

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра агроінженерії та автомобільного транспорту

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти

«магістр»

бакалавр, магістр

на тему: **«Удосконалення операції післясходового боронування в технологіях міжрядного обробітку просапних культур»**

Виконав: здобувач вищої освіти
за освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва

назва ОПШ

спеціальності 208 Агроінженерія

код та найменування спеціальності

Ступеня вищої освіти «магістр» групи **2**

Дем'янов Олександр Вікторович

Прізвище та ініціали здобувача вищої освіти

Керівник: Бурлака О. А.

Прізвище та ініціали керівника

Рецензент: Яхін С. В.

Прізвище та ініціали рецензента

Полтава – 2022 року

РЕФЕРАТ

В даній магістерській роботі проведено теоретичне та експериментальне дослідження щодо обґрунтування використання додаткових робочих органів – дискових голчастих борін на гряділях просапного культиватора типу КРН у сукупності з двобічними та одnobічними культиваторними лапами. Доцільність такого технологічного та технічного рішення зумовлена інноваційною стратегією максимально-можливого збереження продуктивної вологи у поверхневому шарі ґрунту. Досліди проведено на посівах зернової кукурудзи.

Пояснювальна записка даної магістерської роботи містить: 70 сторінок основної частини, результати наукового магістерського дослідження також представлено низкою формул, розрахованих та довідкових таблиць, графіків.

Об'єктами досліджень за обраною тематикою магістерської роботи слугують технологічні операції по здійсненню механічної просапної культивації на посівах зернової кукурудзи.

Основними складовими виконаної магістерської роботи є оглядова частина, де наведена інформація щодо технічного та технологічного процесів просапної культивації; методична частина - містить методичні та методологічні складові по використаним в роботі науковим дослідженням; розділ щодо отриманих теоретичних та експериментальних результатів наукового дослідження; визначені нами рекомендаціями виробничого спрямування щодо отриманих результатів дослідження; основні висновки, список використаних літературних джерел.

Ключові слова: ЗЕРНОВА КУКУРУДЗА, ДИСКОВА БОРОНА, РОБОЧИЙ ОРГАН, ПРОСАПНА КУЛЬТИВАЦІЯ, НАУКОВІ ДОСЛІДЖЕННЯ.

ВСТУП

Актуальність теми. В останній час в сучасному промисловому сільськогосподарському виробництві у галузі рослинництва, зокрема при вирощуванні просапних культур, досить важливими та актуальними задачами є задачі щодо максимально можливого збереження продуктивної вологи у ґрунті та зменшення ступеня переушільнення родючого шару ґрунту рушіями сучасної сільськогосподарської техніки. Не меншої уваги потребує і вирішення питань щодо підвищення ступеня екологічності впроваджуваних операційних технологій по догляду за посівами просапних культур.

В такому розрізі пропонована тема нашої магістерської роботи: «Удосконалення операції післясходового боронування в технологіях міжрядного обробітку просапних культур» має досить вагому міру актуальності щодо удосконалення елементів виробництва в галузі рослинництва.

Мета дослідження магістерської роботи визначена як удосконалення технологічних операцій просапної механічної культивуації посівів зернової кукурудзи шляхом дообладнання робочих секції просапних культиваторів боронами голчастого типу.

Нами поставлені основні **задачі дослідження:**

1. Оглядова частина магістерської роботи повинна містити основні технічні, технологічні та конструкційні характеристики сучасних просапних культиваторів та робочих органів таких культиваторів.
2. Теоретичні дослідження необхідно виконати як елемент пошуку шляхів удосконалення сучасних інженерно-агро-технологічних рішень по удосконаленню складових операційних технологій міжрядного обробітку посіві зернової кукурудзи за допомогою модернізованих просапних

культиваторів.

3. Експериментальна частина магістерської роботи повинна бути просвічена польовим дослідом та технологічним експериментам щодо визначення кращих режимів роботи удосконаленого комплексу робочих органів секцій просапного культиватора.

4. Необхідно сформулювати рекомендації щодо практичної реалізації досліджень з урахуванням отриманих результатів попередніх етапів роботи, вимог з охорони праці, екологічної безпеки пропонованих операційних технологій.

5. Довести техніко-економічну доцільність відносно виробничого впровадження проведених результатів наукового дослідження технологій механічної просапної культивування посівів зернової кукурудзи.

Об'єкт дослідження – сукупності різноманітних робочих органів, що використовуються для проведення просапної механічної культивування зернової кукурудзи; технологічні операції виконання міжрядної обробки посівів зернової кукурудзи.

Предмет дослідження: конструкційні, технічні та технологічні параметри робочих органів для проведення післясходового боронування просапних культур, що використовуються в системах комплексних машинно-тракторних агрегатів для виконання механічної просапної культивування.

Методи дослідження: виконані в магістерській роботі оглядові, теоретичні, експериментальні дослідження були здійснені на основі техніко-аналітичних методів, методів порівняння результатів та характеристик об'єктів дослідження: статистичних методів обробки результатів польових експериментів, методів та методик математичного моделювання, методів прийняття організаційно-інженерних рішень за декількома чинниками, методики планування та здійснення двофакторного експерименту.

