *Ранній післясходовий період у фазі 3-х листків.*

Дуже важливо боротися проти злакових бур'янів у фазу сходів і не пізніше фази 2-3 листків. Така обробка також підходить для боротьби проти дводольних бур'янів. Поверхнева вологість ґрунту в момент обробки і в наступні дні є ключовим фактором для успішної боротьби з бур'янами зокрема при використанні гербіцидів кореневої дії.

Для застосування гербіцидів у фазі 3-х листків у сорго є великий вибір засобів захисту рослин. Звертаємо увагу на те, що застосовувати можна лише офіційно дозволені для використання в нашій країні гербіциди.

► *Післясходовий період у фазі 3-8 листків.*

Ця обробка головним чином спрямована на боротьбу проти дводольних бур'янів (як однорічних, так і багаторічних), і яка вимагає дружніх сходів бур'янів, починаючи від стадії паростка і до стадії 4 листків для однорічних.

► *Сорго адаптоване до механічного видалення бур'янів.*

Можна зробити прохід борони зі скребницею або ротаційної борони-мотиги через кілька днів після сівби попередньо подбавши про те, щоб глибина сівби була глибша. Одна або кілька міжрядних обробок (з культивацією) можуть проводитися у фазі 5-6 листків сорго.

В процесі росту слід проводити підживлення рослин. Найвища потреба сорго в азоті, що задовольняється за рахунок природної родючості лише на 38%, тоді як, фосфорі на 38%, калію – 93%.

Високі дози азотних добрив призводять до зниження посухостійкості, подовження вегетаційного періоду, ураження хворобами та шкідниками.

В середньому вносять: N_{90-100} ; $P_{2O5_{45-70}}$; $K_{2O_{30}}$ кг/га д.р. В рядки вносять $N_{10}P_{2O5_{10-20}}$ д.р./га та N_{30} кг.д.р - підживлення. Ці норми коректують з урахуванням наявності поживних речовин у ґрунті. Фосфорні й калійні добрива вносять в основному під основний обробіток, азотні – диференційовано: 50% – під основний обробіток, а другу половину, під передпосівну культивуацію і в підживлення. На ґрунтах, де є загроза вимивання азоту, вносять його навесні під культивуацію і в підживлення.

Грибкові захворювання можуть уражати насіння під час проростання і появи сходів, а також молоді рослини сорго: пітіозна коренева гниль, ризоктоніоз, пероноспороз. Основні хвороби, які можуть пошкодити сорго в період вегетації, пов'язані з грибами типу *Fusarium* або *Macrophomina*. Ці грибкові захворювання зазвичай розвиваються в другій половині вегетації; вони викликають гниття шийки і нижньої частини стебла, і можуть привести, в найважчих випадках, до припинення живлення культури, висиханню рослин та вилягання.

Їх розвиток в основному пов'язаний з несприятливими погодними умовами (високі температури та посуха) в період наливу зерна.

Для обох хвороб характерні такі симптоми: пошкодження внутрішніх тканин на рівні нижньої частини стебла, які супроводжуються при фузаріозі внутрішнім знебарвленням від рожевого до фіолетового кольору і присутністю мікросклероції, при *Macrophomina*.

Ризик можна знизити, зменшуючи норму висіву і правильно використовуючи зрошення під час стадії наливу зерна, обираючи сорти стійкі до захворювання.

Ще одне – слід ретельно обирати насіння, оскільки захист від хвороб забезпечується фунгіцидною обробкою насіннєвого матеріалу.

Сорго мало схильне до хвороб і ураження шкідниками. Ураження шкідниками іноді буває, але частіше за все їх вплив залишається низьким і не вимагає втручання.

Шкідники сорго пошкоджують:

Насіння і коріння. Личинки дротяників, зернова моль – у період дозрівання зерна метелик відкладає яйця на більшість зерен сорго. Потім, через 2-2,5 місяці в складі при створенні сприятливих температурних умов (18-20 °C) з'являються гусениці, які повністю виїдають вміст зерна, потім з'являється доросла особина – метелик.

Листя і листові завитки. Гусениці лучного метелика, попелиця. Попелиця – особливо небезпечне ураження на фазі 5-6 листків. Менш схильна рослина до враження попелиць в фазу інтенсивного росту (при висоті 50 см і вище).

Стеблівка. Стебловий кукурудзяний метелик. Вражає листя і проникаючи у внутрішню частину стебла, харчується соком рослини. При сильному пошкодженні посіви мають вигляд побитих градом або потоптаних худобою.

При збиранні сорго на зерно слід пам'ятати, що воно здійснюється при досягненні зерном фази повної стиглості (вологість 20-22% і менше). Збирання проводять прямим комбайнуванням. Не варто відкладати дату збирання, сподіваючись отримати зерно з дуже низькою вологістю, оскільки ризики відновлення вологості зростають і, крім того, якість зерна може погіршитися через вологість повітря (туман). Відкладання дати збирання врожаю також збільшує ризик вилягання. Пам'ятаємо, що мишовидні гризуни дуже люблять сорго. Обмолочене зерно негайно очищається від рослинних залишків, в разі необхідності підсушується (якщо на відкритому току, то шаром не більше 15 – 20 см) і закладається на зберігання при вологості 14%.

Збиральна стиглість цукрового сорго з метою використання на силос припадає на молочно-воскову фазу. Довжина різання встановлюється в залежності від вологості маси. Якщо цей показник знаходиться на рівні нижче 65%, величина різання повинна відповідати 5-9 мм, до 70% – 12-20 мм. На силос вибираються сорти сорго цукрового і гібриди силосного сорго. До збирання слід приступати в період воскової стиглості зерна, коли кормова маса містить найбільшу кількість сухих речовин, високий вихід кормових одиниць і оптимальна кількість води (близько 70%).

Цукрове сорго має високий вміст цукрів і добре силосується практично до повної стиглості зерна. При цьому сорговий силос, за якістю не поступається кукурудзяному. Тому збирання пізніше фази воскової стиглості в меншій мірі погіршує якість силосу, ніж рання. При збиранні віничного сорго спочатку зрізають волоті, потім скошують стебла.

Застосування удосконаленої технології в господарстві дасть можливість підвищити урожайність і економічну ефективність вирощування цієї культури.

Програмування урожаю передбачає визначення рівня потенційно можливого урожаю по лімітуючому в даному регіоні ґрунтово-кліматичному фактору;

- складання технологічної карти заходів (агротехнічних, агрономічних) по забезпеченню програмованого (гарантованого) урожаю;
- корегувати технології в процесі вегетації в залежності від фактичних природно-кліматичних умов і розвитку рослин;
- контроль і обмін умов та результатів вирощування сільськогосподарської культури з метою накопичення для наступних уточнень нормативів і показників програмування урожаю.

В визначених умовах лімітуючими факторами для прогнозованого врожаю можуть бути використання фотосинтетично активної радіації (ФАР), вологозабезпеченості посівів, теплові ресурси визначаються по гідротермічному показнику (ГТП), або по значенню біокліматичного потенціалу (БКП) [6].

Розрахунок потенційного урожаю по приходу сонячної енергії (використання ФАР).

Потенційно можливу урожайність по ФАР визначають наступним чином

$$Y_c = \frac{Q \times k_Q}{100q} \quad (2.1)$$

де Y_c – урожайність абсолютно сухої біомаси, т/га;

Q – кількість ФАР за період вегетації, кДж/га;

q – питома кількість енергії, що акумулюється одиницею сухої органічної речовини (приймають $q = 2 \cdot 10^6$ кДж/т) [6];

K_Q – коефіцієнт використання (засвоєння) ФАР посівом, %;

$$Y_c = \frac{13.5 \times 10^9 \times 2.5}{100 \times 2 \times 10^6} = 16,8 \text{ т/га.}$$

Для переходу від урожаю абсолютно сухої біомаси до урожаю зерна, або любого другого виду продукції рослинництва використовують співвідношення:

$$Y_3 = \frac{Q \cdot k_Q \cdot 100}{100 \cdot q \cdot (100 - \omega) \cdot \alpha} \quad (2.2)$$

де Y_3 – урожайність зерна, або другої продукції при стандартній вологості, т/га;

ω – стандартна вологість основної продукції, %;

α – сума відносних частин основної та побічної продукції в загальному урожаї сухої біомаси

$$Y_3 = \frac{13.5 \cdot 10^9 \cdot 2.5 \cdot 100}{100 \cdot (100 - 18) \cdot 2 \cdot 10^6 \cdot 25} = 7,8 \text{ т/га.}$$

Розрахунок потенційного урожаю по вологозабезпеченості.

Потенційний урожай по вологозабезпеченості визначають наступним чином:

$$Y_c = \frac{10000 \cdot (W + P)}{k_W \cdot \alpha \cdot (100 - B)} \quad (2.3)$$

де Y_c – урожайність абсолютно сухої маси, т/га;

α – сума відношення основної і побічної продукції;

W – ресурси продуктивної вологи, мм;

P – сума опадів за період вегетації, мм;

B – стандартна вологість основної продукції, %;

k_W – коефіцієнт (питомий показник) водоспоживання, мм·га/т.

$$Y_c = \frac{10000 \cdot (230 + 228)}{480 \cdot 3 \cdot (100 - 18)} = 4,62 \frac{\text{т}}{\text{га}}$$

Розрахунок потенційного урожаю по тепловим ресурсам.

Визначення потенційного врожаю при обмеженій теплозабезпеченості проводять по гідротермічному показнику (ГТП), або по значенню біокліматичного потенціалу (БКП), які враховують у вологозабезпеченості.

Існує визначена залежність між приходом фотосинтечно активної радіації, фактичними ресурсами вологи і ресурсами енергії, що витрачаються на випаровування.

