

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра механічної та електричної інженерії

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи на здобуття ступеня вищої освіти
« магістр »
бакалавр, магістр
на тему: «Підвищення якості посіву зернових культур сівалкою-
культиватором із розробкою конструкції комбінованого сошника»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Машини і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
назва ОПП
спеціальності 133 Галузеве
машинобудування
код та найменування спеціальності
ступеня вищої освіти «магістр» групи 4
Шовкопляс Сергій Анатолійович
Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти
Керівник: Скрипник В.О.
Прізвище та ініціали керівника
Рецензент: Дудніков І.А.
Прізвище та ініціали рецензента

ВСТУП

Максимальна врожайність зернових культур за мінімальних витрат безпосередньо пов'язана з тяговим опором агрегату та точним розподілом насіння по глибині та площі розсіву при посіві. Застосування сівалок-культиваторів для підґрунтового-розкидного посіву в порівнянні з звичайними сівалками найбільш ефективно, оскільки дозволяє рівномірно розподілити насіння за площею розсіву, усунути розриви у часі між окремими технологічними операціями, скоротити терміни посіву, ефективніше використовувати перший весняний максимум ґрунтової вологи, а також зменшити ущільнення пухкого ґрунту колесами тракторів та машин.

У сучасному світі, в умовах дедалі ширшого застосування ресурсозберігаючих технологій посіву зернових культур, перевага слідує віддавати посівним машинам, які відповідають місцевим агротехнічним вимогам та виконуючим за один прохід кілька технологічних операцій. Найбільш актуально це питання стоїть у посушливих ерозійно-небезпечних районах країни, до яких належить і Полтавська область (так на ґрунтах, схильних до вітрової та водної ерозії, щорічний недобір сільськогосподарської продукції становить близько 20%).

Сошники сівалок-культиваторів, що серійно випускаються, для підґрунтового-розкидного посіву зернових культур здебільшого не відповідають агротехнічних вимог. Застосування їх дозволило виявити цілий ряд недоліків, до яких належать: незадовільна стійкість ходу сошників по глибині; недостатнє фарбування ґрунту; мала рівномірність розподілу насіння за площею розсіву та заданою глибиною. Всі це веде до зниження врожайності зернових культур, а також збільшення тягового опору сошника та посівного агрегату в цілому. У зв'язку з цим підвищення якості посіву зернових культур, за рахунок більш рівномірного розподілу насіння по площі розсіву на заданій глибині та зниження тягового опору комбінованого сошника сівалки-культиватора, шляхом застосування комбінованого сошника сівалки-культиватора, є актуальним науково-технічним завданням.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Об'єкти досліджень. Технологічний процес посіву зернових культур комбінованим сошником сівалки-культиватора.

Предмет досліджень. Залежності, що характеризують взаємодію конструктивних параметрів комбінованого сошника сівалки-культиватора та ґрунту.

Мета досліджень. Підвищення якості посіву зернових культур сівалкою-культиватором із розробкою комбінованого сошника, що дозволяє знизити його тяговий опір та підвищити рівномірність розподілу насіння по глибині та площі розсіву.

Методика досліджень. Як основні методики використовувалися основні положення законів та методів класичної механіки та математичного аналізу, методика планування багатофакторних експериментів, методики проведення лабораторних та лабораторно-польових досліджень. Результати оброблялися із застосуванням програм STATISTICA, Microsoft Excel та ін.

Практична значимість та реалізація досліджень. Результати наукових досліджень послужили основою для розробки сівалки-культиватора, оснащеної комбінованими сошниками, застосування якої дозволяє за рахунок зниження питомого тягового опору та підвищення рівномірності висіву насіння зернових культур підвищити врожайність озимої пшениці на 0,23 т/га проти базової сівалкою. Сівалка-культиватор, оснащена комбінованими сошниками, впроваджено у ФГ «Гарант».

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						8
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1 Класифікація способів посіву насіння зернових культур та їх характеристики

Вибір способу сівби в першу чергу залежить від посівних якостей насіння сільськогосподарських культур та ґрунтово-кліматичних умов. Спосіб посіву повинен створювати оптимальні умови для зростання та розвитку рослин, забезпечуючи їх необхідною кількістю поживних речовин, вологи, світла та теплоти, а також певною площею поля (площею харчування). Щоб урожайність була максимальною, площа харчування для кожного рослини має бути оптимальною, що залежить від науково-обґрунтованої норми висіву – кількості насіння, що висівається на одному гектарі, що забезпечує нормальну густоту сходів та повноцінний урожай [1, 2].

У зв'язку з цим, спосіб посіву відіграє чільну роль в отриманні стабільних та високих урожаїв за мінімальних фінансових витрат. Крім того, спосіб посіву визначає не тільки тип сівалок, а й конструктивні особливості та ступінь застосування всього комплексу машин на наступних видах робіт (включаючи збирання врожаю), зумовлюючи цим техніко-економічні показники всього технологічного процесу вирощування сільськогосподарських культур загалом [2].

Аналіз літературних джерел показує, що часто один і той ж спосіб посіву наводиться під різними назвами, що ускладнює об'єктивну оцінку. У зв'язку з цим ми пропонуємо класифікувати способи посіву зернових культур, за принципом розміщення їх на площі розсіву. На підставі цього можна виділити два основні способи посіву (рис. 1.1): рядовий та розкидний.

В основу рядового способу посіву покладено розміщення насіння паралельним рядами, розташованими різних відстанях друг від друга. Залежно від кількості рядків, що зближуються, рядовий посів поділяється на дві основні групи: однорядковий та стрічковий. Різновидами рядового однорядкового посіву є звичайний рядовий, вузькорядний і перехресні способи посіву [3].

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Одним із поширених способів посіву зернових культур залишається звичайний рядовий посів з міжряддями 12...15 см, 18 см, 21 см. від культури та норми висіву змінюється відстань між рослинами в рядку. Наукового обґрунтування ширини міжрядь для цього способу, як сторони агрономічної, так і технічної поки що немає. Ширина міжрядь цього способу посіву склалася історично, але не обґрунтована досвідом сільськогосподарського виробництва та даними науково-дослідних установ [3]. Можливо, що розміщення сошників з такою шириною міжрядь вибрано з міркувань меншого їх забивання ґрунтом та рослинними залишками [3]. При цьому форма площі харчування рослин представляє собою прямокутник, співвідношення сторін якого змінюється від 1:6 до 1:10. Така форма площі живлення рослини призводить до зниження врожайності через сильне загушення в рядках [2, 3].

Пошуки найкращого способу посіву зернових культур, що забезпечує найбільш рівномірний розподіл насіння площею, тривають і зараз. Так виникли і набули масового поширення вузькорядний та перехресний способи посіву, при яких дещо усуваються недоліки, властиві звичайному рядовому посіву з міжряддями 15 см [2, 3].

Вузькорядний посів виробляють з міжряддям 7,5 см, при цьому форма площі живлення замінюється прямокутником із сторонами 7,5×3,32 см замість прямокутника зі сторонами 15×1,66 см (при звичайному рядовому) [1, 2]. Позитивний ефект від вузькорядного посіву спостерігається у разі підвищення родючості ґрунту, поліпшення агротехніки і більш помітно виявляються при збільшенні норми висіву на 10...15%, однак у міру її збільшення різниця у врожаї між вузькорядним та рядовим посівом стає менш відчутною.

Так зі збільшенням норми висіву більше 15% вузькорядний посів не має переваг перед звичайним рядовим. При вузькорядному посіві відбувається менше випаровування вологи, завдяки затіненню міжрядь зникають ряди культурних рослин, що зменшує засміченість полів бур'янами. Таким чином, вузькорядний посів є видозміною. звичайного рядового посіву, в якому знижено недоліки, пов'язані з необґрунтованою шириною міжрядь [5].

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						10
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.1 – Способи посіву та висадки насіння й розсади

Перехресний посів виконують у двох взаємно перпендикулярних напрямках із шириною міжрядь 15 см. При проході у кожному напрямку висівають половину встановленої норми висіву, при цьому відстань між насінням у ряду збільшується в 2 рази порівняно із рядовим посівом. Значне підвищення врожаю зернових культур при перехресному посіві, є наслідком більш рівномірного розподілу насіння по

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						11
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

площі в порівнянні зі звичайним рядовим та вузькорядним способами посіву [50]. Слід зазначити, що перехресному способу посіву властиві недоліки, основними з яких є щонайменше подвійні витрати праці, енергії, пального та часу. З погляду збереження вологи у ґрунті та рівномірності глибини закладення насіння перехресний хід посівного агрегату, тобто вторинна робота сошників у ґрунті – явище негативне. Слід зазначити, що недоліки перехресного посіву не пов'язані із самою сутністю цього способу, причина їх у відсутність посівних машин, що дозволяють проводити перехресний посів за один прохід [5].

Стрічкова схема посіву характеризується зближенням двох і більше рядів, а також чергуванням звужених та розширених міжрядь. Зближення рядів дозволяє зберегти необхідну кількість рослин на одиниці площі, однак така схема посіву зернових культур не набула широкого поширення [4, 5].

Смужний підґрунтово-розкидний посів відрізняється від рядового і стрічкового способів тим, що насіння розподіляється не рядами та стрічками, а смугами різної ширини. Насіння в смузі, як і при звичайному рядовому посіві, розміщуються безладно. Недоліком такого способу нерівномірний розподіл насіння по ширині сівби, що засівається. Частина площі поля залишається незасіяною [1, 5]. Останнім часом підґрунтяно-смуговий спосіб посіву зернових культур замінюється підґрунтяно-розкидним способом.

Підґрунтово-розкидний спосіб посіву, відрізняється тим, що насіння укладаються в ґрунт не рядами, а по всій ширині захоплення сівалкового агрегату без незасіяних проміжків з-поміж них. При відповідній конструкції сівалки насіння розподіляються за площею більш рівномірно, ніж при рядовому сівбі. За даними досліджень, урожайність зернових культур при суцільному посіві підвищується в середньому на 10...20% порівняно з вузькорядним та рядовим способами. Однією з причин цього можна вважати більш високу польову схожість насіння та найменшу загибель рослин у протягом вегетаційного періоду. Умови розвитку рослин за відповенно-разбросном посіві виявляється значно кращими, коренева система більш розвинена, стебло товщі та вище, абсолютна вага зерна в більшості випадків вище, ніж при рядовому сівбі. Засміченість ділянки значно знижується порівняно з

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						12
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рядовим та вузькорядним способами. Поліпшення конфігурації площі живлення при підґрунтовому-розкидному посіві значно збільшує відсоток використання площі, що засівається, тобто дає можливість розміщення на одиниці площі більшого числа рослин, а отже, і отримання більшого врожаю [3].

1.2 Огляд конструктивних схем зернових сівалок

Сівалка-культиватор зернотукова (рис. 1.2) призначена для смугового посіву насіння зернових та зернобобових культур. Ширина посіву – 18-20 см з одночасною передпосівною культивацією, внесенням мінеральних гранульованих добрив. Одночасно відбувається смугове коткування ґрунту після посіву. Сівалка стерня застосовується на стерневих і безвідвальних стерневих фонах, а також для культивації парів. Крім того, на модифікацію можна встановити штригельну борону. Її наявність забезпечує вирівнювання поверхневого шару ґрунту після прикочування, вичісування бур'янів та мульчування поверхні поля [6].

Переваги сівалок:

- висівний апарат з металокерамічними катушкою, муфтою, хвостовиком та шайбою – це збільшує термін служби до 10 років;
- збільшений розмір втулок, що підвищує міцність ланки верхньої та нижньої. Зафіксовані пальці оснащуються тавотницею, що підвищує ресурс цього вузла;
- використовується робочий гідроциліндр збільшеного діаметра 80 мм із штоком 40 мм, що дозволяє витримувати великі експлуатаційні навантаження;
- причіп (дуга) - опорне колесо обертається навколо осі, що зменшує радіус розвороту агрегату в полі. Сівалка стернява - мобільна зброя.
- боковина у бункера має додаткове ребро жорсткості, що робить конструкцію пружною до деформації при перегонах та експлуатації;
- на апараті, що висіває, встановлюється опора підшипника власного виробництва, виготовлена з цільного листа металу, тим самим підвищується надійність вузла;
- робочі вали виготовляються з каліброваної сталі марки 35;

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- рама виготовлена із профільної труби 80×80 мм зі стінкою 6 мм;
- при фарбуванні застосовується алкідно-уретанова машинна фарба, яка на відміну від порошкової фарби при ударі не тріскається і не відшаровується, експлуатаційний термін служби більше 7 років;
- посилений брус зчпного устрою має розміри 100×100 мм, стінка 5 мм.