Теоретична та практична значимість виконаних досліджень може бути представлена теоретичними та практичними рішеннями та рекомендаціями щодо використання у системі робочих органів для просапної культивуації спарених дискових голчастих борін з внутрішніми зубовими фрезами та без останніх.

Основними перевагами такого використання являються: додаткове розпушування поверхневого шару ґрунту в зонах росту рослин зернової кукурудзи та інших рослин просапних культур; знищення паростків бур'янів в захисних зонах рослин; збереження продуктивної вологи в рядках просапних культур; зменшення кількості проходів машинно-тракторних агрегатів по полю.

Крім того, в роботі запропоновано використовувати методологічні елементи аналітичного обґрунтування щодо багатокритеріального вибору та комплектування машинно-тракторних агрегатів для виконання просапної культивуації на основі визначення вихідної множини альтернатив за методом Паретто.

Дані удосконалення та пропозиції можуть бути використані як при промисловому вирощуванні просапних культур в крупних агропідприємствах, так і у відносно невеликих фермерських та підсобних господарствах.

1. СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1. Огляд основних складових операційних технологій механізованого догляду за посівами просапних культур

Одним із важливих завдань при виконанні механізованих комбінованих операцій догляду за посівами просапних культур є дотримання агротехнічних вимог щодо оптимального розвитку листостеблової маси та визрівання врожаю. Одною з основних домінуючих умов вибору машин та обладнання для проведення міжрядної культивуації є наявність достовірної інформації щодо фізико-механічних та технологічних властивостей ґрунтів.

Найбільш екологічно-безпечним та перспективним щодо удосконалення комплексу робочих органів сільськогосподарських машин являється механічний метод післясходового обробітку ґрунту.

Основними задачами проведення механічного догляду за рослинами просапних культур є фізичне знищення бур'янів у міжряддях просапних культур, розпушення ґрунту, підгортання та окучення (у разі потреби) рядків культурних рослин.

Основними сільськогосподарськими машинами при цьому є просапні культиватори чи комбіновані просапні машинно-тракторні агрегати, що впроможі одночасно виконувати просапну культивуацію, післясходове боронування, внесення сипучих, рідких або гранульованих мінеральних добрив.

Основними складовими елементами технологій до сходової та післясходової просапної культивуації являються: поверхневе боронування, проріджування посівів просапних культур – виконується у разі необхідності, безпосередньо сама культивуація, що може бути виконана у залежності від пропонованих та проваджених технологій

вздовж або поперек рядку з посівами; а також операції по поверхневому чи прикореневому внесенню мінеральних добрив та ін.

В наш час широко застосовуються промислові (індустріальні) інтенсивні технології виробництва просапних культур – соняшника, кукурудзи, цукрових буряків, сої..., де застосовуються хімічні методи боротьби. Внесення пестицидів є досить дієвими агротехнічними заходами, але основними недоліками таких методів являється негативний шкідливий вплив на екологічну систему регіону, де ведеться сільськогосподарська діяльність людиною.

Важливим агротехнічним заходом сучасного виробництва просапних культур в Полтавській області є максимально-можливе збереження вологи у ґрунті. Для цього також проводять досходове та післясходове боронування з метою руйнування поверхневої кірки ґрунту. За виконання останньої умови вдається зберігати додаткову кількість вологи, це є актуальною проблемою, особливо в зонах недостатнього зволоження ґрунтів.

Руйнування переущільненого після опадів поверхневого шару ґрунту відбувається за допомогою легких зубових посівних борін, ротаційних мотик, сітчастих борін. При цьому обробіток з розпушення поверхневого шару ґрунту може проходити як уздовж, так і в поперек посівів.

Суттєва увагу в технологіях виробництва просапних культур приділяється і післясходовому боронуванню. Така операція, як правило, проводиться у фазі розвитку у культурних рослин першої справжньої пари листків. В такий час відбувається досить суттєве укорінення культурних рослин та початок розвитку бур'янів – фаза «білої ниточки». Останнє є оптимальними умовами щодо механічного знищення бур'янів.

З метою запобігання пошкодження робочими органами просапних культиваторів культурних рослин використовують автоматичне водіння машинно-тракторного агрегату в поєднанні з утворенням так званих

«захисних зон» - необроблених смуг ґрунту в рядку культурних рослин просапних культур.

Як правило, перша культивуація просапних культур проводиться з захисними зонами від 8 до 12 см, під час проведення другої та наступних просапних культивуацій ширину захисних зон збільшують до 14-15 см.

Додатково, при виконанні першої просапної культивуації можуть бути застосовані захисні щитки, кутики у поєднанні зі стрілочастими однобічними чи двобічними плоскорізальними лапами або різальними ротаційними дисками.

Найбільшу ступінь знищення як однорічних, так і багаторічних кореневих бур'янів забезпечує використання просапних культиваторів - фрез з активними робочими органами, але недоліком такого способу є підвищені енергетичні витрати на культивуацію та додаткове висушування поверхневого шару ґрунту.