Виходячи з цього було встановлено наступні вирази для визначення гідротермічного показника в балах:

$$ГТП = 0,5 \cdot k_{увл} \cdot h \quad (2.4)$$

де $k_{увл}$ – коефіцієнт зволоження, бали;

h – число декад активної вегетації сільськогосподарської культури.

$$ГТП = 0,5 \cdot 0,57 \cdot 8,5 = 2,4.$$

Значення $K_{увл}$ залежить від співвідношення фактичних ресурсів вологи W і ресурсів енергії, що витрачається на випаровування. По сумі $K_{увл}$ являє собою відношення максимальної продуктивності в умовах достатнього зволоження до продуктивності при даній наявності вологи. Розраховують $K_{увл}$ за виразом:

$$k_{увл} = 0,25 \frac{W}{R} \quad (2.5)$$

де R – сума раціонального балансу за період вегетації, кДж/см;

0,25 – коефіцієнт, що враховує питому теплоту випаровування, кДж/см².

$$k_{увл} = 0,25 \frac{230}{100} = 0,57.$$

Потенційну урожайність сухої біологічної маси по ГТП рекомендується визначати за виразом:

$$Y_c = 2,2 \cdot ГТП - 1 \quad (2.6)$$

$$Y_c = 2,2 \cdot 2,4 - 1 = 4,28 \text{ т/га}$$

Розрахунок потенційного урожаю по тепловим ресурсам може бути визначено виходячи із значення біокліматичного потенціалу продуктивності землі (БКП), що визначається за виразом:

$$БКП = k_{\text{вел}} \frac{\sum \tau_{>10^\circ}}{1000} \quad (2.7)$$

де $\sum \tau_{>10^\circ}$ – сума середньодобових активних температур повітря за вегетаційний період, що перевищують $+10^\circ\text{C}$, $^\circ\text{C}$;

1000 – сума температур вище $+10^\circ\text{C}$, $^\circ\text{C}$ [7];

$$БКП = 0,57 \frac{2700}{1000} = 1,54$$

Урожайність с/г культур по БКП визначаємо з виразу:

$$Y_c = \frac{k_{\text{п}}}{k_{\text{вел}}} 10 \cdot БКП = 0,01 \cdot k_{\text{п}} \cdot \sum \tau_{>10^\circ} \quad (2.8)$$

де $K_{\text{п}}$ – показник (коефіцієнт) продуктивності культури (урожай на 100С сума температур по емпіричним даним), т/га.

$$Y_c = \frac{0,15}{0,57} 10 \cdot 1,54 = 4,05 \text{ т/га}$$

Всі вищеописані методи визначення продуктивності, теоретично відображають суть програмування урожаю. З розрахунків видно, що най

вірогіднішою урожайністю даної с/г культури, а саме сорго, приблизно буде рівною $Y = 4$ т/га.

Розрахуємо необхідну кількість доз внесення мінеральних добрив по виносу поживних речовин, а саме азоту (N), фосфору (P), калію (K), здійснюється за формулою:

$$D_M = \frac{(100 \cdot B - P \cdot K_{II} - D_0 \cdot C_0 \cdot K_0)}{K_M \cdot C_M} \quad (2.9)$$

де B – внесення доз, або винесення елементів мінерального живлення з програмованим урожаєм, кг/га;

$$B_M = Y_0 \cdot C_0 + Y_{II} \cdot C_{II} \quad (2.10)$$

P – вміст доступних поживних речовин в ґрунті, кг/га;

K_n – коефіцієнт використання поживних речовин з ґрунту, %;

D_0 – кількість внесених органічних добрив, т/га;

C_M, C_0 – вміст в мінеральних і органічних добривах, поживних речовин, кг/га;

C_o, C_n – винесення поживних речовин основною та побічною продукцією, кг/т [8];

K_o, K_M – коефіцієнт використання поживних речовин в органічних та мінеральних добривах, % [8];

Y_o, Y_n - урожайність відповідно основної і побічної продукції, т/га;

Розрахуємо необхідну кількість доз внесення азоту (N):

$$B_N = 4 \cdot 40.7 + 10 \cdot 4.6 = 168,8 \text{ кг/га}$$

Розрахуємо необхідну кількість доз внесення фосфору (P):

$$B_P = 4 \cdot 11,6 + 10 \cdot 2 = 66,4 \text{ кг/га.}$$

Розрахуємо необхідну кількість доз внесення калію (К):

$$B_K = 4 \cdot 24,4 + 10 \cdot 3,4 = 131,6 \text{ кг/га.}$$

Необхідна кількість доз внесення мінеральних добрив буде наступною, з перерахунку на такі сучасні добрива як (аміачна селітра, подвійний суперфосфат та калійні солі змішані).

Розрахуємо необхідну кількість внесення аміачної селітри:

$$D_N = \frac{(100 \cdot 168,8 - 320 \cdot 0,26 - 40 \cdot 0,49 \cdot 0,35)}{71,34} = 6,95 \text{ т/га.}$$

Розрахуємо необхідну кількість внесення подвійного суперфосфату:

$$D_P = \frac{(100 \cdot 66,4 - 450 \cdot 0,09 - 40 \cdot 0,27 \cdot 0,28)}{27,45} = 5,43 \text{ т/га.}$$

Розрахуємо необхідну кількість внесення калійних солей змішаних:

$$D_K = \frac{(100 \cdot 131,6 - 375 \cdot 0,23 - 40 \cdot 0,39 \cdot 0,35)}{57,38} = 6,03 \text{ т/га.}$$

Проведені розрахунки дозволяють отримати високі врожаю сорго на зерно.

СОРГО НА ЗЕРНО ПО ІНТЕНСИВНІЙ ТЕХНОЛОГІЇ

3.1 Особливості технологічної карти

Вихідними даними для дипломного проекту являється: перелік с-г культур для складання технологічних карт на вирощування та збирання; якісний склад МТП; планові технології вирощування с-г культур; дані про технічний стан техніки.

Технологічна карта розробляється на кожну культуру окремо, на всю площу посіву. Площа посіву с-г культури проставляється у відповідності з вихідними даними. Урожайність продукції приймається з врахуванням прогресивної технології вирощування та збирання і береться з перспективних планів розвитку господарства.

Норми внесення органічних, мінеральних і рідких добрив в цілому і в тім числі під основний обробіток, при сівбі і догляді за рослинами, повинні вибиратися під запланований урожай з врахуванням наявності в ґрунті поживних речовин [15, 16]. Норма висіву приймається для зони Степу України.

Віддаль перевезення насіння, добрив, основної і побічної продукції приймається у відповідності з планом землекористування господарства.

В перелік с-г робіт (графа 2) технологічної норми слід включити всі операції, які необхідно використовувати для одержання кінцевої продукції. Сюди також включаються транснорми, навантажувально-розвантажувальні роботи і роботи попереднього року, починаючи з обробітку поля після збирання попередника і закінчуючи збиранням і заготівлею основної і побічної продукції.

В графі 3 проставляються основні агротехнічні вимоги (глибина обробітку, норми внесення добрив, гербіцидів та інші).

Обсяг робіт (графа 4) посівною площею, кратністю обробітку, для транспортних та навантажувальних робіт валовим виходом основної або побічної продукції, кількістю перевезених вантажів і віддаллю перевезень:

$$Q_{II} = k \cdot F \quad (3.1)$$

$$Q_H = q \cdot F \quad (3.2)$$

$$Q_T = Q_H \cdot S \quad (3.3)$$

де Q_{II} , Q_H , Q_T – відповідно обсяг польових робіт в га, навантажувальних робіт в т, транспортних робіт в т. км;

k – кратність обробітку ($k = 1, 2, 3$);

F – посівна площа, га;

q – норма висіву (внесення добрив);

S – відстань перевезень, в км.

$$Q_{II} = 2 \cdot 540 = 1080 \text{ га.}$$

Календарні агротехнічні строки виконання с-г робіт (графа 5) проставляються у відповідності з типовими картами для зони розміщення відповідного господарства.

Кількість робочих днів (графа 6) за агротехнічний строк визначаються по формулі:

$$D_p = D_k \cdot \alpha \quad (3.4)$$

де D_p , D_k – відповідно, кількість робочих і календарних днів за агротехнічний строк;

α – коефіцієнт використання календарного часу.

В графі 7 вказується тривалість робочого дня в годинах. Доцільно планувати роботу агрегатів на протязі світлового дня.

Кількість змін за робочий день (графа 8) підраховується по формулі:

$$K_{zm} = \frac{T_d}{T_{zm}} \quad (3.5)$$

де K_{zm} – коефіцієнт змінності;

T_d – тривалість робочого дня, год;

T_{zm} – тривалість зміни, год.

$$K_{zm} = \frac{14}{7} = 2.$$

$T_{zm} = 7$ год, $T = 6$ год - при виконанні робіт, шкідливих для здоров'я. В графах 9, 10, 11 і 12 заносяться марки машин, які входять в агрегат і їх

кількість. При цьому необхідно використовувати парк машин, що рекомендовано для даної зони системою машин, які мають найвищу продуктивність, найменшу норму витрат палива і найменші прямі експлуатаційні витрати.

Кількість механізаторів і допоміжних робітників, обслуговуючих машинний агрегат визначається з технічних характеристик і заноситься в графи 13 і 14.

В графі 15, 17 заноситься відповідно, змінну норму виробітку і норму витрати палива, які прийняті у господарстві, або взяті із типових норм [9].

Виробіток агрегату за агротехнічний строк визначається по формулі: (графа 16)

$$W_{agr} = W_{зм}^n \cdot D_p \cdot k_{зм} \quad (3.6)$$

де W – норма виробітку агрегату за строк, га/зм, (н/зм; т·км/зм).

$$W_{agr} = 52,8 \cdot 4 \cdot 2 = 422,8 \text{ га/зм.}$$

Потреба машинних агрегатів для виконання даного обсягу робіт визначаються по формулі (графа 18, 19, 20).

$$n_a = \frac{Q}{D_p \cdot k_{зм} \cdot W} \quad (3.7)$$

де Q – обсяг робіт, га (т, т·км);

$k_{зм}$ – коефіцієнт змінності;

D_p – кількість робочих днів;

W – годинна продуктивність агрегату, га/год (т/год, т км/год).

$$n_a = \frac{590}{4 \cdot 2 \cdot 52,8} = 1$$

Потреба механізаторів і допоміжних робітників (графа 21,22) визначається множенням граф 13, 14 на кількість агрегатів (графа 12).

Потреба в паливі визначається по формулі (графа 23)

$$G_i = q \cdot Q \quad (3.8)$$

де Q – загальна витрата палива, кг;

q – норми витрати палива, кг/га ($2,5 \cdot 2 = 5$ кг)

$$G_i = 5 \cdot 540 = 2700 \text{ кг.}$$

Затрати праці на одиницю роботи (графа 24) визначається по формулі:

$$h = \frac{(m_c + m_d) T_{зм}}{W_{зм}} \quad (3.9)$$

де h – затрати праці на одиницю роботи, год/га;

m_c, m_d – відповідно кількість механізаторів і допоміжних працівників;

$T_{зм}$ - тривалість часу зміни, год;

$W_{зм}$ – змінні норми виробітку, га/зм.

$$h = \frac{(1 + 0)}{52.8} 7 = 0,13 \text{ год/га}$$

Затрати праці на весь обсяг робіт (графа 25) визначається по формулі:

$$H_i = h \cdot Q \cdot k_{зм} \quad (3.10)$$

$$H_i = 0,13 \cdot 540 \cdot 2 = 140,4 \text{ год}$$

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю роботи (графа 25) беруться з довідкової літератури.

Кількість годин роботи тракторів (графа 27, 28, 29 і 30) визначаються по формулі:

$$T_i = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \quad (3.11)$$

$$T_i = \frac{1080 \cdot 7}{52,8} = 143 \text{ год.}$$

Коефіцієнт переведення в умовні еталонні трактори вибирається із довідкової літератури [13] і заноситься в графу 30.