Рисунок 1.2 – Сівалка-культиватор стерньова зернотукова для розкидної сівби СКП-2,1Л

Сиріус 10 (рис. 1.3) здійснює висів насіння зернових, середньо- та дрібнонасіньових зернобобових та інших культур, близьких до зернових за розмірами насіння та норм висіву, а також сипучого насіння трав з одночасним внесенням у рядки мінеральних добрив, що засіваються, і прикочуванням ґрунту [7].

Рисунок 1.3 – Сівалка-культиватор «Сіріус – 10» (Україна)

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						14
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сівалка-культиватор зернотукотрав'яная стерньова СТС-2 (рис. 1.3) виробництва ВАТ «Червона зірка», Україна, призначена для рядового і смугового посіву насіння зернових, зернобобових та трав'яних культур (пшениця, ячмінь, овес, просо, гречка, горох, багаття безоста, пирій, житняк, люцерна, еспарцет) з одночасним внесенням гранульованих мінеральних добрив по стерньових фонам з коткуванням засіяних рядків. Також застосовується для культивації парів. Рекомендується для районів з ґрунтами, схильними до вітрової ерозії [5, 8].

Рисунок 1.4 – Сівалка СТС-2 з робочим органом для стрічкової сівби зернових культур (Україна)

Сівалка комплектується трьома типами робочих органів: наральник, стрілчастими лапами для звичайного і стрілчастими лапами для смугового посіву, а також кільчастими і кільчасто-шпоровими котками.

Агрегатується з тракторами кл.1,4 в односеялочном варіанті. В основу конструкції сівалки покладено блочно-модульний принцип, що дозволяє агрегування в многосеялочний агрегат.

Аналогічний процес здійснює посівний комплекс «Агромайстер-4800» (рис. 1.5), який за один прохід виконує суцільний і передпосівний обробіток ґрунту, стрічкову сівбу насіння з внесенням мінеральних добрив, боронування і прикочування посівів, але при цьому сівба не є суцільною [10]

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						15
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.5 – Сівалка «Агромастер-4800» для підгрунтової сівби зернових культур

Зернова сівалка-культиватор SALFORD 580 (рис. 1.6) проста і надійна в експлуатації, виготовлена з потужних сталевих труб квадратного перерізу 10×15 см, що забезпечує надійну роботу агрегату протягом багатьох років. Стійки відхиляються назад і вгору лише у разі зіткнення з перешкодою. Конструкція стійки дозволяє використовувати знаряддя в якості польового культиватора з глибиною обробки до 15-18 см. полях.

Посівні та ґрунтообробні комплекси SALFORD – це ресурсозберігаюча універсальна техніка для ґрунтозахисного землеробства, що дозволяє отримувати високі врожаї та одночасно відновлювати родючість ґрунтів для рентабельного рослинництва в майбутньому.

До складу посівного комплексу входять: універсальний культиватор, бункер та пневматична система висіву.

Посівний комплекс SALFORD у стислі терміни та з максимальним ефектом виконує весь комплекс весняних польових робіт за один прохід по полю: культивування, посів без попередньої обробки ґрунту з одночасним внесенням добрив, боронування та коткування. Таким чином, ліквідується розрив між підготовкою ґрунту та сівбою, характерний для традиційної вітчизняної технології,

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						16
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

створюються комфортні умови для максимальної схожості насіння, формування надалі здорової рослини з гарним колосом.

Рисунок 1.6 – Зернова сівалка-культиватор SALFORD 580

Об'єднання цих операцій призводить до зменшення ущільнення ґрунту, скорочення строків посіву та економії пально-мастильних матеріалів [9]. Використання посівного комплексу SALFORD зберігає структуру ґрунту, запобігає ерозії, знижує втрату вологи.

1.3 Конструктивні схеми сошників зернових сівалок

Застосовувані нині на зернових сівалках сошники можна розділити на три групи (рис. 1.7): з тупим кутом входження у ґрунт; з прямим кутом входження у ґрунт; з гострим кутом входження у ґрунт. До першій групі відносяться одне, двох і трьох дискові, кілеподібні прості та кілеподібні комбіновані сошники. До другої групи можна віднести трубчасті сошники. До третьої групи відносяться анкерні та лапові.

Процеси бороздоутворення сошником з тупим кутом входження в ґрунт і з гострим – мають суттєві відмінності. Обидва типи сошників утворюють борозну розсувають ґрунт убік, але сошник із гострим кутом входження одночасно піднімає ґрунт, а сошник із тупим кутом входження вдавлює її вниз. В результаті дно і стінки

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						17
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

борозни, утворені сошником з тупим кутом входження, ущільнюються. Сошник же з гострим кутом, зсуваючи ґрунт вперед і в сторони, утворює борозну з пухкими нерівними стінками, причому її ширина по верху більша за ширину сошника [5, 9].

Для залучення вологи до насіння необхідно створити мережу капілярів, ущільнюючи при цьому дно борозни. Значною мірою це здійснюється сошниками з тупим кутом входження в ґрунт і в меншій – сошниками з гострим кутом. Дискові сошники мають тупий кут входження, але внаслідок обертання, диски, занурюючись у ґрунт, переміщують її частинки вниз, а потім захоплюють їх вгору дією сил тертя [1, 9].

Аналіз процесу роботи лапових сошників показав, що вони переміщують ґрунт вгору, вперед і в сторони, але при цьому значно ущільнюють дно борозни, створюючи тим самим сприятливі умови для зростання насіння та розвитку рослин.

Для здійснення підґрунтового-розкидного посіву, в даний час використовують сошники, виконані у вигляді закритих стрілочастих лап, всередині яких встановлюються різні конструкції розподільники насіння.

В даний час все більшого поширення набуває підґрунтя но розкидний посів по стерневих фонах, який дозволяє поєднати передпосівну обробку ґрунту з посівом, поліпшити рівномірність забезпечення рослин продуктами харчування та вологою, скоротити строки посівної кампанії та витрати праці. Ефективність підґрунтового-розкидного посіву по стерневих фонах полягає у підвищенні не тільки врожайності зернових культур на 10-20% за рахунок покращення умов розвитку рослин, а також збільшення протиерозійної стійкості рослин, економії експлуатаційних матеріалів та часу [9]. Тобто проблема розробки нових посівних робочих органів, що забезпечують більш рівномірний розподіл насіння за площею поля, і найменший тяговий опір є актуальною. Таким чином, одним із перспективних робочих органів є комбінований сошник з стрілчастою лапою і бороздоутворюючим робочим органом [11].

Рисунок 1.7 – Класифікація сошників

Сошник виконаний у вигляді порожнистої стійки 1 (рис. 1.8), з жорстко закріпленою лапою 2 опуклою форми. З тильного боку лапи 2 розміщена насіннева камера 3, має сферичну поверхню 4 і закрита кожухом 5. У середині стійки 1 поміщений формувач потоку насіння 6, виконаний у вигляді гвинтового шнека, вісь шнека жорстко закріплена, на виході розміщено віяловий розподільник 7. За допомогою кронштейна 8 до стійки 1 прикріплений дисковий ніж [12].

Сошник працює в такий спосіб. У процесі проходження робітника органу в шарі ґрунту відбувається різання зі ковзанням коренів бур'янів та рослинних залишків, при цьому дисковий плоский ніж 9, розрізаючи шар ґрунту, забезпечує прохід стійки 1 у ґрунті. Насіння, що надходить у стійку 1 з сім'япроводу і подаються на формувач потоку 6, далі через віяловий розподільник 7 подаються на сферичну поверхню 4 і укладаються на дно борозни. Недоліками сошника є мала ширина розсіву, складність виготовлення конструкції та незадовільна рівномірність закладення насіння по глибині [12].

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						19
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.8 – Сошник з бороздоутворюваним робочим органом у вигляді
дискового ножа

Рисунок 1.9 – Дискові сошники

Рисунок 1.10 – Наральникові сошники

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						20
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Наральникові сошники використовуються у вітчизняних сіялках: СЗА3,6; СЗЛ-3,6; СТС-2,1; СЗС-2,1; СЗС-9; СЗС-12; СК-3,6; КФС-3,6; СЗТ-3,6; а також в іноземних: CLF-600 («Nordsten», Данія); EV-1000 («Amazone», Німеччина); 32-row («Horwood Bagshaw», Австралія) та ін [13].

Перевагами цього сошника є ефективне розподілення насіння та добрив усередині борозни, збереження форми борозни перевернутої букви «Т» при зміні швидкості, забезпечення стабільної глибини посіву та гарне повторення рельєфу поля. поверхню поля. Недоліком є те, що заглиблення плуга вимагає великих зусиль і дорожче у виготовленні. Загалом існує декілька конструктивних рішень сошників для різних умов обробітку та посіву. Однак, як показує огляд наукових праць, борозенки ефективно функціонують лише в рамках встановлених агротехнічних вимог на попередньо підготовлених до посіву полях. Як показує світова практика, прями́й посів потребує нових конструктивних рішень і вдосконалення працюючих установ. Насправді, для того, щоб насіння було правильно внесено в борозну, необхідно забезпечити, щоб сошник міг проникати в необроблені поля з корневими залишками та стернею минулого врожаю.

Сошник що складається з вертикального дискового ножа 4 (рис. 1.11), сім'япроводу 1, стійки 2 з лобовою поверхнею 3 у вигляді клина, що обгинає диск, стрілкової лапи 6, вилки 5 кріплення диска, пружини 8. Дисковий нулі 4 виконаний пружним. До недоліків цього сошника можна віднести: 1) незадовільна рівномірність глибини закладення насіння, пов'язана з тим, що при роботі підпружинений гофрований дисковий ніж утворює щілину, в яку забивається рослинні рештки; 2) при роботі на вологих ґрунтах, що містять кам'янисті та рослинні включення, відбуватиметься забивання дискового ножа та простору між диском та стійкою сошником, що призведе до нестійкої роботи сошника по глибині та збільшення тягового опору [1, 13].

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						21
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.11 – Сошник

Відомий сошник для підґрунтового-розкидного посіву, конструкції (рис. 1.12). Ширина захоплення сошника складає 420 мм, робоча поверхня являє собою складний криволінійний профіль, перед стійкою сошника встановлений ріжучий клин 3, нахилений уперед по ходу руху.

Рисунок 1.12 – Сошник з різальним клином

У пропонованій комбінованій конструкції сошника канавки формуються відкидними сошниками, на відміну від дискових сошників, які потребують підвищеного зчеплення.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						22
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.13 – Комбінований дисковий сошник

Вищезазначені комбіновані сівалки мають ролики, які притискають насіння на дно канавок. В результаті насіння поміщають в щільну грядку, а зверху засипають пухким ґрунтом. Однак складність і велич конструкції цього сошника відрізняються матеріалоемністю [14].

Робочий орган зернотукової стерневої сівалки, розроблений під керівництвом Смоленцева Л.П. (рис. 1.14) складається з основної стійки 1 клиноподібної і обтічної форми руху, до нижньої частини якої прикріплений розпушувач 2, що має форму стрілоподібного клину, порожнистого трубчастого зернового сошника 3, який за допомогою кронштейна 4 і осі 5 закріплений шарнірно на основній стійці 1, а за допомогою вилки 6 через вісь 7 і кронштейн 4 підпружинений до основної стійки 1.

Рисунок 1.14 – Сошники екстирпаторного типу сівалок Concept 2000 і Maxim

II фірми Morris для підґрунтової смугової сівби

Одним з кращих виробників посівної техніки для сівби зернових культур при нульових технологіях є фірма «Morris», яка випускає сівалки «Concept 2000» і «Maxim II2», що обладнані екстирпаторними сошниками (рис. 1.14) для сівби

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						23
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

зернових і зернобобових культур смуговим способом, які при всій своїй досконалості не забезпечують суцільної сівби, яка вважається оптимальною [9, 12].

На підшві розпушувача 2 закріплений змінний ніж 8 стрілоподібної форми. До задньої стінки стійки 1 закріплена труба 9 для приєднання тукопроводу. У нижній частині зернового сошника 3 є клиноподібний наконечник, що складається з dna і кришки, що мають напівворонкоподібну форму різного радіусу і утворюють щільну порожнину. Усередині наконечника, по центру його встановлено розподільник насіння у формі двогранного клина, зверненого вершиною вгору, з робочими гранями у вигляді скатних поверхонь.

До недоліків даного сошника можна віднести: недостатнє очищення стрілоподібного клина від ґрунту та рослинних залишків; освіта ядра ущільнення ґрунту на носінні стрілоподібного клина, що негативно позначається на стійкості руху сошника по глибині, складність конструкції у виготовленні та експлуатації. Все це призведе до зниження врожайності та якості насіння сільськогосподарських культур.

Сошник сівалки-культиватора для широкосмугового посіву з сім'япроводу 1 (рис. 1.15), стійки 2, лапи культиваторної 3, вертикального ножа 4, кіля 5, розкидача насіння 6 та розподільника насіння 7 [15].