Обсяг робіт в умовних еталонних гектарах (графа 31) підраховується по виразу:

$$\Omega = \frac{Q \cdot T_{зм}}{W_{зм}} \lambda_{ум} \quad (3.12)$$

де $\lambda_{ум}$ – коефіцієнт переведення в умовні еталонні трактори.

$$\Omega = \frac{1080 \cdot 7}{52,8} 1,65 = 235,9 \text{ ум. ет. га.}$$

В графі 32 проставляється загальна сума прямих експлуатаційних витрат. В нижній частині технологічної норми проставляється загальна

кількість палива, затрати праці, кількість годин, обсяг робіт в умовних еталонних гектарах експлуатаційні витрати.

Загальні прямі експлуатаційні витрати (графіа 33) визначаються по формулі:

$$S_{екп} = S_{пр} \cdot \Omega \quad (3.13)$$

$$S_{екп} = 54,76 \cdot 235,9 = 12917,88 \text{ грн.}$$

В нижній частині технологічної карти проставляємо сумарні значення кількості палива, затрат праці, кількості годин по маркам тракторів, обсягу робіт в умовних еталонних гектарах, прямих експлуатаційних витрат. Приклад технологічної карти наведено в додатку пояснювальної записки.

3.2 Побудова графіка використання тракторів

При побудові графіка використання тракторів по осі абсцис відкладаємо заданий календарний період виконання польових механізованих робіт, а по осі ординат – установлену розрахунком кількість тракторів відповідних марок, що необхідна для виконання запланованого обсягу робіт по операції. Кожній операції на графіку відповідає один прямокутників, основою якого тривалість виконання операції в календарних днях, а висотою – кількість тракторів, зайнятих на виконанні даної операції.

Графіки використання всіх запланованих марок тракторів будуємо на одному аркуші та на одній календарній шкалі. Загальна висота їх у перерізу, перпендикулярному осі календарних днів, дорівнює в масштабі кількості тракторів, необхідних у даний момент для виконання запланованих робіт.

Кожний прямокутник кодуємо номером тієї операції, на виконання якої запланований даний трактор. Побудова графіків використання тракторів, одночасно з визначенням комплексу машин для виконання циклу механізованих робіт, дає можливість визначити завантаження всього тракторного парку підрозділу в заплановані календарні строки виконання будь-якої операції: які трактори і скільки уже заплановано до використання у

ці ж строки, які на скільки ще вільні. Це дозволяє ще на ранній стадії складання плану виконання робіт та проведення відповідних розрахунків виявити грубі прорахунки в розподілі тракторів за операціями та помилки в розрахунках, встановити причину підвищеної потреби в тракторах та механізаторах і визначити, яким чином зменшити цю потребу: або “передати роботу” на другу, менш завантажену марку трактора, якщо він може якісно виконати даний вид роботи, або збільшенням тривалості робочого дня в цей період, або зміною інтенсивності роботи в межах агростроку, або зміною виконання процесу.

Після побудови графіка використання тракторів та його коригування по ньому візуально визначаємо найбільшу кількість тракторів кожної марки, що одночасно зайняті на виконанні механізованих робіт, яку й приймаємо за потребу в них.

3.3 Побудова графіка використання сільськогосподарських машин

Одночасно або після побудови графіка використання тракторів будуємо графік використання сільськогосподарських машин. Для цього по осі абсцис графіка відкладаємо, як і в першому випадку, календарні дати, а по осі ординат – найменування та марку сільськогосподарських машин та сумарну потребу в цих машинах. Використання сільськогосподарських машин на цих графіках позначаємо лінією, паралельною осі абсцис, довжина якої у відповідному масштабі дорівнює розрахунковій тривалості роботи сільськогосподарської машини на виконанні технологічної операції. Над лінією проставляємо розрахункову кількість тих машин, що використовуємо на даній операції, а під лінією – номер цієї операції в переліку запланованих робіт на даному полі сівозміни.

Після побудови графіка по ньому визначаємо найбільшу кількість сільськогосподарських машин кожної марки, одночасно зайнятих на виконанні технологічних операцій, яку й приймають за потребу в них.

4 ОБГРУНТУВАННЯ КОНСТРУКЦІЇ ҐРУНТООБРОБНОГО

ЗНАРЯДДЯ

Відомо, що одною з найгостріших проблем сучасного землеробства стала прогресуюча деградація земель, що обробляються. Це негативне явище охопило й українські чорноземи. Так, за останні десятиріччя, через неправильне використання земель середній вміст гумусу в ґрунті, як основного фактора родючості чорноземів, знизився на 30–50%, а потужність гумусного горизонту зменшилась на 10–15 см. Все це є наслідком застосування багатьох сучасних технологій вирощування сільськогосподарських культур, які засновані на багаторазових проходах по полю усе більш важких машинно-тракторних агрегатів, що призводить до руйнування структури ґрунтів, інтенсивного розпилення верхніх та ущільнення їх нижніх шарів.

Суттєвою причиною, яка призводить до прискорення деградації чорноземів є переущільнення ґрунтів. Проходи по полю важких орних агрегатів та інших сільськогосподарських машин сприяють ущільненню ґрунту та призводять до руйнування його структури. Переущільнення проникає і у нижні шари, які знаходяться за межами досяжності ґрунтообробних знарядь загального призначення. Таким чином, щільність орного і підорного горизонтів значно підвищилась, а на ріллі з'явилися важкі брили, які дуже погано піддаються розпушуванню.

В той же час, без обробітку ґрунту неможливо забезпечити високу культуру у рільництві та отримувати високі врожаї сільськогосподарських культур. Тому розв'язання будь-яких технологічних завдань стосовно вирощування сільськогосподарських культур повинно бути пов'язане, насамперед, з «бережливим» режимом дії на ґрунт, із знаходженням шляхів збереження родючості ґрунтів, з покращенням агротехніки вирощування сільськогосподарських культур. Для забезпечення таких бережливих та енергозберігаючих режимів обробітку ґрунту останнім часом з'явилося багато нових технологій з використанням машин з безполицевими

робочими органами під різноманітними назвами, а саме: ресурсозберігаюча, енергозберігаюча, екологічне чиста, тощо, які спрямовані на можливість зняти гострі проблеми деградації ґрунтів. Отже, для збереження родючості ґрунтів, особливо при обробітку середніх та важких чорноземів, зменшення енерговитрат та здешевлення технологічного процесу підготовки ґрунту під сівбу, у світі пішли по шляху безполицевого обробітку ґрунту з використанням як одно операційних машин так і комбінованих агрегатів.

Слід признати, що лемішо-полицеві плуги сьогодні на жаль залишаються ще в нашій країні як основні знаряддя для обробітку ґрунту. Оскільки оранка ними сприяє більш швидкому розкладанню органічних речовин, це й приваблює багатьох агрономів та механізаторів, але вони майже не звертають уваги на те, що оранка полицевими плугами веде до втрати гумусу в орному шарі ґрунту. Крім того, робота таких плугів супроводжується значним тиском лемешів та полиць (близько 800–1000 кПа) на ґрунт, що є вище навіть за контактний тиск, який створюють своїми рушіями трактори та сільгоспмашини. Це призводить до утворення плужної підшви і ущільнення окремих агрегатів (грудок) ґрунту. Дослідами встановлено, що при роботі плугів щільність ґрунту у таких грудках стає в 1,24 рази більше, ніж до обробітку, а твердість ґрунту дна борозни у 1,5–2,0 рази більша, ніж до проходу плуга. Тому світова практика показує, що шлях впровадження ґрунтозахисних технологій лежить в першу чергу через освоєння безполицевого способу обробітку ґрунту, так званого мінімального.

При мінімальному обробітку ґрунту вартість робіт і витрати енергії зменшуються, а екологічно небезпечний рівень ґрунту знижується. Але й у безполицевих робочих органів є свої суттєві екологічні недоліки, які проявляються тим сильніше, чим глибше проникає він у ґрунт.

Безполицеві робочі органи чим глибше проникають у ґрунт, тим нерівномірніше розпушують його по глибині: верхня його частина виявляється неприпустимо грудкуватою.

Отже, певні переваги безполицевого обробітку ґрунту у порівнянні з полицевим наукою і практикою доведені. Але постає при цьому нова задача: як удосконалити безполицевий обробіток, щоб підвищити якість розпушування ґрунту і як розширити універсальність його використання. Під підвищенням якості розпушування ґрунту мається на увазі те, щоб при збільшенні глибини ходу безполицевого робочого органу не збільшувалась грудкуватість у верхньому шарі поля. Під розширенням універсальності машин з безполицевими робочими органами мається на увазі те, щоб такі машини могли якісно готувати ґрунт під сівбу за один прохід як на чистому полі, так і на засміченому рештками рослин після збирання врожаю, а також щоб вони при необхідності могли загортати органічні добрива і рослинні рештки ґрунтом на певну глибину. Ці задачі в дипломній роботі пропонується вирішити шляхом розробки комбінованого ґрунтообробного агрегату, який являє собою поєднання чизельного плуга ПЧ-2,5 і кільчастого котка.

Кільчастий коток, який приєднаний до чизельного плуга руйнує брили, утворені його лапами, подрібнює і сприяє загортанню в ґрунт рослинних залишків, ущільнює нижній і мульчує верхній шар ґрунту і таким чином підготовлює його під посів кукурудзи за один прохід агрегату.

5.1 Розрахунок конструктивних параметрів

З метою зменшення ймовірності забивання рослинними рештками робочих органів чизельного плуга використаємо дворядне розміщення їх на рамі машини, тобто вибираємо дворядну схему розміщення стрілоподібних лап.

Дворядна схема розміщення робочих органів забезпечує вільний прохід ґрунту і рослинних залишків між лапами знаряддя.

Як показали випробування найменше забивання чизельних плугів спостерігається при напівкруглій формі профілю поперечного перерізу стояків робочих органів. В цьому випадку рослинні рештки внаслідок тертя з ґрунтом легко сповзають з гладкої поверхні лобової сторони стояків і робочі органи не забиваються. Тому для розробленого знаряддя приймаємо напівкруглу форму профілю поперечного перерізу стояків робочих органів.

За даними [9] найменший тяговий опір чизельного плуга спостерігається при роботі з лапами шириною захвату $v = 0,05$ м, але якість рихлення ґрунту цими лапами була незадовільна. Тяговий опір чизельного плуга з лапами шириною захвату $v = 0,07$ м в порівнянні з лапами шириною $v = 0,05$ м виріс на 10,9 – 12,8 %, але при цьому якість рихлення відповідала агротехнічним вимогам. Відповідно до вищевказаного приймаємо ширину захвату лапи $v = 0,07$ м.

З метою забезпечення міцності леза долота і стійкого ходу по глибині передбачаємо верхнє загострення леза долота. Кут загострення леза і знаходиться в межах $20 - 22^\circ$ [7]. Приймаємо $i = 20^\circ$. Кут різання β_0 визначає здатність лапи до заглиблення її в ґрунт і знаходиться в межах $\beta_0 = 47-52^\circ$. Кут кришення ґрунту α знаходиться в межах $\alpha = 25 - 30^\circ$. Приймаємо $\alpha = 27^\circ$.

Критичну глибину різання визначаємо за формулою:

$$h_k = \mu_1 \cdot b, \quad (5.1)$$

де μ_1 - коефіцієнт, який виражає відношення критичної глибини різання до ширини захвату лапи, $\mu_1 = 5,0$.

$$h_k = 5 \cdot 0,07 = 0,35 \text{ м.}$$

Внаслідок багаторазових проходів орних агрегатів на глибині біля 30 см утворюється плужна підшва, яка перешкоджає проникненню кореневої системи рослин, зокрема кукурудзи в більш глибокі шари ґрунту, що впливає на урожайність. Для того щоб зруйнувати плужну підшву приймаємо глибину обробітку $a = 40$ см.

Зона деформації ґрунту з бокових сторін лапи A визначається за формулою:

$$A = 2 h_k + b \quad (5.2)$$

$$A = 2 \cdot 0,35 + 0,07 = 0,77 \text{ м.}$$

Для того, щоб лапи не залишали на поверхні ґрунту необроблених смуг і щоб забезпечувалось суцільне рихлення ґрунту в верхньому шарі, потрібно виконання умови (рис. 5.1):

$$M < A \quad (5.3)$$

де M – відстань між лапами в ряду.

Приймаємо $M = 0,55$ м.

Конструктивну ширину захвату чизельного знаряддя можна визначити за формулою (рис. 5.2):

$$B_k = (n - 1) \cdot M + b, \quad (5.4)$$

де n – кількість чизельних лап, $n = 5$.

$$B_k = (5 - 1) \cdot 0,55 + 0,07 = 2,27 \text{ м.}$$

Робочу ширину захвату визначимо за формулою

$$B_p = B_k + M - b \quad (5.5)$$

$$B_p = 2,27 + 0,55 - 0,07 = 2,75 \text{ м.}$$

Ширина розрихленої смуги визначається за формулою

$$B = B_k + 2a. \quad (5.6)$$

$$B = 2,27 + 2 \cdot 0,4 = 3,07 \text{ м.}$$

Заглиблення в ґрунт робочих органів чизеля відбувається під дією його власної маси. Застосування примусового заглиблення в ґрунт робочих органів начіпних знарядь небажано, оскільки це може призвести до виходу їх з ладу.

Скорочення довжини шляху заглиблення робочих органів в ґрунт є важливим фактором, який впливає на рівномірність глибини обробітку поля.

Відповідно своєму призначенню чизельні плуги працюють на великій глибині і їх робочі органи працюють в ущільненому середовищі. В таких умовах роботи заглиблення робочих органів чизеля більш складне, ніж при оранці на невелику глибину.

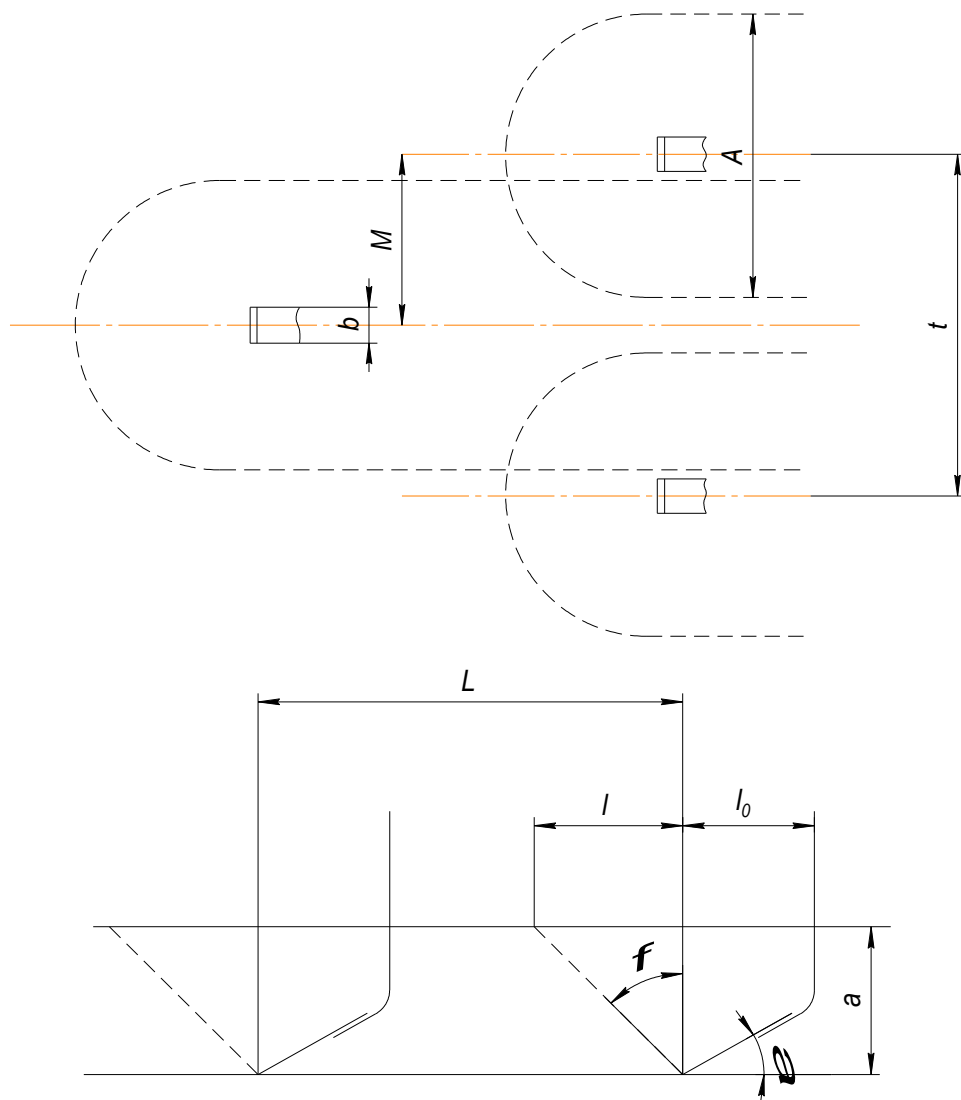


Рисунок 5.1- Схеми до обґрунтування основних параметрів чизельного плуга

Сила G_1 , яка заглиблює плуг може бути визначена за формулою [13]:

$$G_1 = G \cdot \cos(90^\circ - \varepsilon) = G \cdot \sin \varepsilon, \quad (5.7)$$

де G – сила ваги плуга, кН.;

$\varepsilon = \beta^0$ – кут траєкторії заглиблення.

Вага плуга ПЧ-2,5 становить 9,5 кН.

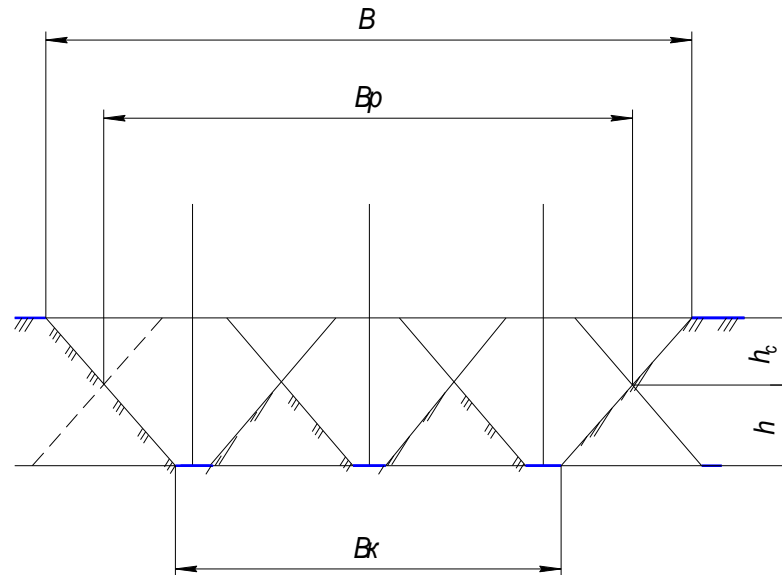


Рисунок 5.2 – Схема до визначення конструктивної і робочої ширини захвату чизельного плуга

Робота заглиблення плуга можна визначити за формулою:

$$W = S_1 \cdot G_1 \quad (5.8)$$

де S_1 – довжина шляху заглиблення плуга, м.

Підставивши значення з (5.7), одержимо

$$W = S_1 \cdot G \cdot \sin \varepsilon \quad (5.9)$$

З іншого боку роботу W можна визначити за формулою:

$$W = k' \cdot a \cdot b \cdot n, \quad (5.10)$$

де k' – коефіцієнт, який виражає втрати енергії на одиницю площі обробітку, $k' = 15 \cdot 10^3$ Дж/м²;

n – кількість робочих органів, $n = 5$;

b – ширина робочих органів, $b = 0,07$ м;

a – глибина обробітку, $a = 0,4$ м.

Із (5.9) і (5.1), маємо

$$S_1 \cdot G \cdot \sin \varepsilon = k' \cdot a \cdot b \cdot n . \quad (5.11)$$

Звідки,

$$S_1 = \frac{k' \cdot a \cdot b \cdot n}{G \cdot \sin \varepsilon} . \quad (5.12)$$

$$S_1 = \frac{15 \cdot 10^3 \cdot 0,4 \cdot 0,07 \cdot 5}{9,5 \cdot \sin 6^\circ \cdot 10^3} = 2,2 \text{ м.}$$

Довжину проекції шляху заглиблення лапи на напрямок руху S визначимо за теоремою Піфагора

$$S = \sqrt{S_1^2 - a^2} \quad (5.13)$$

$$S = \sqrt{2,2^2 - 0,4^2} = 2,1 \text{ м.}$$

Довжину шляху заглиблення плуга L_1 визначимо по останньому робочому органі

$$L_1 = L + S, \quad (5.14)$$

де L – відстань між носками лап по ходу знаряддя, м.

Відстань L можна визначити за формулою:

$$L = a \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha + \varphi + \rho}{2} + l_0, \quad (5.15)$$

де l_0 – величина, яка визначається конструктивно, $l_0 = 400$ мм.

$$L = 0,4 \cdot \operatorname{tg} \frac{27^\circ + 25^\circ + 40^\circ}{2} + 0,4 = 0,8 \text{ м.}$$

Приймаємо $L = 0,8$ м.

$$L_1 = 0,8 + 2,1 = 2,9 \text{ м.}$$

5.2 Визначення тягового опору плуга

Для розрахунку тягового опору плуга скористаємося формулою:

$$R_n = f \cdot G + K \cdot F_k, \quad (5.16)$$

де f – коефіцієнт опору руху плуга в борозні, $f = 0,4$ [13, с.33];

K – коефіцієнт, який характеризує здатність ґрунтового пласта чинити опір деформації, $K = 40$ кН/м² [13, табл.. 3.1];

F_k – площа поперечного перерізу рихлої частини пласта при обробітку ґрунту в шарі до критичної глибини різання, м².