Рисунок 1.15 – Сошник сівалки культиватора

До недоліків даного сошника можна віднести: постійне виявлення з ґрунту вертикального ножа з тупим кутом входження в ґрунт, який захоплює за собою

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						24
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сошник, що веде до постійного коливання глибини ходу сошника, та випадку насіння на поверхню ґрунту; складність конструкції у виготовленні та експлуатації.

Далекосхідним науково-дослідним та проектно-технологічним інститутом механізації та електрифікації сільського господарства був запропонований сошник стерневої сівалки, що містить трубчастий сем'ятопровід 1 (рис. 1.16), культиваторну стійку 2, виконану у формі розпушувального зуба, до задньої сторони якої кріпиться стрілчаста лапа 3 таким чином, щоб нижній обріз стійки 2 знаходився у площині різання стрілчастої лапи 3.

1 – сем'ятопровід; 2 – стійка; 3 – стрілчаста лапа.

Рисунок 1.16 – Сошник стерневої сівалки

Недоліками даного сошника є: залипання сошника ґрунтом, через утворення ядра ущільнення ґрунту на носінні розпушувального зуба, який при збільшенні розмірів переходить на крила стрілчастої лапи, внаслідок чого сошник втрачає стійкість ходу по глибині, при цьому погіршується якість розподілу насіння по глибині та підвищується тягове опір; неможливість здійснення підґрунтового розкидного посіву через відсутність розподільника насіння; недостатній сход пожнивних залишків та бур'янів з розпушувального зуба. Усі перелічені недоліки ведуть до зниження врожайності зернових культур [14, 15].

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						25
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 1.17 – Сошники з гострим кутом входження

Сошник Дует (рис. 1.18) із внесенням гранульованих добрив із блоком MultiGrip – комбінований робочий орган для одночасного посіву та внесення добрив [15, 18].

Рисунок 1.18 – Сошник Дует із блоком MultiGrip

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Сошник Duett (рис. 1.19) для посіву з одночасним внесенням рідкого добрива для Sprinter ST [15].

Рисунок 1.19 – Сошник Duett для Sprinter ST

Одним із прикладів такої групи є конструкція сошника сівалки «Cross Slot™» [1, 54, 55], що зображена на рис. 1.20, В її основі знаходиться плоский вертикальний диск (суцільний або перфорований), призначений для прорізання під час руху ґрунту і рослинних решток та по боках крила. Під одне крило висівається насіння, а під інше – добрива [18].

Рисунок 1.20 – Сошник Cross Slot™

Перевагами цього сошника є ефективне розподілення насіння та добрив усередині борозни, збереження форми борозни перевернутої букви «Т» при зміні швидкості, забезпечення стабільної глибини посіву та гарне повторення рельєфу поля. поверхню поля. Недоліком є те, що заглиблення плуга вимагає великих зусиль і дорожче у виготовленні. Загалом існує декілька конструктивних рішень

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

сошників для різних умов обробітку та посіву. Однак, як показує огляд наукових праць, борозенки ефективно функціонують лише в рамках встановлених агротехнічних вимог на попередньо підготовлених до посіву полях. Як показує світова практика, прями́й посів потребує нових конструктивних рішень і вдосконалення працюючих установ. Насправді, для того, щоб насіння було правильно внесено в борозну, необхідно забезпечити, щоб сошник міг проникати в необроблені поля з кореневими залишками та стернею минулого врожаю [18].

Метою досліджень стало підвищення якості посіву зернових культур сівалкою-культиватором з розробкою комбінованого сошника, що дозволяє знизити тяговий опір сошника і підвищити рівномірність розподілу насіння по глибині та площі розсіву.

Відповідно до поставленої мети були сформульовані такі завдання:

1. Провести аналіз сучасного стану питання механізації посіву зернових культур та виявити недоліки існуючих конструкцій сошників сівалок-культиваторів.
2. Вивчити фізико-механічні властивості ґрунту, необхідні для розробки комбінованого сошника сівалки-культиватора.
3. Теоретично досліджувати технологічний процес роботи комбінованого сошника сівалки-культиватора.
4. Виконати лабораторні дослідження щодо визначення конструктивних параметрів комбінованого сошника сівалки-культиватора
5. Розробити та виготовити дослідний зразок сівалки-культиватора з комбінованими сошниками та досліджувати її в лабораторно-польових та польових умов.
6. Визначити економічну ефективність застосування сівалки-культиватора з комбінованими сошниками.

1.4 Висновки до розділу 1

1. Розробка конструкцій зернових сівалок, посівних агрегатів та комплексів йде за напрямом створення агрегатів, що здійснюють під-ґрунтово-розкидний посів,

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						28
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

так як він дозволяє оптимально використовувати площа живлення рослинами, покращити умови їх проростання, скоротити терміни посіву та знизити витрати праці та енергії.

2. Ефективність використання конструкцій сошників для відпочвенно-разбросного посіву насіння сільськогосподарських культур у більшій ступеня визначається зниженням тягового опору робочих органів ґрунті з одночасним підвищенням якості посіву.

3. Існуючі конструкції бороздоутворювачів не повною мірою забезпечують якість роботи сівалок, найчастіше мають підвищену тягову. опір, що значно збільшує витрати на виробництво продукції та знижує врожайність. Підвищити рівномірність розподілу насіння по глибині розсіву можливе при використанні розпушувальних зубів (бороздоутворювачів) з гострим кутом входження в ґрунт.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ПРОЦЕСУ РОБОТИ КОМБІНОВАНОГО СОШНИКУ СІВЛКИ-КУЛЬТИВАТОРА

2.1 Вибір об'єкта дослідження

З метою зниження тягового опору агрегатів та отримання більш рівномірних посівів вітчизняними та зарубіжними вченими було створено велику кількість сошників сівалок-культиваторів. В свою чергу аналіз якісних та кількісних показників їх роботи дозволяє стверджувати, що велика різноманітність їх конструкцій не є показником досконалості, а навпаки результатом недостатньої повноти їх вивчення. З вищесказаного випливає, що робота, що проводиться у напрямку підвищення якісних показників посіву залишається актуальною [15, 18].

Для зниження тягового опору сівалки-культиватора та підвищення рівномірності розподілу насіння нами пропонується конструкція комбінованого сошника сівалки-культиватора (рис. 2.1).

Рисунок 2.1 – Комбінований сошник сівалки-культиватора

Комбінований сошник сівалки-культиватора містить стійку 3 (рис. 2.1) з розпушальним зубом 1, семятукопровод 4 і стрілчасту лапу 8. Розпушувальний зуб

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1 закріплений попереду носка стрілкової лапи 8 сошника з допомогою кронштейна 2, встановленого на стійці 3, при цьому площині різання розпушувального зуба 1 і стрілкової лапи 8 збігаються. Стрілчаста лапа 8 сошника кріпиться до основи стійки 3 сошника за допомогою гвинта кріплення 7 та підосви 6, в задній частині якої закріплений розподільник насіння 5, дві бічних та одна задня поверхні розподільника 5 виконані у вигляді полінома п'ятого ступеня. Ребро, утворене бічними поверхнями розподільника насіння виконано з радіусом заокруглення для зменшення травмованості насіння.

Технологічний процес роботи комбінованого сошника сівалки- культиватора протікає в такий спосіб. При русі комбінованого сошника, розпушувальний зуб 1, входить у стерневий шар ґрунту, розрізає його, утворюючи щілину і розпушує ґрунт. Під час руху відбувається процес постійного формування ядра ущільнення ґрунту на носінні розпушувального зуба 1, але ядро ущільнення ґрунту на носінні стрілкової лапи 8 комбінованого сошника не отримує свого розвитку і постійно руйнується, силу чого створюються найкращі умови для стійкості комбінованого ходу сошника по глибині, тому що виключається утворення ядра ущільнення ґрунту на носінні стрілкової лапи 8. Ґрунт та рослинні залишки проходячи по передній робочій грані розпушувального зуба 1 піднімаються і, продовжуючи ковзати по поверхні розпушувального зуба 1 падають на поверхню поля. Стрілчаста лапа 8 підрізає коріння рослин, виробляючи розпушування ґрунту та знищення бур'янів, а підосва 6 вирівнює дно борозни, утворюючи рівне, ущільнене ложе для насіння. У той же час, насіння від сім'явісівного апарату через сім'япровід 4 надходять на бічні та задню поверхні розподільника насіння 5 і укладаються на дні борозни при цьому насіння, що потрапило на бічні поверхні розподільника насіння 5 рівномірно розподіляються по дну борозни праворуч і зліва від поздовжньо-вертикальної площини симетрії комбінованого сошника на всю ширину захоплення стрілкової лапи 8, а насіння потрапили на задню поверхню розподільника насіння 5 розподіляються в задній частині підлапового простору і частково з боків, що забезпечує найкращу рівномірність розподілу насіння за площею розсіву з використанням максимальної ширини захоплення стрілкової лапи 8 та створення

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

кращих умов для проростання насіння та розвитку рослин, що веде до збільшення врожайності сільськогосподарських культур. Шар, що сходиться зі стрілкою лапи ґрунту накриває висіане насіння.

Оскільки комбінований сошник сівалки-культиватора даної конструкції при сівбі застосовано вперше, то завданням теоретичних досліджень з'явилося дослідження взаємодії його конструктивних параметрів та ґрунту.

2.2 Обґрунтування конструктивних параметрів комбінованого сошника сівалки-культиватора

2.2.1 Обґрунтування ширини розпушувального зуба

Як відомо О.М. Зенін встановив, що при різанні пов'язаних та пластичних ґрунтів перед різальним профілем утворюється ущільнене ядро з оброблюваного матеріалу і надалі різання здійснюється не лезом, а цим ядром [18, 19]. Необхідна ширина леза визначається хордою занурення ядра ущільнення, яка дорівнює:

$$\delta = 2 \cdot r \cdot \sin \varphi, \quad (2.1)$$

де r – радіус кривизни ядра ущільнення ґрунту лезом розпушувального зуба, м;

φ – кут тертя ґрунту по сталі, град.

Знайдемо зв'язок між шириною розпушувального зуба та радіусом кривизни ядра ущільнення ґрунту лезом розпушувального зуба, навіщо розглянемо рисунок

2.2. Ширина розпушувального зуба буде складати:

$$b = AC + CK + KB = CK + 2AC.$$

Слід зазначити, що величина $CK = DE = \delta$, тоді:

$$b = \delta + 2AC. \quad (2.2)$$

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 2.2 – Елементи розпушувального зуба

Величина AC визначиться із трикутника ACD :

$$AC = AD \cdot \sin \gamma_1 = l_n \cdot \sin \gamma_1, \quad (2.3)$$

де l_n – довжина леза, м;

γ_1 – кут розчину леза, град.

Підставляючи формули 2.1 і 2.3 залежність 2.2 ширини розпушувального зуба, отримаємо:

$$b = 2r \cdot \sin \varphi + 2l_n \cdot \sin \gamma_1 = 2(r \cdot \sin \varphi + l_n \cdot \sin \gamma_1). \quad (2.4)$$

Таким чином, остання формула показує зв'язок між шириною розпушувального зуба b і радіусом кривизни ядра ущільнення ґрунту лезом розпушувального зуба r . Розрахунками встановлено, що при гострому, незношеному леза, ширина розпушувального зуба має бути 2 см.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2.2.2 Обґрунтування ширини зони поширення деформації ґрунту розпушувальним зубом

Розглянемо роботу розпушувального зуба. При русі розпушувального зуба на певній глибині, сколювання ґрунту відбуватиметься у напрямку дії рівнодіючої сили R , розташованої під кутом $(\xi_1 + \varphi)$, тобто за напрямком $n \cdot t$ (рис. 2.3) зони деформації [19, 20].

Рисунок 2.3 – До визначення зони деформації ґрунту розпушувальним зубом

Для визначення дійсної величини ширини зони поширення деформації у ґрунті від розпушувального зуба, проведемо січну площину по лінії напрямку дії рівнодіючої сили R і повернемо цю площину на кут $\pi/2$. Слід зазначити, що величина цієї зони контакту робочого органу з ґрунтом, що поширюється не тільки вперед, а й у сторони. З боків вона обмежується площинами, складовими з напрямком nt кут. Так як глибина обробки розпушувальним зубом відносно невелика і не досягає критичної величини, то розпушування ґрунту починається з дна борозни і поширюється у напрямок дії сили R під кутом деформації ґрунту θ . Тоді величина ширини зони поширення деформації ґрунту дорівнюватиме відрізку OP :

$$b_{д.н.} = OP = OR + RS + SP. \quad (2.5)$$

У виразі (2.5) величина RS і є ширина розпушувального зуба, а величина $OR = SP$. Отже, необхідно визначити величину цього відрізка, яка залежить від глибини обробки ґрунту та кута деформації ґрунту θ .