Площу F_k можна визначити за формулою:

$$F_k = h_k \cdot B_k - F_1, \quad (5.17)$$

де F_1 – площа поперечного перерізу незруйнованих гребенів, м²

$$F_1 = (n - 1) F_T, \quad (5.18)$$

де F_T – площа гребеня трикутної форми висотою h , м²:

$$F_T = \frac{(M - b)^2}{4} \quad (5.19)$$

$$F_T = \frac{(0,55 - 0,07)^2}{4} = 0,06 \text{ м}^2$$

$$F_1 = (5 - 1) \cdot 0,06 = 0,24 \text{ м}^2;$$

$$F_k = 0,35 \cdot 2,27 - 0,24 = 0,55 \text{ м}^2$$

Підставивши відповідні значення в (5.16) ми можемо знайти тяговий опір чизельного плуга

$$R_n = 0,4 \cdot 9,5 + 40 \cdot 0,55 = 25,8 \text{ кН.}$$

Тягова потужність визначається за формулою:

$$N_n = R_n \cdot V_p, \quad (5.20)$$

де V_p – робоча швидкість руху чизельного плуга, $V_p = 2,2$ м/с.

$$N_n = 25,8 \cdot 2,2 = 56,8 \text{ кВт.}$$

Коефіцієнт корисної дії чизельного плуга визначимо по такій формулі:

$$\eta_n = 1 - \frac{f \cdot G}{R_n} \quad (5.21)$$

$$\eta_n = 1 - \frac{0,4 \cdot 9,5}{25,8} = 0,85.$$

Висоту стояка робочого органу чизельного плуга можна визначити за формулою [13]:

$$H_c = h_1 + h_2 + a, \quad (5.22)$$

де h_1 – мінімальна висота від нижньої площини рами до поверхні розпушеного ґрунту під час роботи плуга. Для того, щоб рослинні рештки вільно проходили приймаємо $h_1 = 0,3$ м;

h_2 – максимальна величина спущеного шару ґрунту.

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot a, \quad (5.23)$$

$$h_2 = \frac{1}{4} \cdot 0,4 = 0,1 \text{ м.}$$

$$H_c = 0,3 + 0,1 + 0,4 = 0,8 \text{ м.}$$

Для дворядної схеми розміщення робочих органів в шаховому порядку мінімальне число лап, які працюють в суцільному середовищі, можна визначити по формулі [13]:

$$n_c = \frac{n-1}{n_p}, \quad (5.24)$$

де n_p – кількість рядів лап, $n_p = 2$.

$$n_c = \frac{5-1}{2} = 2.$$

Для того, щоб рух плуга був стійким на необхідній глибині і ширині захвату, його потрібно обладнати опорними пристроями (колесами), число яких повинно бути не менше, ніж число ступенів свободи.

Начіпний чизельний плуг має дві ступені свободи, тому його обладнаємо двома колесами. Чизельний плуг має поздовжню вісь симетрії, тому умову його рівноваги потрібно розглядати в поздовжньо-вертикальній площині.

6 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ОПЕРАЦІЙНОЇ ТЕХНОЛОГІЇ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Рух машинного агрегату при проведенні обробки ґрунту характеризується певною циклічністю. В цей час входить робочий хід і поворот для зміни напрямку руху на зворотній. Сюди відносяться також додаткові переїзди з загінки на загінку.

При проведенні безвідвального обробку ґрунту використовується, в основному, човниковий спосіб руху агрегату. Він характеризується чергуванням робочих ходів довжиною L_p і холостих поворотів довжиною L_x на 180° .

При розрахунках основних технологічних показників приймаємо наступні вихідні дані: площа поля – 100 га; довжина гонів – 900 м; схил місцевості – 2° ; фон – поле після збирання озимої пшениці. Прийmemo, що розроблена машина буде агрегуватися з трактором Т-150К.

Норму виробітку агрегату визначимо за формулою:

$$H = 0.1B\beta V_p T \tau, \quad (6.1)$$

де β – коефіцієнт використання ширини захвату, $\beta = 0,96$;

T – тривалість зміни, год., $T = 7$ год;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Для визначення коефіцієнта використання часу зміни розглянемо кінематику агрегату і складемо баланс часу зміни.

При проведенні обробку використовується петльовий грушовидний спосіб повороту агрегату і мінімальна ширина поворотної смуги визначається за формулою:

$$E_{\min} = 2,8R_0 + e + d_k, \quad (6.2)$$

де R_0 – радіус повороту агрегату;

e – відстань, на яку необхідно перемістити агрегат від контрольної лінії поворотної смуги перед початком і в кінці повороту, щоб якісно провести процес обробітку ґрунту;

d_k – кінематична ширина агрегату (відстань від його поздовжньої осі, яка проходить через кінематичний центр, до найбільш віддалених від неї точок).

Для агрегатів з симетричним розташуванням машини відносно поздовжньої осі трактора:

$$d_k = 0,5 B_k \beta, \quad (6.3)$$

$$e = 0,1l_k,$$

де B_k – конструктивна ширина захвату агрегату, м;

l_k - кінематична довжина агрегату, м.

Величина l_k для навісних агрегатів визначається з врахуванням кінематичної довжини трактора l_T (відстань від кінематичного центру агрегату до точки навіски культиватора і машини l_M (відстань від місця приєднання машини до трактора і до подрібнюю чоґа котка)

$$l_k = l_T + l_M. \quad (6.4)$$

Для розробленої конструкції чизеля кінематична довжина агрегату дорівнює

$$l_k = 1,2 + 3,53 = 4,73 \text{ м.}$$

Підставивши в (6.3), будемо мати

$$d_k = 0,5 \cdot 2,5 \cdot 0,96 \approx 1,2 \text{ м.}$$

$$e = 0,1 \cdot 4,73 = 0,47 \text{ м.}$$

Радіус повороту агрегату визначаємо по формулі [13, 14]

$$R_0 = 2 B_p \quad (6.5)$$

$$R_0 = 2 \cdot 2,5 \cdot 0,96 \approx 5,0 \text{ м.}$$

З врахуванням цих значень мінімальна ширина поворотної смуги буде дорівнювати

$$E_{\min} = 2,8 \cdot 5,0 + 0,47 + 1,2 = 15,8 \text{ м.}$$

Для обробки поворотної смуги необхідно, щоб її ширина була більша за мінімальну і кратна ширині захвату

$$E = 2,5 \cdot 0,96 \cdot 7 = 16,8 \text{ м.}$$

Довжина робочого ходу агрегату на полі буде дорівнювати

$$L_p = L - 2E. \quad (6.6)$$

$$L_p = 900 - 2 \cdot 16,8 \approx 866 \text{ м.}$$

Довжина холостого ходу залежить від способу повороту і для петльового способу визначається за формулою

$$L_x = (6,6 \dots 8,0) R_0 + 2e. \quad (6.7)$$

$$L_x = 7 \cdot 5,0 + 2 \cdot 0,47 \approx 36 \text{ м.}$$

Коефіцієнтом робочих ходів визначимо за формулою

$$\varphi = \frac{L_p}{L_p + L_x}. \quad (6.8)$$

$$\varphi = \frac{866}{866 + 36} = 0,96.$$

Коефіцієнт використання часу зміни визначимо так:

$$\tau = \frac{T_p}{T}, \quad (6.9)$$

де T_p – чистий час роботи протягом змін, год;

T – тривалість зміни, год., $T = 7$ год.

Чистий час роботи протягом зміни можна визначити за формулою:

$$T_p = \frac{T - (T_1 + T_2 + T_3 + T_4)}{1 + \tau_n}, \quad (6.10)$$

де T_1 – тривалість підготовчо-заклучних робіт, $T_1=4$ хв;

T_2 – норматив часу на щоденне технічне обслуговування агрегату (трактора – 24 хв., машини – 8 хв., тобто $T_2 = 32$ хв.);

T_3 – норматив часу на фізіологічні потреби: відпочинок 20 хв. та особисті потреби 10 хв. за зміну, тоді $T_3 = 30$ хв.

T_4 – переїзди агрегату протягом зміни, год, $T_4 = 30$ хв.

τ_n – коефіцієнт поворотів.

$$\tau_n = \frac{1 - \varphi}{\varphi}. \quad (6.11)$$

$$\tau_n = \frac{1 - 0.96}{0.96} = 0,042.$$

Підставляючи ці дані в (6.10), будемо мати

$$T_p = \frac{420 - (4 + 32 + 30 + 30)}{1 + 0.042} = 321 \text{ хв. або } 5,35 \text{ год.}$$

Таким чином коефіцієнт використання часу зміни

$$\tau = \frac{5,35}{7} = 0,76$$

Норма виробітку агрегату буде становити

$$H = 0,1 \cdot 2,5 \cdot 0,96 \cdot 9,1 \cdot 7 \cdot 0,76 = 11,62 \text{ га.}$$

Витрати палива на гектар визначаються відношенням кількості витраченого палива за годину роботи до продуктивності. Але при цьому необхідно враховувати, що агрегат працює також і на холостому ході під час поворотів, переїздах і при короткочасних зупинках. Приблизно погектарні витрати палива можуть бути визначені за формулою:

$$g_{ГА} = \frac{G_H \cdot K_T}{W_{ГОД}}, \quad (6.12)$$

де G_H – витрати палива за годину при номінальній потужності двигуна,
 $G_H = 25$ кг/год.;

K_T – поправочний коефіцієнт, який враховує неповне завантаження двигуна при холостих поворотах, переїздах і під час зупинки трактора з працюючим двигуном, $K_T = 0,9$ [13].

$$g_{ГА} = \frac{25 \cdot 0,90}{1,66} = 13,7 \text{ кг/га або } 16,6 \text{ л/га.}$$

В результаті проведених розрахунків визначені основні технологічні показники процесу обробітку ґрунту запропонованим чизельним плугом.

7 ОХОРОНА ПРАЦІ

7.1 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

В сільському господарстві суттєвий вплив на умови праці визначають небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які класифікуються на такі групи: фізичні, хімічні та фізіологічні [23, 24].

В групу фізичних факторів входять машини та механізми, що рухаються, їх захисні рухомі частини, підвищена запиленість і загазованість повітря, підвищена температура повітря; яскравість світла.

Група хімічних небезпечних та шкідливих факторів виробництва поділяються на наступні підгрупи по фактору впливу на організм людини: загально токсичні, подразнюючі; та ті, що проходять через шкіру людини.

Фізичні перевантаження можуть бути статичними, динамічними та гідродинамічними. Також бувають нервово-психологічні перевантаження.

7.2 Охорона праці при вирощуванні сорго

Робочі місця механізаторів укомплектовуються необхідним інвентарем, а робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту.