Розглядаючи трикутник ORQ величина OR дорівнюватиме:

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						34
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$OR = RQ \cdot \operatorname{tg} \theta / 2, \quad (2.6)$$

де $\operatorname{tg} \theta$ – кут деформації ґрунту борозноутворюючого робочого органу, град.

У цьому вираз відрізок RQ дорівнює $m \cdot n$, величину якого визначили із трикутника $m \cdot n \cdot k$. Тоді пункт дорівнює:

$$mm = RQ \cdot \operatorname{tg} \theta / 2. \quad (2.7)$$

Значення відрізка OR знайдемо підставивши формулу 2.7 до 2.6:

$$OR = \frac{a \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\cos(\xi_1 + \varphi)}, \quad (2.8)$$

де a – глибина обробки ґрунту, м.

Якщо вираз 2.8 та 2.4 підставити у формулу 2.5, враховуючи, що $b = RS$, отримаємо залежність величини зони поширення деформації від величини ядра ущільнення ґрунту на розпушувальному зубі:

$$b_{Д.Н.} = \frac{2a \cdot \operatorname{tg} \frac{\theta}{2}}{\cos(\xi_1 + \varphi)} + 2r \cdot \sin \varphi + 2l_{л} \sin \gamma_1 \quad (2.9)$$

За виразом (2.9) можна визначити ширину зони поширення деформації ґрунту $b_{Д.Н.}$ залежно від величини ядра ущільнення ґрунту на розпушувальному зубі. Так при глибині обробки 6 см та гострому лезі зона деформації становитиме 0,15 м.

2.3 Висновки до розділу 2

За результатами теоретичних досліджень, можна зробити такі висновки:

1. Одним із шляхів зниження тягового опору сошників сівалок-культиваторів є застосування комбінованого сошника, що є стійкою з розпушальним зубом, семятукопроводом і стрілчастою лапою, причому розпушувальний зуб закріплений попереду носка стрілчастої лапи, а площини різання розпушувального зуба та стрілчастої лапи збігаються.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

2. Теоретичними дослідженнями встановлено аналітичні залежності для визначення: ширини розпушувального зуба (вираз 2.4); ширини зони деформації ґрунту розпушальним зубом (вираз 2.9).

3. Застосування комбінованого сошника з розпушальним зубом шириною 0,02 м, встановленому на відстань від шкарпетки стрілкової лапи до шкарпетки розпушувального зуба 0,07 м і глибині обробки 0,06 м дозволить знизити тяговий опір комбінованого сошника з 1,18 до 1,13 кН.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

З МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ КОМБІНОВАНОГО СОШНИКУ СІВАЛКИ-КУЛЬТИВАТОРА

3.1 Програма досліджень

Відповідно до поставлених завдань було розроблено програму лабораторних досліджень комбінованого сошника сівалки-культиватора, яка включала:

- дослідження щодо обґрунтування оптимальних конструктивних параметрів комбінованого сошника;
- дослідження щодо визначення впливу швидкості руху комбінованого сошника на його тяговий опір;
- дослідження щодо визначення впливу глибини ходу комбінованого сошника на його тяговий опір;
- дослідження з обґрунтування оптимального типу розподільника насіння комбінованого сошника сівалки-культиватора.

3.2 Методика проведення лабораторних досліджень щодо визначення тягового опору комбінованого сошника сівалки-культиватора

Енергетичні показники роботи комбінованого сошника сівалки культиватора є основними для вирішення задач машинобудування та використання машин, а саме: економії матеріалів, покращення технологічного процесу, зменшення зносу деталей та витрати енергії під час експлуатації. Визначення опору переміщенню робочих органів у ґрунті регламентується згідно з ОСТ 10 2.3-2002 «Випробування сільськогосподарської техніки. Асинхронний електропривод. Методи оцінки» [21]. Дослідження щодо визначення тягового опору комбінованого сошника сівалки-культиватора проводились на лабораторній установці (рис. 3.1, 3.2), що являє собою ґрунтовий канал 4 з приводним візком 9 і навішуванням 10. На навішування 10 приводного візка 9 монтується комбінований сошник 14 сівалки-культиватора з експериментальним розпушувальним зубом, таким чином, щоб глибина ходу в

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						37
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

грунті 15 становила 6 см. Рух приводного візка 9 здійснюється за допомогою мотор-редуктора 5 за допомогою ланцюгової передачі 3 системи поліспаств 1 і гнучкого троса 2. Увімкнення та відключення установки проводиться з пульта управління 16 оператором. Тягове зусилля вимірюють за допомогою вимірювального пристрої 19 встановленого на столі 18 шляхом вимірювання сили струму в ланцюзі. Вимірювальний пристрій 19 являє собою комп'ютер до якого під'єднано мультиметр M9803R, при цьому на комп'ютері встановлено програма DMM VIEW Version 2. Перед початком дослідів було проведено тарування приладу (додаток В 1), для зручності перекладу показань сили струму мультиметром на зусилля на переміщення сошника. Корисну величину сили струму I_C обчислювали за такою формулою:

$$I_C = I_{раб} - I_{xx}, \quad (3.1)$$

де $I_{раб}$ – сила струму робочого ходу, Н;

I_{xx} – сила струму холостого ходу, Н.

Між гнучким тросом 2 і приводним візком 9 встановлювали динамометр, а за приводним візком закріплювалася спеціальна платформа, що волочиться по грунті 15 і в залежності від того яке навантаження необхідно створити, довантажували платформу вантажами. Величину тягового опору контролювали на динамометрі.

При робочому русі комбінованого сошника, розпушувальний зуб, врізаючись у пласт ґрунту, утворює первинну борозну, створюючи сприятливі умови для ходу стійки та носіння стрілкової лапи, при цьому створюється навантаження на електродвигуні та вимірювальне обладнання показує і фіксує зміну сили струму ланцюга. Корисне навантаження на електродвигуні визначаємо за формулою:

$$R_C = R_{раб} - R_{xx}, \quad (3.2)$$

де $R_{раб}$ – навантаження робочого ходу, Н;

R_{xx} – навантаження холостого ходу, Н.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.1 – Загальний вигляд експериментальної установки для визначення тягового опору комбінованого сошника

Рисунок 3.2 – Схема лабораторної установки для визначення тягового опору комбінованого сошника сівалки-культиватора

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						39
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 3.3 – Схема експериментальної сівалки-культиватора

Рисунок 3.4 – Сошники сівалки-культиватора

Досліди проводились у наступній послідовності: 1) з пульта управління запускався приводний візок у холостому режимі (випробуваний зразок виглиблений) і знімалися показання з вимірювального пристрою, що характеризують зусилля холостого ходу; 2) випробуваний зразок встановлювали на

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						40
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

глибину ходу 6 см; 3) з пульта управління рухали візок з випробуваним зразком та знімали показання з вимірювального пристрою; 4) визначали фактичне навантаження на електродвигун без урахування потужності витрачається на привід візка у процесі холостого ходу. Досліди проводились у п'ятикратній повторності у прямому та зворотному напрямках згідно ОСТ 10 2.2-2002.

3.3 Методика проведення та результати досліджень з обґрунтування оптимальних конструктивних параметрів комбінованого сошника сівалки-культиватора

Тяговий опір комбінованого сошника залежить від безлічі факторів. Тому лабораторні дослідження проводились із застосуванням методики планування багатофакторного експерименту. При плануванні експерименту в першу чергу вибирається критерій оптимізації, то є параметр, яким оцінюється досліджуваний об'єкт і який пов'язує фактори математичної моделі. Необхідно прагнути того, щоб критерій оптимізації був один, мав ясний фізичний зміст та кількісну оцінку [18, 21]. У нашому випадку, як критерію оптимізації було обрано тяговий опір комбінованого сошника сівалки-культиватора, яке має мати мінімальне значення.

Спочатку було вибрано 17 факторів, що впливають на тяговий опір комбінованого сошника сівалки-культиватора. За допомогою апріорного ранжирування, нами відібрано 8 основних факторів, що впливають на тяговий опір: γ_1 – кут розчину розпушувального зуба; ξ_1 – кут кришення розпушувального зуба; l_T – відстань від носіння стрілкової лапи сошника до носіння розпушувального зуба; h – висота установки розпушувального зуба; ξ_2 – кут входження лапи в ґрунт; i – потиличний кут розпушувального зуба; b – ширина розпушувального зуба; t – товщина розпушувального зуба. При дослідженнях неможливо охопити вплив усіх факторів та їх взаємодії, тому, на підставі апріорної інформації, а також виходячи з конкретних завдань досліджень, були виділені найбільш суттєві фактори, що впливають на тяговий опір комбінованого сошника, та рівні їх варіювання представлені в таблиці 3.1.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						41
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Надалі проводився експеримент, що відсіює, за результатами якого після обробки вийшла інформація про значущість кожного параметра, це дозволило виключити з подальшого розгляду малозначущі фактори та скоротити обсяг подальших досліджень. Плани проведення експериментів та методики обробки результатів докладно описані у багатьох літературних джерел [9, 18, 21]. Відповідно до ними проводилися досліди та математична обробка даних.

Таблиця 3.1 – Чинники, що впливають на тяговий опір комбінованого сошника сівалки-культиватора

Значення	Назва фактору	Рівні коливання	
		-1	+1
X ₁	γ_1 – кут розчину розпушувального зуба, град	40	60
X ₂	ξ_1 – кут кришення розпушувального зуба, град	15	35
X ₃	l_r – відстань від шкарпетки стрілкової лапи сошника до носіння розпушувального зуба, см	4	12
X ₄	h – висота установки розпушувального зуба, см	5	35
X ₅	ξ_2 – кут входження лапи в ґрунт, град	2	8
X ₆	i – потиличний кут розпушувального зуба, град	0	8
X ₇	b – ширина розпушувального зуба, см	1,5	2,5
X ₈	t – товщина розпушувального зуба, см	2	2,5

Для проведення експерименту, що відсіює, становили матрицю з враховуючи спочатку виділені фактори (таблиця 3.2) шляхом випадкового змішування двох напівреплік типу 2^{4-1} . План експерименту був рандомізований за допомогою таблиць випадкових чисел.

Таблиця 3.2 – Матриця і результати експерименту, що відсіває

№ досліджу	Чинники								Параметр оптимізації Y
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	
1	-	-	-	-	-	-	-	-	1,19
2	-	-	-	-	-	-	-	-	1,26
3	+	+	+	+	+	+	+	+	1,39
4	-	-	-	-	-	-	-	-	1,29
5	+	+	+	+	+	+	+	+	1,33
6	+	+	+	+	+	+	+	+	1,32
7	+	+	+	+	+	+	+	+	1,28
8	-	-	-	-	-	-	-	-	1,38
9	-	-	-	-	-	-	-	-	1,27
10	+	+	+	+	+	+	+	+	1,26

Потім проводилася перевірка відтворюваності планів шляхом перевірки гіпотези однорідності дисперсій Табличне значення $G_{таб}$ критерію Кохрена при 5%-

му рівні значимості для $n - 1 = 2$ і $N = 10$ дорівнює 0,445, досвідчене значення G_{OP} визначається за формулою [19]:

$$G_{OP} = \frac{S_{\max}^2}{S_1^2 + S_2^2 + \dots + S_n^2} \quad (3.3)$$

Вплив факторів оцінювали по різниці медіан значень досвідчених даних верхніх і нижніх рівнів факторів і за кількістю точок, що виділяються [19]. На основі цих ознак на першому етапі виділено фактори X_1 та X_2 , для оцінки ефектів яких використовували таблицю 3.3.

Таблиця 3.3 – Таблиця для оцінки ефектів фактору X_1 та X_2

Досліджуваний чинник	$+X_1$	$-X_1$
$+X_2$	1,39	1,38
	1,33	1,27
	1,28	-
	$\sum Y_i = 4,00$	$\sum Y_i = 2,65$
	$Y_1 = 1,333$	$Y_2 = 1,325$
$-X_2$	1,32	1,19
	1,26	1,26
	-	1,29
	$\sum Y_i = 2,58$	$\sum Y_i = 3,74$
	$Y_3 = 1,290$	$Y_4 = 1,256$

Після визначення ефектів факторів ($Ex_1 = 0,021$; $Ex_2 = 0,056$) перевіряли їх значимість за t -критерієм (табл. 3.4).

Таблиця 3.4 – Таблиця для розрахунків t -критерію

№	$\sum Y_i$	$(\sum Y_i)^2$	$(\sum Y_i)^2$	n_i	$S_R^2 = \frac{\sum Y_i^2}{n_i - 1} - \frac{(\sum Y_i)^2}{n_i(n_i - 1)}$	$\frac{S_R^2}{n_1}$
1	4,00	16,0000	5,3394	3	0,00303	0,00101
2	2,65	7,0225	3,5173	2	0,00605	0,003025
3	2,58	6,6564	3,3300	2	0,00180	0,00090
4	3,74	13,9876	4,6678	3	0,00263	0,00087

При значущості фактора розрахункове значення t -критерію ($t_{x_1} = 1,4125$; $t_{x_2} = 2,6438$) має бути більше табличного. Порівнюючи розрахункові значення t -критерію з табличними можна зробити висновок, фактор X_1 , (« α_1 - кут розчину розпушувального зуба») виявився значим з ймовірністю менше 0,90, а фактор X_2 (« ξ - кут кришення розпушувального зуба») - з ймовірністю 0,95.

Надалі проводили коригування результатів відсіювання експерименту. За скоригованими результатами параметра оптимізації (стовпець Y таблиці 3.2) будували другу діаграму розсіювання, аналіз якої дозволив виділити два фактори X_3 («відстань від носка стрілкової лапи сошника до носка розпушувального зуба») та X_4 («висота установки розпушувального зуба» зуба бороздоутворюючого робочого органу). Значимість цих факторів оцінювали аналогічно факторам X_1 та X_2 . В результаті розрахунків отримали:

$$E_{x_3} = -0,96; E_{x_4} = -0,87; t_{x_3} = -1,98; t_{x_4} = 2,15.$$

Отже, фактори X_4 і X_3 , значимі з ймовірністю 0,9.

Оцінку значущості ефектів парних взаємодій проводили подібно оцінці ефектів окремих факторів [21]. Одночасно на кожному етапі проводили статистичний аналіз скоригованих результатів спостережень, у результаті виявлялася необхідність подальшого виділення істотних чинників. У разі, якщо розрахункове значення критерію Фішера виявиться менше табличного відсіювання факторів та їх взаємодій можна припинити.

Розрахункове значення F_p -критерію Фішера визначається за формулою:

$$F_p = \frac{S_{AD}^2}{S_y^2}, \quad (3.4)$$

де S_{AD} – дисперсія адекватності;

S_y – дисперсія спостережуваного параметра оптимізації, причому $S_{AD}^2 > S_y^2$;

Після другого коригування отримали, що розрахункове значення F -критерію дорівнює 2,14, а табличне значення при 5%-му рівні значимості і числа ступенів свободи $f_1 = 10$ і $f_2 = 9$ дорівнює – $F_T = 3,02$. Отже, можна вважати, що це значні чинники виділено. На цьому виділенні факторів було закінчено, а результати відсіювання зведено до таблиці 3.5.

За результатами коригування експериментальних даних будували точкову діаграму розподілу значень параметра оптимізації.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 3.5 – Результати оцінки ефекту виділених факторів

Етапи	Виділені фактори	Значення факторів	Розрахункове значення <i>t</i> -критерія
По вихідним даним	X_2	0,056	2,6438 ^x
Після першої коригування	X_3	0,050	-2,03 ^{xx}
	X_4	0,052	-2,31 ^{xx}

X – значущий з 95%-ної ймовірністю;
 XX – значущий з 90%-ної ймовірністю;
 XXX – значимо з ймовірністю менше 90% (незначний фактор).

При експериментах, що відсівають, передбачається, що поверхня відгуку описується лінійною моделлю виду:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + \dots + b_{n-1}x_{n-1} + d, \quad (3.5)$$

де b_0, b_1, b_{n-1} – коефіцієнти регресії за виділених лінійних членах;

n – загальна кількість лінійних факторів;

l – кількість ефектів відсіювання;

d – складова відгуку, віднесена до шумового поля разом із помилкою досвіду.

Таким чином, отримали лінійне рівняння, що описує поверхню відгуку тягового опору комбінованого сошника:

$$Y = 1,1762 + 0,0353X_1 - 0,0294X_2 + 1,53394X_3. \quad (3.6)$$

Проводили перевірку адекватності моделі за F -критерієм Фішера, для цього визначали дисперсію адекватності S_{AD}^2 .

Статистична оцінка результатів показала на невідповідність отриманої обчислення моделі до експериментальної, так як розрахунковий критерій Фішера дорівнює $F_p = 25,4$, тобто виявився більшим за табличний, який становить $F_T = 4,4$. Отже, апроксимувати поверхню відгуку повністю не представляється можливим і в цьому випадку необхідно перейти до планів другого порядку.

З метою опису поверхні відгуку рівнянням другого порядку використовували центральне композиційне ортогональне планування другого порядку, яке відрізняється простотою та зручністю розрахунків, а так А дозволяє проводити мінімальну кількість дослідів [5, 9].

На підставі результатів експерименту, що відсіює, були обрані основні рівні варіювання виділених факторів (табл. 3.6).

Для отримання математичної моделі визначення тягового опору сошника ґрунті у вигляді полінома другого ступеня реалізували ортогональний композиційний план, матриця планування якого наведена в табл. 3.7. Загальна кількість дослідів N залежить від числа факторів k і визначається за виразом $N=2^k+2\cdot k+n$. Величини «зоряного плеча» α та число дослідів n_0 в центр плану вибирають залежно від прийнятого критерію оптимальності. Значення «зоряного» плеча за числі чинників $k = 3$ і дорівнює $\alpha = 1,215$.

Таблиця 3.6 – Інтервали та рівні варіювання

Показники	Кодоване значення	Чинники та їх значення		
		ξ_l – кут кришення розпушуючого зуба, град.	l_r – відстань від кінця стрілчастої лапи сошника до кінця розпушувального зуба, см.	h – висота встановлення розпушувального зуба
		X_1	X_2	X_3
Верхній рівень	+1	40	12	35
Основний рівень	0	30	8	20
Нижній рівень	-1	20	4	5
Зоряні крапки	1,215	42,15	12,86	38,225
	-1,215	17,85	3,14	1,775
Інтервал варіювання	-	10	4	15

При отриманні адекватної математичної моделі другого порядку, необхідно визначити координати оптимуму та вивчити властивості поверхні на околицях оптимуму. Для цього робили канонічні перетворення одержаних математичних моделей.

При канонічному перетворенні рівнянь виконуємо перенесення початку координат в нову точку S і поворот старих осей на деякий кут факторному просторі. Щоб здійснити перенесення початку координат у особливу точку поверхні відгуку, диференціюємо функцію відгуку по кожній змінній та, прирівнявши до нуля приватні похідні, вирішуємо отриману систему рівнянь, тобто, знаходимо значення факторів, що оптимізують величину критерію оптимізації.

Після канонічного перетворення та визначення виду поверхні відгуку, проводимо її аналіз за допомогою двомірних перерізів. Для цього, надаючи різні значення критерію оптимізації в канонічному рівнянні, будуюмо серію кривих

рівного виходу (ізоліній), в області допустимих значень варіювання незалежних змінних Розгляд двовимірних перерізів дає наочне уявлення про значення критерію оптимізації, які він приймає при варіюванні рівнів кожної пари факторів.

Таблиця 3.7 – Матриця планування експериментів та результатів дослідів

№ п/п	X_0	X_1	X_2	X_3	$X_1 X_2$	$X_2 X_3$	$X_1 X_3$	$X_1^2 - 0,73$	$X_2^2 - 0,73$	$X_3^2 - 0,73$	Y
1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	1,39
2	+1	-1	+1	+1	+1	+1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	1,38
3	+1	+1	-1	+1	+1	-1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	1,37
4	+1	-1	-1	+1	0	-1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	1,36
5	+1	+1	+1	-1	0	-1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	1,28
6	+1	-1	+1	-1	0	-1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	1,25
7	+1	+1	-1	-1	-1	+1	-1	+0,27	+0,27	+0,27	1,32
8	+1	-1	-1	-1	-1	+1	+1	+0,27	+0,27	+0,27	1,39
9	+1	+1,215	0	0	0	0	0	+0,746	-0,73	-0,73	1,28
10	+1	-1,215	0	0	0	0	0	+0,746	-0,73	-0,73	1,24
11	+1	0	+1,215	0	0	0	0	-0,73	+0,746	-0,73	1,28
12	+1	0	-1,215	+1	0	0	0	-0,73	+0,746	-0,73	1,25
13	+1	0	0	+1,215	0	0	0	-0,73	-0,73	+0,746	1,29
14	+1	0	0	-1,215	0	0	0	-0,73	-0,73	+0,746	1,25
15	+1	0	0	0	0	0	0	-0,73	-0,73	-0,73	1,14

Після обробки результатів багатфакторного експерименту використовуючи програму Statistika 6.0 отримали адекватну математичну модель другого порядку, що описує залежність $R_C = f(\xi_1, h, l_r)$ у закодованому вигляді:

$$Y = 1,168309 + 0,002611 \cdot x_1 - 0,009455 \cdot x_2 + 176 \cdot x_3 + 0,055819 \cdot x_1^2 + 0,059206 \cdot x_2^2 + 0,062593 \cdot x_3^2 + 0,012500 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,007500 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,027500 \cdot x_2 \cdot x_3. \quad (3.7)$$

Після отримання значень факторів, вивчаємо поверхні відгуку в зоні оптимальних значень факторів за допомогою способу двовимірних перерізів Прирівнюючи до нуля один із факторів підставляємо його на рівняння 3.7. Оптимальні значення параметрів (ξ_1, h, l_r) представлені в таблиці 3.8.

Поверхні відгуку вивчали за допомогою двовимірних перерізів з використанням програми Statistika Version 6.

Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує залежність тягового опору комбінованого сошника від кута кришення розпушувального зуба та

горизонтального відстань від носка розпушувального зуба до носіння стрілкової лапи представлено рис. 3.5.

Таблиця 3.8 – Оптимальні значення досліджуваних факторів

№ п/п	Досліджувані фактори	Оптимальні значення факторів	
		У закодованому вигляді	У розкодованому вигляді
1	ζ_l – кут кришення, град	-0,03260	29,674
2	l_r – відстань від носка розпушувального зуба до шкарпетки стрілкової лапи сошника, см	0,08320	8,333
3	h – висота установки розпушувального зуба, см	-0,25406	16,1891

Координати центру поверхні відгуку в закодованому вигляді матимуть значення $x_1 = -0,03260$, $x_2 = 0,08232$ (відповідно після розкодування $\zeta = 29,674$ град; $l_r = 8,333$ см).

Рисунок 3.5 – Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує залежність величини тягового опору комбінованого сошника від кута кришення розпушувального зуба та відстані між носком стрілкової лапи сошника та носком розпушувального зуба

Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує залежність тягового опору сошника від кута кришення розпушувального зуба та висоти закріплення розпушувального зуба представлено на рис. 3.6. Координати центру поверхні відгуку в закодованому вигляді $x_1 = 0,00830$ $x_3 = -0,22457$ (відповідно після розкодування $\zeta = 30,00830$ град, $h = 16,63145$ см).

Рисунок 3.6 – Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує залежність величини тягового опору комбінованого сошника від кута кришення розпушувального зуба та висоти закріплення розпушувального зуба

Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує залежність тягового опору комбінованого сошника від висоти закріплення розпушувального зуба та відстані між шкарпеткою стрілчастої лапи сошника та носком розпушувального зуба представлено рис. 3.7. Координати центру поверхні відгуку в закодованому вигляді – $x_2 = 0,02053$, $x_3 = -0,25406$ (після розкодування $l_T = 8,08212$ см, $h = 16,1891$ см).

Рисунок 3.7 – Двовимірний переріз поверхні відгуку, що характеризує залежність величини тягового опору комбінованого сошника від висоти закріплення розпушувального зуба та відстані між шкарпеткою стрілчастої лапи сошника і шкарпеткою розпушувального зуба

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						49
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

При використанні рівняння (3.7) в інженерних розрахунках зручніше уявити їх у розкодованому вигляді, з урахуванням значимості коефіцієнтів регресії його можна наступним виразом:

$$R_C = 2,170627 - 0,036731 \cdot \zeta_1 - 0,080112 \cdot l_2 - \\ - 0,014416 \cdot h + 0,000558 \cdot \zeta_1^2 + 0,000278 \cdot h^2 + 0,000313 \cdot \zeta_1 \cdot l_2 + \\ + 0,00005 \cdot \zeta_1 \cdot h + 0,000458 \cdot h \cdot l_2. \quad (3.8)$$

Аналізуючи графічне зображення двомірних перерізів (рис. 3.5), (рис. 3.6) та (рис. 3.7) можна зробити висновок, що оптимальні значення досліджуваних факторів перебувають у інтервалах: $\zeta = 28...31$ град, $l_r = 7...9$ см, $h = 14...18$ см; при цьому параметр оптимізації (R_c – тяговий опір комбінованого сошника) дорівнюватиме 1,15 кН.