Під час роботи з отрутохімікатами не дозволяється палити та приймати їжу. Для вживання їжі в польових умовах відводиться спеціальне місце.

Слідкують, щоб перед вживанням їжі працівники знімали спецодяг, вимивали руки та обличчя чистою водою з миючим засобом, полоскали рот.

При роботі з мінеральними добривами ознайомлюють працівників з їх основними властивостями, можливим впливом на організм людини та з індивідуальним захистом. Під час завантаження сухих мінеральних добрив необхідно стояти з навітряного боку, надівши респіратор.

При вирощуванні сорго вносять гербіциди і пестициди, тому при швидкості вітру більше 4 м/с роботи припиняються. Такі роботи проводять вранці або ввечері. Раніше щорічно на робочих місцях механізаторів

проводили паспортизацію, складали санітарно-технічний паспорт робочого місця. Аналізуючи одержані дані при паспортизації намічалось ряд заходів по поліпшенню умов праці та організації робочого місця механізатора.

При вирощуванні та збиранні урожаю використовується велика кількість сільськогосподарських агрегатів та шкідливих речовин. Все це сприяє створенню для працюючих шкідливих умов та небезпечних умов праці.

Причинами професійних захворювань і виробничих травм можуть бути:

- забруднення повітря пилом вище допустимих норм під час обробітку ґрунту;
- внесення гербіцидів та мінеральних добрив при вирощуванні та збиранні сорго;
- відсутність захисних огорожень та щитків на частинах машин та механізмів, що рухаються або обертаються;
- робота на нахилах з крутизною 8-9 градусів;
- відпочинок механізаторів в необладнаних місцях;
- проведення ремонтних робіт при працюючому двигуні трактора;
- незадовільний технічний стан тракторів та сільськогосподарських машин;
- необдумані та небезпечні дії робітників, які обслуговують агрегати;
- відсутність, несправність або не використання засобів індивідуального захисту;
- погана організація робочих місць;
- слабкий контроль з сторони керівників по дотриманню вимог охорони праці при виконанні небезпечних та шкідливих робіт;
- невідповідність працюючих та неякісне проведення інструктажів.

Робітники забезпечуються засобами індивідуального захисту: комбінезонами з пилозахисної тканини, чоботами, рукавицями, окулярами типу ПО-2 для захисту зору. Органи дихання захищають респіраторами з протипиловими та протигазовими патронами, в залежності від особливості роботи, яку виконують. Всі робочі місця пов'язані з виробництвом озимого

ячменю забезпечується повністю укомплектованими медичними аптечками. Трактори і автомобілі забезпечені двосторонньою сигналізацією. Робітникам, які зайняті на роботах з шкідливими умовами видається спеціальне харчування (молоко), обладнано місця для відпочинку, а також встановлено особливий режим праці. На кожному агрегаті для забезпечення пожежної безпеки встановлено:

- вогнегасник ОУ- 3 – 1 шт.;
- штикова лопата – 1 шт.;
- брезент, ящик з піском;
- всі машини обладнані спеціальними засобами для відводу статичної електрики.

При технічному обслуговуванні МТА в польових умовах до роботи на пересувних агрегатах технічного обслуговування допускаються особи, які добре знають обладнання, трактори і сільськогосподарські машини, володіють навиками безпечного виконання робіт, пройшли навчання та інструктажі відповідно до вимог.

У зв'язку з тим, що деякі діагностичні прилади, інструмент і обладнання пунктів та пересувних агрегатів технічного обслуговування живляться електричним струмом, вони відповідно до Правил влаштування електроустановок (ПВЕ) належать до категорії електроустановок. Тому майстри діагности (майстри-наладчики), які обслуговують електроустановки та прилади, що від них живляться, відповідно до Правил технічної експлуатації електроустановок споживачів і Правил техніки безпеки при експлуатації електроустановок споживачів (ПВЕ і ПТБ) мають третю кваліфікаційну групу з техніки безпеки для роботи з установками до 1000 В.

Трактористи-машиністи, які беруть участь у технічному обслуговуванні сільськогосподарської техніки разом з майстром-наладчиком, виконують роботу, яку він їм доручає.

Технічне обслуговування в польових умовах виконують у світлий час доби, як виняток допускається проведення його в нічний час двома

працівниками за умови достатнього штучного освітлення.

Для технічного обслуговування сільськогосподарських машин в польових умовах вибирається рівна, горизонтальна ділянка з урахуванням вимог пожежної безпеки, особливо під час збирання врожаю зернових культур.

Під'їжджають агрегатом на підготовлений майданчик, гальмують, опускають робочі органи на землю і обов'язково вимикають двигун. В роз'єднаному стані для стійкості тракторів і сільськогосподарських машин підкладають упори. Перед тим, як домкратом підняти машину, під нього підкладають дошку, а потім під раму міцні підставки. Домкрати встановлюють в місцях, позначених на рамі або зазначених в заводській інструкції даної машини.

Для технічного обслуговування використовується тільки справний інструмент, який відповідає вимогам техніки безпеки.

При огляді вузлів, механізмів і окремих деталей перш за все звертається увага на наявність запобіжника, щитків і захисних кожухів на деталях, що обертаються. Всі передачі надійно огороджують, а на відкидних огороженнях монтують засувки та замки. У машинно-тракторних агрегатах перевіряють стан причіпного пристрою і механізму навіски, отвори причіпної серги трактора і машини.

Після заміни спрацьованих деталей, регулюванні вузлів або механізмів роботу машини перевіряють на холостому ходу. Перед перевіркою прибирають з робочих органів інструмент та інші зайві предмети, подають попереджувальний сигнал і плавно без ривків пускають машину. Перед пуском тракторів або самохідних машин переконуються, що важіль коробки передач знаходиться у положенні "Нейтральне". Не дозволяється стояти навпроти валів, які обертаються, ланцюгових та пасових передач, розвантажувальних вікон або конвеєрів.

Від'єднують трубопроводи або шланги, а також підтягують кріплення для усунення течі масла в гідравлічній системі тільки при відсутності тиску в

системі і опущених на землю начіпних машинах чи робочих органах.

Заправляють трактори і самохідні машини паливом і мастильними матеріалами за допомогою механізованих заправних агрегатів МЗ-3905Т (03-1401И, 03-1401, 03-1362И, 02-1362) на шасі тракторних причепів 2ПТС-4М і 2ПТС-4МЗ-793, При цьому відстань між трактором і заправним агрегатом становить не менше 3 м. Пролите паливо або мастило з деталей машин витирають ганчіркою, а землю перекопують. Під час заправки трактора паливом не курять і не користуються відкритим вогнем. Стежать за справним станом заземлення.

Відкриваючи пробку радіатора, щоб не допустити опіку гарячою парою обличчя і рук, необхідно користуються рукавицями і стоять з навітряного боку, а пробку відкривають поступово.

При використанні закритих систем рідинного охолодження двигунів заливні горловини радіаторів мають бути обладнані кришками, що швидко знімаються і зблоковані з пароповітряними клапанами. Застосування закритих систем рідинного охолодження дозволяє підняти температуру закипання рідини від 100 до 105°C і вище, завдяки чому значно скорочується витрата рідини на охолодження двигуна.

При підвищенні температури в системі охолодження понад 105 °C і тиску (надлишковому) вище 30—40 кПа (0,3—0,4 ат) паровий клапан, при закритій кришці автоматично відкривається і випускає випари в атмосферу. Якщо ж необхідно відкрити кришку радіатора, то відповідно до вимог безпеки праці, механізатор повинен цю операцію здійснює за два прийоми. Спочатку частково повертають до обмежувального упору (при цьому паровий клапан повністю відкриє доступ для пари від заливної горловини в зливну трубку), коли тиск у внутрішній порожнині радіатора повністю зрівняється з атмосферним знімають кришку повністю. Проте найчастіше в умовах експлуатації дуже часто відкривають кришку з горловини-радіатора за один прийом. В результаті чого з горловини викидається перегріта пара і охолоджена рідина, яка потрапивши на незахищену шкіру рук або обличчя, викликає опіки.

При попаданні дизельного палива на руки механізатора, паливо викликає подразнення шкіри. Щоб запобігти цьому необхідно використовувати профілактичні пасти і мазі, а також мийні та дезінфікуючі засоби.

Перевіряють справність ободу, відсутність тріщин, забоїн. Якщо спрацьований протектор, то покришку вибраковуюють.

При заміні деталей необхідно застосовувати знімачі і пристрої, які входять до обладнання пересувної майстерні.

В кабінах тракторів при проведенні технічного обслуговування перевіряють справність склоочисника, який забезпечує чистоту лобового скла, справність замків дверей кабіни, щоб запобігти їх самовільному відкриванню.

При підготовці трактора до роботи в нічний час перевіряють справність електроосвітлення (фар, плафонів, підсвічування панелі контрольно-вимірювальних приладів в кабіні та ін.).

У процесі роботи необхідно періодично очищають радіатор двигуна від пилу й бруду. Продувають його стиснутим повітрям від агрегату технічного обслуговування або на стаціонарних пунктах технічного обслуговування. Працюють в захисних окулярах, спрямовуючи потік повітря від себе.

Переконавшись у відсутності людей поблизу, випробовують машину спочатку на холостому ході, а потім під навантаженням, старанно перевіряють гальма і випробовують їх на ході.

Для безпечного з'єднання трактора з начіпним знаряддям під'їжджають заднім ходом так, щоб кульові втулки нижніх тяг розмістилися проти відповідних пальців на рамі машини. За допомогою важеля гідророзподільника підводять втулки до стикання з пальцями, з'єднують кульові шарніри тяг з пальцями машини і зашплінтовують. Якщо тракторний агрегат обладнаний автоматичною зчіпкою, її опускають разом з начіпним механізмом. Трактор подають назад, стежачи, щоб рамка автозчіпки увійшла в замок знаряддя і після включення гідросистеми на "Піднімання" знаряддя приєднують до трактора.

Для надійного включення автозчипки не допускається відхилення знаряддя вбік від осі трактора понад 120 мм, а їх замків вперед чи вбік більш як на 15°.

В процесі підготовки до роботи дискових борін і луцильників, перевіряють кріплення, регулюють положення чистиків, змащують підшипники й встановлюють необхідний кут атаки дискових батарей, щільно підтягують і стопорять гайки на осях батарей. Зазор між чистиком і поверхнею диска встановлюють у межах 2 - 4 мм. Під час регулювання положення дисків, щоб не поранити руки гострими краями, користуються рукавицями. Очищають дискові борони і луцильники спеціальними чистиками.

Забивання зубових борін значно зменшується, якщо зуби скошеними гранями встановити під кутом до напрямку руху агрегату, це сприяє їх самоочищенню.

Перед культивацією полів перевіряють стан культиваторів, кріплення гряділів, штанги, стояків робочих органів і вилок для їх піднімання.