3.4 Висновки до розділу 3

Лабораторні дослідження дозволили визначити конструктивні параметри комбінованого сошника сівалки-культиватора: кут кришення розпушувального зуба $\zeta_1 = 28...31$ град; висоту установки розпушувального зуба $h = 14...18$ см; відстань від носка стрілкової лапи до носка розпушувального зуба $l_r = 7...9$ см, при цьому тяговий опір комбінованого сошника не перевищуватиме 1,15 кН. Виявлено залежності тягового опору комбінованого сошника від швидкості його руху та глибини ходу. Визначено оптимальний тип розподільника насіння, робочі поверхні якого виконані у вигляді полінома п'ятого ступеня.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРЕМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Результати досліджень щодо визначення впливу швидкості руху комбінованого сошника на тяговий опір

У ході проведення досліджень щодо визначення впливу швидкості руху комбінованого сошника на тяговий опір (методика проведення описано у розділі 3.2), отримані результати (табл. 4.1), які представлені як графіка (рис. 4.1).

Таблиця 4.1 – Дані результатів визначення тягового опору комбінованого сошника від швидкості руху

Найменування показника	Значення					
	1	1,5	2	2,5	3	3,5
Швидкість руху, м/с						
Тяговий опір, кН	1,08	1,09	1,11	1,13	1,16	1,24

Апроксимація даних залежності тягового опору комбінованого сошника від швидкості руху (рис. 4.1) поліномом другий ступеня дозволила отримати наступне рівняння:

$$R_C = 0,027 \cdot v^2 - 0,066 \cdot v + 1,123, \quad (4.1)$$

де R_C – тяговий опір комбінованого сошника, кН;

v – швидкість руху комбінованого сошника, м/с.

При цьому достовірність апроксимації склала $R = 0,977$.

Рисунок 4.1 – Залежність зміни величини тягового опору комбінованого сошника від швидкості його руху

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						51
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

В результаті обробки даних досліджень щодо визначення впливу швидкості руху комбінованого сошника з його тяговий опір була виявлена залежність, що дозволяє визначити тяговий опір при швидкості руху 1,0...3,5 м/с.

4.2 Результати досліджень щодо визначення впливу глибини ходу комбінованого сошника на тяговий опір

У ході проведення даних досліджень отримано дані, що характеризують залежність тягового опору комбінованого сошника від його глибини ходу, що представлені у вигляді графіка (рис. 4.2) та таблиці 4.2.

Рисунок 4.2 – Залежність зміни тягового опору комбінованого сошника від глибини його ходу

Таблиця 4.2 – Дані результатів визначення тягового опору комбінованого сошника від глибини його перебігу

Найменування показника	Значення						
Глибина ходу, см	4	5	6	7	8	9	10
Тяговий опір, кН	0,89	0,99	0,14	1,22	1,30	1,37	1,42

Апроксимація даних поліномом другого ступеня залежності тягового опору комбінованого сошника від глибини його ходу (рисунок 4.3) дозволила отримати наступне рівняння:

$$R_C = -0,007 \cdot H^2 + 0,198 \cdot H + 0,214, \quad (4.2)$$

де R_C – тяговий опір, кН;

H – глибина ходу, см.

У цьому достовірність апроксимації становила $R^2 = 0,996$.

В результаті обробки даних досліджень щодо визначення впливу глибини обробки на тяговий опір комбінованого сошника сівалки-культиватора була виявлена залежність, що дозволяє визначити тяговий опір сошника при глибині обробки 4...10 см.

4.3 Дослідження щодо обґрунтування оптимального типу розподільника насіння комбінованого сошника

Метою проведення досліджень стало визначення оптимальної геометричної форми розподільника насіння комбінованого сошника сівалки-культиватора, при забезпеченні максимально можливої рівномірності розподілу насіння зернових культур за площею розсіву. При проведенні дослідів було обрано 5 типів розподільників насіння (додаток 2).

Випробування проводили з використанням комбінованого сошника сівалки-культиватора (рис. 4.3).

Дослідження з обґрунтування оптимального типу розподільника насіння проводилися згідно з ГОСТ 70.5.1-82 на лабораторній установці (рис. 4.4), що складається з ґрунтового каналу 4 і приводного візка 9. На приводний візок 9 монтується бункер 11 для насіння, висівний апарат 12, семяпровід 13 і випробуваний сошник 14. Для наближення експериментальних умов до реальних, сошник 14 на приводний візок 9 встановлювали таким чином, щоб нижня кромка лапи сошника 14 майже торкалася поверхні розсіву 15. Поверхня розсіву 15 являє собою липку стрічку, на яку нанесені облікові квадрати розміром 5×5 см. приводний візок 10 здійснюється за допомогою мотор-редуктор 5 за допомогою ланцюгової передачі 3 і системи поліспахів 1. Вал висівного апарату 12 катушкового типу, що приводиться в обертання від мотор-редуктора 7 і багатоступінчастого редуктора 6

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						53
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

за допомогою ланцюгових передач 8. Відключення установки проводиться з пульта керування 16.

Розподільник насіння типу А є фігурою бічні грані якої виконані по параболі увігнутістю всередину, а задня грань відсічена площиною під кутом 30° до вертикалі. Тип Б є фігурою бічні грані якої виконані по параболі увігнутістю всередину, а задня грань відсічена площиною під кутом 5° до вертикалі собою дещо опуклу площину. Розподільник насіння типу являє собою фігуру, бічні грані якої виконані по параболі увігнутістю всередину, а задня грань являє собою поверхню породжену обертанням параболі на кут 180° . Висота розподільників насіння типу А, Б, відноситься до їх ширині як 2:3.

Рисунок 4.3 – Схема лабораторної установки для випробування розподільників

Розподільник насіння типу Г у проекції на горизонтальну площину являє собою п'ятикутник, що містить два прями кути, причому бічні грані являють собою параболу усічену трохи ліворуч від осі ординат, а задня поверхня є поверхнею породжену обертанням параболі на 180° .

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						54
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розподільник насіння типу Д утворений двома бічними та однією задньою поверхнями, причому бічні поверхні утворені переміщенням двох кривих виду полінома п'ятого ступеня щодо поздовжньо-вертикальній площині симетрії сошника, $y = 0,0003 \cdot x^5 - 0,0152 \cdot x^4 + 0,2901 \cdot x^3 - 1,3966 \cdot x^2 + 2,4538 \cdot x - 0,3433$ при цьому криві види полінома п'ятого ступеня лежать у поперечно-вертикальній площині сошника і розташовані праворуч і ліворуч від поздовжньо-вертикальної площини симетрії сошника. Бічні поверхні розподільника при перетині з поздовжньо-вертикальною площиною симетрії сошника утворюють ребро розподільника насіння, при цьому задня поверхня розподільника насіння є поверхнею утворену поворотом кривої виду полінома п'ятого ступеня на кут 180° $y = 0,0003 \cdot x^5 - 0,0152 \cdot x^4 + 0,2901 \cdot x^3 - 1,3966 \cdot x^2 + 2,4538 \cdot x - 0,3433$ навколо вертикальної осі, проведеної через точку розташовану на задньому кінці ребра розподільника насіння, а задня точка ребра є вершиною задньої поверхні розподільника насіння, причому переріз горизонтальною площиною робочої поверхні розподільника насіння є прямокутником, пов'язаним з півколом, причому бічні сторони прямокутника є дотичні до півкола. Висота розподільника насіння відноситься до його ширини як 2:5, при цьому довжина ребра розподільника відноситься до загальної довжини розподільника насіння як 2:3. Ребро розподільника насіння виконане з радіусом заокруглення $r = 1...2$ мм.

Послідовність проведення дослідів така. Насінневий матеріал засипають у бункер (щонайменше 3/4 від його загального обсягу) і пускають висівного апарату, з метою заповнення його насінням. Потім закріплюють один із досліджуваних розподільників насіння у підсошниковому просторі. З пульта управління одночасно включають привід висівного апарату та візки. Насіння, надходить з бункера в сім'япровід за допомогою висівного апарату, ударяючись об розподільник насіння розташовуються на липкій стрічці, де нанесені облікові квадрати розміром 5×5 см.

За критеріями рівномірності розподілу насіння за площею розсіву були прийнято коефіцієнт варіації та відсоток облікових квадратів з числом насіння рівним нулю та одиниці.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						55
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Повторність дослідів по кожному типу розподільника насіння триразова, кількість облікових квадратів не менше 100. Досліди проводилися за норми висіву 300 кг/га, швидкості переміщення комбінованого сошника – 2,5 м/с та установці котушкового висівного апарату на висоті, що дорівнює 0,95 м.

Дані проведених експериментів, які піддалися обробці, представлені у вигляді ймовірнісних кривих розподілу насіння по площі розсіву всіх типів розподільників насіння на рис. 4.4. По осі абсцис вказано кількість насіння в облікових квадратах 5×5см, а по осі ординат – частоти їхньої появи, у відсотках. Для зручності зіставлення досвідчених та оптимальних (розрахункових) значень, коефіцієнти варіації (v), частоти появи квадратів без насіння (P_0) та частоти появи квадратів з числом насіння рівним 1 (P_1) наведені в таблиці 3.1 [15,16].

Таблиця 4.3 – Результати досліджень з обґрунтування оптимального типу розподільника насіння

Показник	Тип розподільника насіння					Оптимальне значення, при $m = 1,78$
	А	Б	В	Г	Д	
Частоти квадратів з числом насіння, 0 %	4,5	2,75	2,75	1,50	1,60	не більше 15%
Частоти квадратів з числом насіння, 1 %	13,75	19,25	15,75	15,50	30,40	не менше 28%
Частоти квадратів з числом насіння, 2 %	26,25	25,5	21,25	22,75	24,8	-
Коефіцієнт варіації, %	58,4	57,4	60,5	58,0	55,3	0

За даними таблиці 4.3 було побудовано ймовірнісні криві розподілу насіння за площею розсіву залежно від типу розподільника насіння представлене на рисунку 4.4.

Розглядаючи дані таблиці 4.3 та рисунок 4.4 можна зробити висновок, що допустима кількість порожніх квадратів забезпечують усі типи розподільників, частоти яких відповідно дорівнюють 4,5 %; 2,75 %; 2,75 %, 1,5 % та 1,6%, за максимально допустимої – 15 %. Незважаючи на це у розподільники насіння типу А, В і Г є низький показник частот квадратів з одним насінням, відповідно 13,75 %, 19,25 %) 15,75 % та 15,50 %, причому оптимальне значення має бути не менше ніж 28 %). Зі сказаного вище можна зробити висновок, що типи А, Б, В і Г не можна

вважати оптимальним. Розподільник насіння Д задовольняє вимогу за кількістю квадратів з одним насінням і мають показник рівний 30,4%).

Рисунок 4.4 – Імовірнісні криві розподілу насіння за площею посіву в залежності від типу розподільника насіння

Виходячи із значення коефіцієнта варіації найменший показник має розподільник насіння типу Д і становить – 55,3 % і частота появи порожніх квадратів становить 1,6 % за допустимого значення – 15 %, а число квадратів з одним насінням становить 30,4 %. Крім того, сумарна частота квадратів з числом насіння одне і два дорівнює 55,2 %, то є більше половини облікових квадратів знаходяться в інтервалі середнього арифметичного значення $m = 1,78$. Таким чином, для подальших досліджень доцільно використати розподільник насіння типу Д.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						57
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Рисунок 4.5 – Рівномірність заробки насіння в ґрунт

4.4 Висновки до розділу 4

1. У ході проведення лабораторних досліджень визначено фактори, що впливають на опір комбінованого сошника сівалки-культиватора.

2. Отримано рівняння регресії другого порядку (4.8), за допомогою якого визначено оптимальні значення конструктивних параметрів комбінованого сошника: кут кришення розпушувального зуба $\xi_1 = 28...31$ град; висота установки розпушувального зуба $h = 14...18$ см; відстань від носіння стрілкової лапи сошника до носка розпушувального зуба $l_2 = 7...9$ см, при цьому параметр оптимізації R_C (мінімальне значення тягового опору комбінованого сошника) становитиме 1,15 кН.

3. Виявлено залежності тягового опору комбінованого сошника від швидкості його руху (4.4) та глибини ходу (4.2).