Перед початком польових робіт поле оглядають і при необхідності підготовляють: засипають рови, ями, видаляють каміння, перешкоди позначають віхами. Біля ярів та крутих схилів встановлюють попереджувальні знаки та відбивають контрольні борозни, а в межах поля для роботи агрегатів — поворотні смуги.

Для роботи групи машин призначають старшого з найбільш досвідчених трактористів-машиністів, який відповідає за роботу агрегатів у загінці, стежить, щоб відстань між тракторами була в межах 30 - 40 м. Якщо причіпні машини обслуговують кілька працівників, один з них відповідає за пуск і зупинку даного агрегату.

Переїзд тракторним агрегатом в поле, на місце роботи і з поля дозволяється тільки за маршрутом, затвердженим керівником господарства.

Не можна робити крутих поворотів, якщо робочі органи заглиблені в ґрунт, бо це призводить до поломок і аварій. Перед поворотом робочі органи виглиблюють, а на початку прямолінійного руху знову повертають у робоче

положення. Якщо під час роботи в польових умовах потрібно замінити леміші плуга чи лапи культиватора, двигун трактора вимикають або від'єднують машину від трактора, а під раму начіпної машини підставляють надійні підставки.

При роботі в умовах надмірної запиленості, під час заправки туковисівних апаратів, а також при заточуванні робочих органів ґрунтообробних машин необхідно користуються захисними окулярами і рукавицями.

Рух причіпного агрегату можна починати після подачі сигналу трактористом і одержання від старшого на агрегаті сигналу у відповідь. Необхідно стежити, щоб кришки ящиків для зерна й туків у сівалок були щільно закриті, при завантажуванні зерна відкриті кришки ставлять на запобіжники. Під час завантажування сухих порошкоподібних добрив стоять з навітряного боку, надівши респіратор.

Періодично протягом робочого дня очищають бункери, живильні ковші, сошники, тукопроводи й борознозакривачі від ґрунту, рослинних решток та інших сторонніх предметів і усувають виявлені несправності. Чистики для очищення сошників мають дерев'яні ручки. Усувають несправності та очищають машину тільки після зупинки агрегату.

Забороняється під час руху агрегату переходити з однієї сівалки на іншу.

Під час роботи стежать за роботою механізму передач. Послаблені ланцюги підтягують натяжними зірочками. Надмірний натяг ланцюгів не допускається.

Періодично перевіряють стан пневматичних коліс. Тиск повітря в камерах повинен відповідати заводській інструкції.

Для роботи у темний час доби завчасно перевіряють справність електричного освітлення.

Отвори висівних апаратів очищають спеціальними чистиками, гачками. Розрівнюють насіння тільки лопатками.

Під час грози необхідно зупинити агрегат, вимкнути двигун, а важіль

коробки передач встановити у положення “Нейтральне”, зафіксувати гальма, начіпну машину опустити на землю і відійти від трактора на відстань не менше як 15 м.

Протягом світлового дня підготовляють поле до збирання врожаю. Видаляють або позначають віхами перешкоди, розбивають поле на загінки площею не більше, обкошують і прокошують їх, розорюють прокоси та підготовляють поворотні смуги.

Якщо у польових умовах необхідно усунути несправність, то після зупинки комбайна на рівній ділянці поля — вимкнути двигун, а на рульовому колесі вивісити табличку: “Не включати! Працюють люди”. Якщо необхідно вийти з кабіни, комбайн слід зупинити, включити гальма та заглушити двигун.

Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані перед початком польових робіт і сприятимуть підвищенню рівня безпечної праці робітників.

8 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

Для розрахунку економічної ефективності від використання удосконаленої технології і запропонованого комбінованого ґрунтообробного агрегату за базову машину приймемо чизельний плуг ПЧ-2,5 Кам'янець-Подільського заводу сільськогосподарських машин. Розроблений агрегат і чизельний плуг агрегуються з трактором Т-150.

Балансова вартість трактора Т-150 становить 129300 грн. Нормативне річне завантаження – 1350 год. Норма відрахувань на: реновацію - 10 %, капітальний ремонт – 7, поточний ремонт і ТО – 6 %.

Балансова вартість плуга ПЧ-2,5 становить 10100 грн, а його маса 950 кг. Нормативне річне завантаження 480 год. Норма відрахувань на: реновацію.- 12,5 %, поточний ремонт і ТО – 20 %.

Розрахункова маса удосконаленого комбінованого ґрунтообробного агрегату становить 1370 кг. Тоді, його балансова ціна буде становити $\frac{10100}{950}1370 = 14570$ грн.

Основним техніко-економічним показником роботи агрегату є продуктивність, яка визначається за формулою:

$$W = 0,1 B_p \cdot V \cdot \tau, \quad (8.1)$$

де B_p – робоча ширина захвату, м;

V - робоча швидкість, км/год;

τ - коефіцієнт використання змінного часу.

Згідно наших розрахунків (розділ 6) приймаємо для базового агрегату $\tau = 0,73$, а для комбінованого - $\tau = 0,76$.

Продуктивність базового агрегату буде

$$W = 0,1 \cdot 2,5 \cdot 7 \cdot 0,73 = 1,27 \text{ га/год.}$$

Продуктивність удосконаленого агрегату буде становити

$$W = 0,1 \cdot 2,5 \cdot 8,9 \cdot 0,76 = 1,7 \text{ га/год.}$$

Вихідні дані для розрахунку зводимо в таблицю 8.1.

Таблиця 8.1- Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності застосування комбінованого ґрунтообробного агрегату

Показники	Агрегат	
	Т-150К +ПЧ-2,5	Т-150К+ удосконалений агрегат
Маса, кг	950	1370
Ширина захвату, м	2,5	2,5
Робоча швидкість, км/год	7,0	8,9
Продуктивність за годину змінного часу, га/год	1,27	1,7
Витрати палива, л/га	22,7	16,6
Балансова ціна машини, грн	10100	14570

Питомі витрати палива розраховуються за формулою:

$$g_{\text{га}} = \frac{G \cdot K}{W} \quad (8.2)$$

де G – витрати палива за годину [15] – $G_{\text{Т-150К}} = 31,4$ кг/год.

K – поправочний коефіцієнт, який враховує неповне завантаження двигуна при холостих поворотах і переїздах, під час зупинок трактора з працюючим двигуном – $K = 0,92$ [15].

Питомі витрати палива для базового агрегату:

$$g_{га} = \frac{31,4 \cdot 0,92}{1,27} = 22,7 \text{ л/га.}$$

Питомі витрати палива для комбінованого знаряддя (розділ 6) становлять $g_{га} = 16,6$ л/га.

Затрати праці визначимо за формулою:

$$Z_{п} = \frac{M}{W}, \quad (8.3)$$

де M – кількість обслуговуючого персоналу, чол.;

W – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га/год.

Базовий і новий агрегат обслуговує один механізатор (тракторист), то за формулою (8.2) будемо мати наступні затрати праці при роботі базового агрегату:

$$Z_{п.б} = \frac{1}{1,27} = 0,79 \text{ люд.год/га.}$$

При роботі удосконаленого агрегату:

$$Z_{пн} = \frac{1}{1,7} = 0,59 \text{ люд.год/га.}$$

Економія затрат праці при впровадженні комбінованого агрегату становить

$$E_3 = 0,79 - 0,59 = 0,2 \text{ люд.год/га.}$$

Питомі прямі експлуатаційні витрати на визначимо за формулою:

$$C = C_o + C_a + C_p + C_{\text{пмм}}, \quad (8.4)$$

де C_o – оплата праці з нарахуваннями, грн/га;

C_p – відрахування на реновацію, грн/га;

$C_{\text{то}}$ – витрати на ремонт і технічне обслуговування, грн/га;

$C_{\text{пмм}}$ – витрати на паливо і мастильні матеріали, грн/га.

Оплата праці механізатору, який працює на агрегаті, нараховується по тарифній сітці за норму виконаної роботи. За 1 га обробленої площі оплата праці становить:

$$C_o^1 = \frac{C_T}{W_{\text{зм}}}, \quad (8.5)$$

де C_T – оплата праці за тарифною сіткою;

$W_{\text{зм}}$ – продуктивність агрегату за зміну.

Оплата праці механізаторів, які працюють на обробітку ґрунту здійснюють як для трактористів-машиністів третьої групи по 6 розряду тарифної сітки. З врахуванням збільшення мінімальної заробітної плати до 8000 грн. за норму виробітку, будемо мати наступні витрати коштів на оплату праці:

$$C_{o.б}^1 = \frac{348}{8,89} = 39,1 \text{ грн./га.}$$

Крім того, в господарствах проводиться доплата: 50 % - за складність робіт (становить 19,6 грн./га), 12% - за інтенсивність робіт (становить 4,7 грн./га). І тоді оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{\text{об}}^{\text{н}} = 39,1 + 19,6 + 4,7 = 63,4 \text{ грн./га.}$$

На цю суму механізатору нараховується 20 % за класність (становить 12,7 грн./га) і 51 % соціального страхування і ін. (становить 32,3 грн./га). І тоді вся

оплата праці з нарахуваннями механізатору, який працює на базовому агрегаті, становить:

$$C_{об} = 63,4 + 12,7 + 32,3 = 108,4 \text{ грн./га.}$$

Витрати на оплату праці при обробітку ґрунту новим агрегатом будуть становити

$$C_{о.н}^1 = \frac{348}{11,9} = 29,2 \text{ грн./га.}$$

Аналогічно нараховуються всі необхідні доплати: 50 % за складність робіт (14,6 грн./га), 12 % за інтенсивність робіт (3,5 грн./га). І оплата праці з нарахуваннями буде становити:

$$C_{он}^н = 29,2 + 14,6 + 3,5 = 47,3 \text{ грн./га.}$$

На цю суму нараховується 51 % соціального страхування (24,1 грн./га) і 20% за класність (становить 9,5 грн./га) і оплата праці з усіма нарахуваннями для механізатора, який працює на новому агрегаті, буде становити:

$$C_{он} = 47,3 + 24,1 + 9,5 = 80,9 \text{ грн./га.}$$

Амортизаційні відрахування визначаються виходячи з річних норм відрахувань на знаряддя за формулою:

$$C_a = \frac{S \cdot \alpha}{100 \cdot D \cdot K \cdot W_{3M}}, \quad (8.6)$$

де S – ціна машини, грн.;

D – кількість днів роботи за рік;

K – коефіцієнт змінності.

За нормативами [25] річна норма відрахувань для ґрунтообробних знарядь загального і спеціального призначення становить 15 %. Тоді нарахування на амортизацію для базової машини будуть становити:

$$C_{аб} = \frac{10100 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 8,89} = 3,2 \text{ грн./га.}$$

Для нового знаряддя амортизаційні відрахування будуть становити:

$$C_{ан} = \frac{14570 \cdot 15}{100 \cdot 30 \cdot 1,8 \cdot 11,9} = 3,4 \text{ грн./га.}$$

Так як норма відрахувань на ремонт і технічне обслуговування така ж сама, як і для амортизаційних відрахувань, то приймаємо ці ж самі значення для відповідних машин.