4. Оптимальний тип розподільника насіння є розподільником насіння типу Д робочі поверхні якого виконані у вигляді полінома п'ятого ступеня, при цьому коефіцієнт варіації становить – 55,3%, частота появи порожніх квадратів становить 1,6 %, число квадратів з одним насінням становить 30,4 %. Крім того, сумарна частота квадратів з числом насіння одне і два дорівнює 55,2 %, тобто більше половини облікових квадратів перебувають у інтервалі середнього арифметичного значення $m = 1,78$.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						58
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5 ПРАКТИЧНА РЕАЛІЗАЦІЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

5.1 Охорона праці

Законодавство України про охорону праці становить систему взаємопов'язаних нормативно-правових актів, що регулюють відносини в галузі реалізації державної політики щодо правових, соціально-економічних і лікувально-професійних заходів та засобів, спрямованих на збереження здоров'я і працездатності людини в процесі праці. Правовою основою законодавства щодо охорони праці є: Конституція України (стаття 45 проголошує: «Кожен має право на відпочинок [22]. Максимальна тривалість робочого часу, мінімальна тривалість відпочинку та оплачуваної щорічної відпустки, вихідні та святкові дні, а також інші умови здійснення цього права визначаються законом»; стаття 43: «Кожен має право на належні, безпечні і здорові умови праці, на заробітну плату, не нижче визначеної законом»; стаття 50: «Кожен має право на безпечне для життя і здоров'я довкілля та на відшкодування завданої порушенням цього права шкоди»), Закони України «Про охорону праці», «Про загальнообов'язкове державне соціальне страхування від нещасних випадків на виробництві та професійного захворювання, які спричинили втрату працездатності», «Про охорону здоров'я», «Про пожежну безпеку», «Про забезпечення санітарного та епідеміологічного благополуччя населення», «Про використання ядерної енергії та радіаційний захист», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про колективні договори і угоди», «Про дорожній рух», «Про поводження з радіоактивними відходами», Кодекс законів про працю України (КЗпП). Положення вказаних законів конкретизуються у відповідних правилах, стандартах, нормах, положеннях, інструкціях та інших нормативно-правових актах, перелік яких наведений в «Державному реєстрі нормативних актів з охорони праці» [22].

Перед початком експлуатації.

Перед початком проведення робіт за допомогою культиватора важливо знати, що недостатнє дотримання правил техніки безпеки часто стає причиною отримання

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						59
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

серйозних травм або каліцтв. Тому, будь ласка, уважно ознайомтеся з інструкцією, що додається до агрегату, і переконайтеся в тому, що Ви здатні виконати всі вказівки.

Після прочитання, перш ніж приступити до експлуатації даного агрегату, необхідно підготувати територію, прибравши з неї всі сторонні предмети. Обов'язково перевірити, чи немає в зоні майбутнього проведення робіт сторонніх осіб, особливо дітей або тварин. Також потрібно оглянути сам культиватор на наявність пошкоджень (відколів, тріщин), при необхідності підтягнути гайки [23].

В процесі експлуатації.

Усілякі спроби або старання підвищити продуктивність агрегату, копаючи занадто глибоко на високій швидкості, в кінці кінців, загрожують втратою управління, виходом фрез з борозни і отриманням дуже серйозних травм. З тих же причин варто бути акуратним під час руху назад або по слизькій поверхні.

Особливу увагу слід приділяти процесу викопування твердого ґрунту. Якщо фреза в ньому застрягне, вона відразу ж потягне за собою і культиватор вперед. В цьому випадку рекомендується негайно відпустити рукоятку і не намагатися її втримати.

Якщо в рухомі частини потрапляє який-небудь об'єкт, то, перш ніж оглянути агрегат на наявність механічних пошкоджень, необхідно не тільки повністю заглушити двигун, а ще й відключити від свічки запалювання високовольтний провід, з метою попередження випадкового запуску.

Ті ж дії слід зробити і при несподіваному виникненні вібрацій в двигуні. Перш ніж приступити до усунення неполадок або очищення поверхні агрегату після закінчення робіт, важливо переконатися, що обертові частини зупинені.

«Строго заборонено доливати бензин або пробувати відремонтувати двигун під час роботи культиватора. Пам'ятайте, що бензин, як і будь-яке інше паливо – легко запалюється!»

Основні правила по зберіганню культиватора.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						60
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Після закінчення використання, як сам агрегат, так і додаткове обладнання необхідно очистити від налиплого бруду і залишків землі, зробити огляд на предмет наявності механічних пошкоджень, підтягнути штифти, кріпильні болти, в тому числі і розташовані на самому двигуні [23].

Паливо.

Якщо Ви не плануєте використовувати культиватор протягом тривалого терміну (від 30 днів і більше), то бензин необхідно злити, після чого повністю спустошити паливну систему, потім запустити пристрій і дати йому попрацювати до повного спалювання залишків в карбюраторі. Це необхідно зробити, тому що паливо, що містить етанол або метанол, має властивість сильно притягувати вологу, що з часом призведе до повного окислювання бензобака. У наступному сезоні паливо необхідно використовувати вже свіже.

Встановлювати агрегат на тривалий термін зберігання необхідно безпечній відстані від можливих джерел загоряння, до числа яких слід віднести: водонагрівачі, праски, радіатори і т.п. Крім цього попередньо необхідно переконатися, що двигун охолонув, а бак порожній [23].

Деякі компанії – виробники рекомендують використовувати під час зберігання паливний стабілізатор щоб уникнути появи опадів на стінках бака. Він додається безпосередньо в бензин в строго певних пропорціях, зазначених на упаковці, що цікаво, при цьому культиватор вже не потребує спустошенні паливної системи і карбюратора.

Масло так само, як і бензин, необхідно зливати безпосередньо перед консервацією. Після цього слід заливати свіже, але вже при теплом двигуні (на відміну від очищення паливної системи). Після від'єднання високовольтного проводу, витягнувши свічку запалювання, необхідно залити в отвір для неї масло. Потім розподілити його рівномірно, для чого кілька разів потягнути стартер. Виконавши вищевказані дії, можна вставити нову свічку запалювання і залишити культиватор в спокої до наступного застосування.

Техніка.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						61
Зм.	Арк.	№ док.ум.	Підпис	Дата		

Сам агрегат, переважно зберігати в закритому приміщенні, подалі від джерел тепла. Якщо ж такої можливості немає, то культиватор необхідно накрити спеціальним матеріалом, що не перешкоджає повітрообміну, але відштовхуючим вологу (природно, попередньо переконавшись, що вихлопна труба і двигун повністю охололи).

5.2 Екологічна експертиза

Під впливом господарської діяльності людства в неосфері відбуваються незворотні процеси, пов'язані з гіперконцентрацією виробництва, істотними змінами характеру землекористування. Вплив господарської діяльності на природне середовище останнім часом вражає своїми масштабами [24]. Його інтенсифікація, спеціалізація і концентрація приводить до появи небажаних процесів, які негативно впливають на природні ресурси – ґрунт, воду, рослинність, тваринний світ. Практично вся продукція, в тій чи іншій мірі, містить нітрати. І досить часто понад допустимі норми. Про це потрібно пам'ятати і знати, як зменшити її забруднення. Якщо вона забруднена понад встановлені норми, її використання недопустиме. Забруднення ґрунтів призводить до забруднення підземних вод, які є важливим джерелом забезпечення питною водою людей у містах та селах. Забруднення ґрунтів впливає на рослини, які ростуть на них. А через рослини, які їсть людина - на її здоров'я. Для того, щоб зменшити вміст забруднювальних речовин в рослинах, необхідно правильно вибрати терміни проведення збирання врожаю - коли культури досягли повної біологічної, а не товарної стиглості. Ґрунт, як складний організм, постійно розвивається і змінюється. У ньому постійно проходять процеси створення і руйнування. Підраховано, що для створення шару ґрунту у 2..3 см необхідно при сприятливих умовах від 200 до 1000 років [24]. Талі води, дощ і вітер можуть за 20..30 років знищити те, що природою створювалось тисячоліттями. Руйнівну силу води, вітру і антропогенних факторів на ґрунт і підґрунтові породи, змив найбільш родючого верхнього шару чи розмивання, називають ерозією, яка спричиняє найбільшу шкоду [24].

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						62
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрізняють ерозію нормальну (природну або геологічну) і прискорену (або сучасну). Нормальна ерозія виникає на поверхні ґрунту під впливом природних факторів. Сучасна або прискорена ерозія ґрунтів пов'язана із господарською діяльністю людини. До ерозійних процесів також часто відносять хімічну ерозію (зниження ґрунтової родючості у результаті накопичення у ґрунті отрутохімікатів) і механічну (агротехнічну) ерозію. У складі комплексу протиерозійних заходів передбачено організаційногосподарські, агротехнічні, гідротехнічні [24]. Найбільш радикальними з них є встановлення спеціалізації господарства і його виробничих підрозділів; раціональний розподіл землі за угіддями; правильна структура посівних площ; диференціальне розташування полів. Склад і чергування сільськогосподарських культур, систем обробітку ґрунту також повинні максимально можливо забезпечувати надійний захист ґрунтів від ерозії.

Забруднення довкілля, що виникають при експлуатації удосконаленого культиватора. Сільськогосподарська екологія вивчає еколого-господарську інфраструктуру, агроєкосистеми, широко вивчає ґрунтовий комплекс, його забруднення, збереження та відновлення. Вузлові питання екології полягають у вивченні екологічних наслідків хімізації сільського виробництва, дослідженні її впливу на стан довкілля та пошуки засобів зменшення дії негативних чинників. Екологія сільського господарства розглядає екологічні наслідки рослинництва та тваринництва, методи утилізації їх відходів. Актуальною є також проблема екологічно чистого землеробства та одержання екологічно чистих продуктів харчування для людей і кормів для тварин [25].

Розглядаючи питання екологізації сільського господарства необхідно виявити тенденції, що визначають його стан у недалекому майбутньому. Прогрес у сільському господарстві ще донедавна визначався головним чином механізацією, хімізацією та впровадженням нових сортів рослин і тварин. Підбір цих нових сортів сприяв формуванню нових властивостей рослин. Великогабаритна важка техніка кардинально трансформує рельєфі структуру ґрунту, поверхневий та підземний стоки вод, видозмінює гідрографічну мережу. Великої шкоди ґрунту завдають кислотні дощі та інші фактори підкислення. У таких ґрунтах пригнічується

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						63
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

мікрофлора і, як наслідок, погано розвиваються культури (особливо бобові та олійні). Надмірна хімізація сільського господарства привела до забруднення як самих ґрунтів так і продуктів харчування нітратами, пестицидами. Основні джерела забруднення ґрунту – це вихлопів газів, викиди промислових підприємств. В ґрунт вони потрапляють з атмосфери разом із пиловими частками. Площа забруднених земель в Україні близько 265 тис. га. Великої актуальності набули останнім часом забруднення радіоактивними елементами, зокрема стронцієм та цезієм, які швидко засвоюються рослинами. Поглинаючи їх через кореневу систему вони накопичуються у продуктах. Часто концентрація органічних пестицидів у моркві більша, ніж у ґрунті, на якому вона виростає. Пестициди забруднюють увесь харчовий ланцюг, потрапляючи разом з біомасою до харчового раціону тварин, а далі через м'ясо і молоко – до людей [25].

Заходи із зменшення забруднення довкілля. Найбільш важливу частину земель України займають сільськогосподарські угіддя – пасовища, сінокоси та пашні. Тому при розгляданні питань щодо охорони земельних ресурсів особливу увагу приділяють охороні та захисту земель, придатних для використання у сільськогосподарському виробництві і, в першу чергу, орних землям. Існує проблема відходів сільськогосподарського виробництва і пов'язаної з ним переробної промисловості. Нинішнє світове виробництво зернових дає щорічно 1700 млн т соломи, більша частина якої не використовується і забруднює середовище. Значна кількість відходів вирощеної сільськогосподарської продукції опиняється на смітниках. Органічні рештки в багатьох випадках просто спалюють, викидають на вітер нагромаджену віками ґрунтову родючість. Значно доцільніше було б, проте, на основі відходів рослинної продукції готувати компости і органічні добрива. Регулярне і достатнє внесення їх на сільськогосподарські поля дозволить більш ефективно використовувати земельні угіддя. Вплив хімізації на продуктивність агроєкосистем обмежений природними умовами. Межа позитивного впливу використання добрив - повне засвоєння сільськогосподарською культурою поживних речовин. Звідси задача виробників сільськогосподарської продукції полягає у підвищенні коефіцієнту засвоєння мінеральних добрив

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						64
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

рослинами, у запобіганні його втрат за рахунок вимивання. При чергуванні сільськогосподарських культур слід враховувати розміри глибини їх корневих систем. Включаючи в сівозміну культури, які мають глибокопроникну кореневу систему (наприклад, багаторічні бобові і злакові краще використовують поживні речовини і насамперед нітратний азот із глибоких шарів ґрунту (до 2 м). Це дає змогу не тільки істотно підвищити ефективність і коефіцієнт використання азоту добрив, але і звести до мінімуму втрати нітратів за рахунок вимивання і забруднення природних вод.

Рішення питань з екології сільського господарства досягається шляхом введення передової системи землеробства, яка основана на використанні правильних сівозмін, науково обґрунтованої обробки ґрунту з необхідною кількістю добрив, а також проведення різноманітних заходів, спрямованих на покращення водного режиму ґрунтів.