Затрати на паливо і мастильні матеріали визначаються за формулою:

$$C_{ПММ} = Ц_{п} \cdot g_{га}, \quad (8.7)$$

де $Ц_{п}$ – комплексна ціна 1 кг палива, грн./кг;

$g_{га}$ – витрати палива на 1 га.

Вартість палива і мастил коливаються на ринку і залежать від об'ємів закупок, постачальника і інших факторів. З врахуванням сьогоднішніх цін приймаємо комплексну ціну ПММ 59,2 грн/л. Тоді, питомі витрати на паливо і мастильні матеріали будуть становити:

- при обробці ґрунту базовим агрегатом:

$$C_{ПММ.б} = 22,7 \cdot 59,2 = 1343,8 \text{ грн/га;}$$

- при обробці новим агрегатом:

$$C_{ПММ.н} = 16,9 \cdot 59,2 = 1000,5 \text{ грн/га.}$$

Загальні питомі прямі експлуатаційні витрати для базового агрегату становлять:

$$C_{б} = 108,4 + 3,2 + 3,2 + 1343,8 = 1458,6 \text{ грн/га.}$$

При обробці ґрунту новим агрегатом загальні питомі прямі експлуатаційні затрати становлять:

$$C_H = 80,9 + 3,4 + 3,4 + 1000,5 = 1088,2 \text{ грн/га.}$$

Економічний ефект при впровадженні розробок буде становити:

$$E_{\text{га}} = C_6 - C_H = 1458,6 - 1088,2 = 370,4 \text{ грн/га.} \quad (8.8)$$

Як свідчать дані досліджень, використання на передпосівному обробітку ґрунту чизельного плуга, обладнаного котком для руйнування брил, забезпечує за рахунок покращення структури ґрунту і зменшення випаровування вологи підвищення урожайності зернових, зокрема і сорго до 10 %.

Приймемо, що в нашому випадку приріст урожаю зерна сорго буде становити 5 %. Тоді, при урожайності зерна 40 ц/га і закупівельній ціні 10000 грн/т з 1 га буде одержана додаткова продукція, яка в грошовому еквіваленті буде становити:

$$D_{\text{п}} = 40 \cdot 0,05 \cdot 1000 = 20000 \text{ грн/га.}$$

Річний економічний ефект від використання комбінованого ґрунтообробного визначимо за формулою:

$$E_p = (E_{\text{га}} + D_{\text{п}})F, \quad (8.9)$$

де F – площа, на якій буде використано агрегат, га.

Приймемо, що ґрунтообробний агрегат буде використано при передпосівному обробітку ґрунту під сорго на площі 100 га. Тоді,

$$E_p = (370,4 + 20000,0)100 = 2037040 \text{ грн.}$$

Визначимо термін окупності витрат на виготовлення котка руйнівника брил:

$$T_{\text{ок}} = (B_{\text{мн}} - B_{\text{мб}}) / E_p, \quad (8.10)$$

де $T_{\text{ок}}$ – термін окупності витрат, рік;

$B_{\text{мб}}$ і $B_{\text{мн}}$ відповідно, ціна серійного і нового комбінованого ґрунтообробного агрегату, грн.

$$T_{\text{ок}} = (14570 - 10100)/2037040 \approx 0,002 \text{ роки.}$$

Основні техніко-економічні показники проекту зведемо в табл. 8.2.

Таблиця 8.2 - Основні техніко-економічні показники проекту

Назва показників	Серійний агрегат	Новий агрегат
1. Продуктивність агрегату, га/год.	1,27	1,7
2. Питомі витрати палива, кг/га	22,7	16,9
3. Затрати праці, люд.год./га	0,79	0,59
6. Прямі експлуатаційні затрати, грн./га	1458,6	1088,2
в т.ч.: оплата праці з нарахуваннями	108,4	80,9
амортизаційні відрахування	3,2	3,4
затрати на ремонт і ТО	3,2	3,4
затрати на ПММ	1343,8	1000,5
7. Зниження прямих затрат, грн./га	--	370,4
8. Прибуток від додаткової продукції, грн/га	--	20000
9. Річний економічний ефект, грн..	--	2037040
10. Строк окупності затрат, років	--	0,002

При впровадженні нового знаряддя економічні показники покращуються - зменшуються прямі експлуатаційні затрати, затрати праці, підвищується продуктивність агрегату.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Сорго є цінною кормовою культурою, оскільки за вмістом поживних речовин не поступається ячменю, кукурудзі та гороху. Багато країн світу віддають перевагу сорго, враховуючи адаптаційні властивості, виробничий потенціал, посухо- та солестійкості цієї культури. Сорго є перспективною культурою для України. Зернове сорго є відмінною альтернативою соняшнику в умовах посушливого клімату Півдня та Сходу України та здатне забезпечувати стійкі високі врожаї. Силосне сорго спроможне задовольнити потреби тваринництва у високоякісному силосі та зеленій масі.

2. Розроблено удосконалену технологію вирощування сорго на зерно для умов господарства, технологічну карту і визначено комплекс машин для її впровадження.

3. Аналіз конструкцій ґрунтообробних машин показав, що кращі показники обробітку ґрунту забезпечують комбіновані знаряддя, які виконують декілька операцій за один прохід агрегату.

4. Розроблений агрегат поєднує позитивні характеристики чизельного плуга з кільчастим котком. Розроблена конструкція за результатами теоретичних розрахунків параметрів забезпечує підвищення якості обробітку ґрунту.

5. Розроблені заходи з охорони праці можуть бути використані при вирощуванні сорго в господарстві. Економічний ефект від впровадження розробок становить 2037040 грн. і затрати окупаються протягом першого року експлуатації.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Маслак О. Перспективне сорго// Агробізнес сьогодні. - № 11, 2011. – с.12-15.
2. Наслідки війни в Україні для площ під сорго в Європі в 2022 році// <https://www.sorghum-id.com/uk/%D0%BD%D0%B0%D1%81%D0%BB%D1%96%D0%B4%D0%BA%D0%B8-%D0%B2%D1%96%D0%B9%D0%BD%D0%B8-%D0%B2-D1%83%D0%BA%D1%80%D0%B0%D1%97%D0%BD%D1%96-%D0%B4%D0%BB%D1%8F-%D0%BF%D0%BB%D0%BE%D1%89-%D0%BF%D1%96%D0%B4-%D1%81/>.
3. Війна в Україні вплине на вирощування сорго в Європі// Пропозиція - Головний журнал з питань агробізнесу <https://propozitsiya.com/ua/viyna-v-ukrayini-vpline-na-viroshchuvannya-sorgo-v-ievropi>.
4. Цибульська С. Площа посівів сорго в Україні зменшилася в 15 разів// <https://agroportal.ua/news/eksklyuzivny/v-ukrajini-ploshcha-posiviv-pid-sorgo-zmenshilasya-v-15-raziv>.
5. Сорго: нові можливості для вашої сівозміни.- 23 лютого 2023 р.// <https://lidea-seeds.com.ua/news/sorho/novi-mozhlyvosti-dlya-vashoyi-sivozminy>.
6. Чому вигідно вирощувати сорго в 2024// [https:// agroexp. com.ua /uk /pochemu-vygodno-vyrashchivat-sorgo](https://agroexp.com.ua/uk/pochemu-vygodno-vyrashchivat-sorgo).
7. Кобець А.С. Основи теорії робочих органів сільськогосподарських машин: Навчальний посібник/ Дніпропетр. держ. аграрний ун-т. – Дніпропетровськ, 1999. – 204 с.
8. Войтюк В.С., Гапоненко Д.Г. Сільськогосподарські машини.- К.: Урожай, 1988. - 384 с.
9. Мігальов О., Малярчук М., Альохін А. Концептуальна модель використання ґрунтообробної техніки вітчизняного виробництва на півдні України// Техніка АПК. - №9 (вересень), 2004. – с. 28 – 29.

10. Тронь М., Кошеленко І. Сучасна техніка для ґрунтообробки// Пропозиція, №3.- 2002.- с.97 – 102.
11. 9. Тронь М., Кошеленко І. Сучасна ґрунтообробна техніка // Пропозиція. - № 8-9. – 2002. – с. 90 – 91.
12. Ясенецький В., Шустик Л. Вітчизняні культиватори// Пропозиція. - № 12, 2005. – с. 100 – 106.
13. Заїка П.М. Теорія сільськогосподарських машин. Том 2 (ч. 1 і 2): Ґрунтообробні машини. – Харків.: Око, 2004.
14. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агроосвіта», 2015. – 679 с.
15. Механізація вирощування сільськогосподарських культур в Україні/ А.С. Кобець, О.Д. Деркач, М.І. Ролдугін, В.М. Яцук, П.М. Кухаренко, А.М. Пугач; Дніпропетровський державний аграрно-економічний університет. – Дніпропетровськ, 2014. – 285 с.
16. Кобець А.С., Іщенко Т.Д., Волик Б.А., Демидов О.А. Механіко-технологічні властивості сільськогосподарських матеріалів: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ: РВВ ДДАУ, 2009. – 84 с.
17. Сільськогосподарські машини: підручник/ Д.Г. Войтюк, Л.В. Аніскевич, В.В. Іщенко та ін.; за ред. Д.Г. Войтюка. – К.: «Агросвіт», 2015. – 679 с.
18. Машиновикористання та екологія довкілля: Підручник/ Головчук А.Ф., Лімонт А.С., Бондаренко М.Г. За ред. А.Ф.Головчука. – К.: Грамота, 2007. - 360 с.
19. Довідник з опору матеріалів / Писаренко Г.С., Яковлев А.П., Матвієв В.В. Відп. Ред. Писаренко Г.С. – 2-е вид., перероб. і доп. К: Наукова думка, 1988 – 736 с.
20. Опір матеріалів/ Під заг. ред. Г.С. Писаренка, К.: Вища школа, 1973р. – 672 с.

21. Землеробська механіка. Т.2. Теоретичні основи сільськогосподарської механіки/ А.С. Кобець, А.Г. Дем'яненко, О.Ю. Береза, О.А. Гонь і ін.- Дніпро, «Свідлер А.Л.», 2022. – 712 с.

22. Гряник Г.М., Лехман С.Д., Бутко Д.А. Охорона праці. – К.: Урожай, 1994. – 272 с., іл..

23. Лешахін С.Д. Довідник з охорони праці в сільському господарстві. - К.: Урожай, 1990. - 165 с.

24. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві// Затверджені наказом Міністерства соціальної політики України 29 серпня 2018 року № 1240, зареєстровано в Міністерстві юстиції України 21 вересня 2018 р. за № 1090/32542.

25. Вініченко І.І, Сітковська А.О. Методичні рекомендації з економічного обґрунтування дипломних робіт для студентів факультету механізації сільського господарства// Дніпропетровськ: ДДАЕУ, 2016. – 27 с.