Порушення цих вимог та несприятливі умови призводять до погіршення ґрунту та його структури та розвитку водної й вітрової ерозії. Крім цього, для підвищення екологічної безпеки при експлуатації машинно-тракторного агрегату з проєктованим культиватором доцільно: – застосовувати сучасні трактори, що дозволить уникнути переущільнення ґрунту; – застосовувати сучасні технології виробництва сільськогосподарської продукції; – дотримуватись науково обґрунтованих систем ведення землеробства: дотримання сівозмін, внесення обмеженої кількості добрив; – дотримуватись системи природоохоронних, комплексномеліоративних, протиерозійних та інших заходів; – підвищити науково-технічний рівень проєктування та виробництва культиваторів. Застосування таких заходів дозволить підвищити екологічну безпеку вирощування сільськогосподарської продукції, оскільки раціональне господарювання на землі – головний фактор її процвітання. Боротьба за екологічну безпеку повинна розглядатись як одне з найвідповідальніших завдань спеціалістів усіх галузей народного господарства [25].

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						65
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3 Економічна ефективність розробки

Основний економічний ефект від запропонованої конструкції культиватора забезпечується за рахунок збільшення ширини захвату сільськогосподарського знаряддя, підвищення його продуктивності, підвищення надійності та довговічності конструкції при деякому збільшенні витрат на технічне обслуговування та поточний і капітальний ремонт машини за рахунок зменшення кількості уніфікованих вузлів. Основою для розрахунку показників економічної ефективності є прямі експлуатаційні витрати: відрахування на реновацію, капітальний та поточний ремонт, технічне обслуговування, оплата праці, затрати на паливно-мастильні матеріали, а також якість та кількість продукції, яку одержують за допомогою порівнювальних машин.

Економічний ефект від виробництва і використання за термін служби нової (вдосконаленої) машини визначають за формулою [26]:

$$E_{c.c.} = \frac{E_2}{a_n + E}, \quad (5.1)$$

де a_n – коефіцієнт відрахувань на реновацію по новій машині, $a_n = 12\%$;

E – нормативний коефіцієнт ефективності капітальних вкладень, $E = 0,15$;

E_2 – річний економічний ефект від експлуатації нової машини, грн. [13]:

$$E_2 = B_3 \cdot (\Pi_6 - \Pi_n + E), \quad (5.2)$$

де Π_6, Π_n – приведені витрати на одиницю напрацювання по базовій і новій машинах, грн./од. напрацювання;

E – економічний ефект від вивільнення робочої сили, досягнутих умов праці, від зміни кількості і якості продукції на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання. Приймаємо $E = 0$, оскільки таких змін не відбувається;

B_3 – річне напрацювання нової машини в умовах даної природнокліматичної зони, од. напрацювання/рік.

Річне напрацювання нової машини в умовах даної природнокліматичної зони таке ж як і базової машини (табл. 5.1).

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						66
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Приведені витрати на одиницю напрацювання (Π) визначають за формулою [13]:

$$\Pi = I + KE, \quad (5.3)$$

де I – прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання;

K – капітальні вкладення на одиницю напрацювання, грн./од. напрацювання.

Таблиця 5.1 – Карта технічного рівня і якості продукції

Група, назва, одиниця показників якості виробу	Бажаність «+», «-»	Значення за конструктивними варіантами		
		Базового виробу, k1	Нового виробу	
			k2	q
1. Призначення				
Робоча швидкість, км/год.	+	8	10	1,25
Ширина захвату, м	+	8	8,5	1,06
Продуктивність, га/год.	+	6	8	1,33
Сезонне напрацювання, год	+	200	200	1
2. Надійність				
Термін напрацювання до відмови, год	+	1200	1200	1
Гарантійний термін роботи, років	+	6	6	1
Ремонтопридатність, %	+	65	75	1,15
3. Якість				
Якість подрібнення та вирівнювання ґрунту, %	+	75	85	1,13
4. Економне використання ресурсів				
Витрати палива, л/год	-	15	18	0,83
Затрати на технічне обслуговування та ремонт, грн/рік	-	2200	2400	0,92
5. Обмеження шкідливих впливів				
Надмірне розпушування ґрунту, %	-	20	15	1,3
6. Стандартизація і уніфікація				
Відношення уніфікованих вузлів до неуніфікованих, %	+	75	56	0,75

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання (I) у гривнях визначають за формулою [13]:

$$I = Z + \Gamma + P + A + \Phi, \quad (5.4)$$

де Z – витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн./од. напрац.;

Γ – витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./од. напрацювання;

P – витрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт, грн./од. напрацювання;

A – витрати на реновацію, грн./од. напрацювання;

Φ – інші прямі витрати на основні й допоміжні матеріали (насіння, добрива, гербіциди, дріт, шпагат, тара), грн./од. напрацювання.

Витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу (3) у гривнях на одиницю напрацювання визначають за формулою [26]:

$$3 = \frac{1}{W_{cm}} \cdot \sum L_j \cdot \tau_j \cdot k_d, \quad (5.5)$$

де W_{cm} – продуктивність агрегату за 1 год. змінного часу, од. напрацюв/год.;

L_j – кількість j -го виробничого персоналу, чол.;

τ_j – часова тарифна ставка оплати праці обслуговуючого персоналу j -го розряду, грн./чол.;

k_d – коефіцієнт, що враховує доплати по розрахунку за продукцію, премії, надбавки за класність і стаж роботи, кваліфікацію, оплату відпусток і нарахування по соціальному страхуванню.

Оскільки витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, витрати на паливно-мастильні матеріали та інші прямі витрати на основні й допоміжні матеріали у базовому та новому варіантах не відрізняються, то їх розрахунок не проводиться. Розраховуємо лише витрати на технічне обслуговування, поточний і капітальний ремонт та витрати на реновацію. Витрати на технічне обслуговування (ТО), поточний і капітальний ремонт визначають по нормативах відрахувань від балансової ціни машини або за даними випробувань при наявності інформації про вартість ремонтів і показники надійності.

Витрати на ТО, поточний і капітальний ремонт по нормативах відрахувань від балансової ціни машини визначають за формулою [26, 27]:

$$P = \frac{B \cdot (r_m + r_k)}{W_{ek} \cdot T_{\text{ч}}}, \quad (5.6)$$

де B – балансова ціна машини, для базової машини $B = 270\,000$ грн., для нової машини $B = 285\,000$ грн.;

W_{ek} – продуктивність агрегату або робітника за 1 год. експлуатаційного часу, од. напрацювання/год. (табл. 6.1);

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						68
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$r_m + r_k$ – коефіцієнти відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування та відрахувань на капітальний ремонт;

T_u – нормативне річне завантаження, год. $T_u = 300$ год/рік.

Витрати на реновацію машини (A) у гривнях на одиницю напрацювання визначають за формулою [27]:

$$A = \frac{B \cdot a}{W_{ек} \cdot T_з} \quad (5.7)$$

де a – коефіцієнт відрахувань на реновацію машини;

$T_з$ – зональне річне завантаження, год.

Капітальні вкладення (K) на одиницю напрацювання (в гривнях) на одну машину визначають за формулою [27]:

$$K = \frac{B}{W_{ек} \cdot T_з} \quad (5.8)$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по базовій машині:

$$K_б = \frac{270000}{1,3 \cdot 300} = 692,31 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення на одиницю напрацювання по новій машині:

$$K_n = \frac{285000}{1,3 \cdot 300} = 730,77 \text{ грн.}$$

Тут B_n визначаємо як суму балансової вартості базової машини (270000 грн) та собівартості конструкторської розробки удосконалення культиватора (≈ 15000 грн).

Витрати на реновацію базової та нової машин на одиницю виробки:

$$A_б = \frac{270000 \cdot 0,15}{1,3 \cdot 300} = 103,85 \text{ грн.}$$

$$A_n = \frac{285000 \cdot 0,12}{1,4 \cdot 300} = 81,43 \text{ грн.}$$

Витрати на ТО, поточний і капітальний ремонт:

$$P_б = \frac{270000 \cdot 0,34}{1,3 \cdot 300} = 235,38 \text{ грн.},$$

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						69
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_n = \frac{285000 \cdot 0,28}{1,4 \cdot 300} = 190,00 \text{ грн.}$$

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю напрацювання:

$$I_б = P_б + A_б = 235,38 + 103,85 = 339,23 \text{ грн.},$$

$$I_n = P_n + A_n = 190,00 + 81,43 = 57,14 \text{ грн.}$$

Приведені витрати на одиницю напрацювання:

$$П_б = I_б + K_б \cdot E = 339,23 + 629,31 \cdot 0,15 = 443,08 \text{ грн.},$$

$$П_n = I_n + K_n \cdot E = 190,00 + 730,77 \cdot 0,15 = 381,04 \text{ грн.}$$

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини:

$$E_{c.c.} = \frac{18609,89}{0,12 + 0,15} = 68925,52 \text{ грн.}$$

Термін окупності капітальних вкладень – критерій ефективності нового виробу, визначається за формулою [27]:

$$T_{ок} = \frac{K}{E_2} \leq \frac{1}{E_n}, \quad (5.9)$$

де K – вартість конструкторської розробки удосконалення культиватора, грн. Якщо умова (5.6) виконується, тобто $T_{ок} \leq 6,7$ років, то новий виріб ефективний незалежно від значення річного економічного ефекту E_2 .

$$T_{ок} = \frac{15000}{18609,89} = 0,81 \leq 6,67 \text{ років.}$$

При впровадженні у виробництво широкозахватного культиватора запропонованої конструкції капітальні вкладення окупляться за $\approx 0,8$ року.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						70
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

Аналіз існуючих конструкцій сошників зернових сівалок культиваторів показав, що, незважаючи на їх різноманіття, як і раніше, гостро стоїть питання зниження питомого тягового опору посівних машин. Одним з найефективніших шляхів зниження питомого тягового опору посівних агрегатів та сівалок, є застосування лапових сошників з різними бороздоутворювачами. Однак під час роботи такі сошники часто виглиблюються, що веде до зниження рівномірності розподілу насіння площею розсіву на заданій глибині. Зниження питомого тягового опору можна досягти шляхом застосування сошника з розпушальним зубом з гострим кутом входження, який, крім того, забезпечує кращу рівномірність розподілу насіння за площею розсіву на заданій глибині.

Теоретичними дослідженнями встановлено аналітичні залежності для визначення: ширини розпушувального зуба; ширини зони деформації ґрунту розпушальним зубом; відстані від носка розпушувального зуба до носіння стрілкової лапи сошника; тягового опору комбінованого сошника сівалки-культиватора. Розрахунками встановлено, що застосування комбінованого сошника з розпушальним зубом шириною 0,02 м, встановленому на відстань від носіння стрілкової лапи на 0,07 м та глибині обробки 0,06 м дозволить знизити тяговий опір із 1,18 до 1,13 кН.

Лабораторні дослідження дозволили визначити конструктивні параметри комбінованого сошника сівалки-культиватора: кут кришення розпушувального зуба $\xi_1 = 28...31$ град; висоту установки розпушувального зуба $h = 14...18$ см; відстань від носка стрілкової лапи до носка розпушувального зуба $l_2 = 7...9$ см, при цьому тяговий опір комбінованого сошника не перевищуватиме 1,15 кН. Виявлено залежності тягового опору комбінованого сошника від швидкості його руху та глибини ходу. Визначено оптимальний тип розподільника насіння, робочі поверхні якого виконані у вигляді полінома п'ятого ступеня.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						71
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

У ході лабораторно-польових досліджень було підтверджено результати лабораторних досліджень та визначено основні якісні та кількісні показники роботи сівалки-культиватора. Мінімальне питомий тяговий опір сівалки-культиватора 3,48 кН/м було отримано при куті кришення розпушувального зуба $\xi_1 = 25$ град, висоті закріплення розпушувального зуба $h = 18$ см, відстані від шкарпетки стрілкової лапи до шкарпетки розпушувального зуба $l_2 = 7$ см. Оптимальна швидкість експериментального руху сівалки-культиватора при глибині посіву 0,06 м має не перевищувати 11 км/год, при цьому питомий тяговий опір не перевищить 3,56 кН/м. Польові дослідження показали, що питомий тяговий опір посівного агрегату, що складається з двох експериментальних сівалок-культиваторів та трактора МТЗ 82.1 порівняно з базовим знизилося на 10,2 %, і становило 3,5 кН/м, рівномірність розподілу насіння площею розсіву збільшилася на 25,45 %, рівномірність глибини загортання насіння збільшилася на 23%, збільшення врожаю становило до 0,23 т/га.

Річний економічний ефект від експлуатації нової машини становить 68925,52. Термін окупності капітальних вкладень становить 6,67 років.

					КРМ.133ГМмз_21.01.000 ПЗ	Аркуш
						72
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		