Тобто, в умовах промислового сільськогосподарського виробництва просапних культур методи механічного догляду за посівами дають найбільш позитивний результат з точки зору екологічності пропонованих технологій та за виконання умов агротехніки в рослинництві. Відповідно до сказаного, механічний міжрядний обробіток просапних культур виконують за допомогою просапних культиваторів, культиваторів – рослинопідживлювачів та культиваторів – підгортачів [20, 23].

Післясходовий механічний обробіток ґрунту зводиться до розпушення поверхневого шару з метою руйнування ґрунтової кірки та знищення пророслих бур'янів за умови мінімально можливого або нульового пошкодження культурних рослин просапних культур. При цьому застосовують легкі зубові борони, пружинні борони, скребки.

Інтенсивність розпушування залежить від сільськогосподарської культури, що вирощується, та від ступеня розвитку такої сільськогосподарської культури.

Перевагою загальновідомих зубових легких борін є розташування зубів у шаховому порядку на плоскій основі. Така конструкція під час її використання дає змогу додатково вирівнювати ґрунт.

Промислові машинно-тракторні агрегати для догляду за посівами просапних культур використовуються комплектованими по ширині захвату до 20 метрів і більше. При цьому на якість боронування суттєво впливає її конструкція самих зубів безпосередньо, часто використовують підпружинені, загнуті, зкруглені, ромбічні зуби.

Одною з глобальних проблем сучасного промислового сільського господарства є переущільнення підорного шару ґрунту рушіями сільськогосподарської техніки. Тому кількість проходів машинно-тракторних агрегатів по полю під час виконання операційних технологій намагаються якомога зменшити. При цьому використовують комбіновані, комплексні та комбайнові машинно-тракторні агрегати.

Отже, обраний напрям дослідження елементів операційних технологій по міжрядному обробітку ґрунту при здійсненні догляду за посівами просапних культур є актуальним щодо подальшого вдосконалення сучасного сільськогосподарського екологічно спрямованого вирощування просапних культур.

1.2. Оглядові аспекти основних конструкцій сучасних просапних культиваторів

Під час міжрядного обробітку основними вимогами до робочих органів просапних культиваторів визначені наступні:

- повна ступінь підрізання бур'янів у міжряддях;
- мінімально можливий виніс вологого шару ґрунту на поверхню;
- ступінь пошкодження культурних рослин не повинна перевищувати 1...3,5%;

- допускається ступінь відхилення від заданої глибини обробітку до 1,5...2см;
- рекомендована робоча швидкість руху просапного машинно-тракторного агрегату по полю не повинна перевищувати 10 км/год.[20,23];
- післясходове боронування виконується на глибину від 3 до 4см.;
- кількість присипаних ґрунтом рослин не повинна перевищувати 3...5%.
- середні геометричні розміри грудочок ґрунту після боронування не повинні перевищувати 5...6см. по більшому діаметру;
- Висота гребенів не повинна перевищувати 2...3см;
- Робочі органи просапних культиваторів, а в нашому випадку зуби боронувальних робочих органів не повинні виносити на поверхню поля паростки культурних рослин чи насіння культурних рослин;
- Якщо одночасно з просапною культивацією виконується внесення мінеральних сипучих чи рідких добрив, то відхилення дійсної норми внесення добрив від розрахованої не повинно перевищувати 15%;
- Нерівномірність висіву сипких добрив туковисівними апаратами не повинна перевищувати 5%.
- Межа відхилень щодо глибини заробки мінеральних добрив у ґрунт відносно оптимально рекомендованої – в межах 3 %;
- сумарні механічні пошкодження паростків просапних культур не повинні перевищувати 5 % рослин [20].

Таким чином, науково обґрунтованими стратегіями щодо розвитку та вдосконалення промислових технологій вирощування та збирання врожаю основних просапних культур являються стратегії, в основі яких лежить максимально можливе поєднання та одночасне проведення технологічних операцій, якщо останнє не протиречить умовам агротехніки.

Як згадувалось, такі господарські і інженерні рішення дають змогу максимально зберегти кількість продуктивної вологи під час виконання комплексу сезонних робіт, і, також, знизити до мінімально можливого рівні витрати матеріальних та трудових ресурсів.

І в наш час, при проведенні міжрядного обробітку ґрунту, особлива увага приділяється захисним зонам, їх геометричні та технологічні характеристики різняться в залежності від обраної технології та способу сівби.

Запровадження операційних технологій щодо міжрядної просапної культивуації основною метою несе боротьбу з різноманітними бур'янами.[20,23]

Так, наприклад, для здійснення рихлення міжрядь сої, соняшнику, зернової та силосної кукурудзи, картоплі використовують машинно-тракторні агрегати на основі культиваторів-рослинопідживлювачів типу КРН-4,2А, КРН-5,6Б, КРН-8,4.

При виробництві коренів цукрового буряку просапну культивуацію здійснюють сільськогосподарськими машинами марок УСМК-5,4В, КГС-4.8В та КРШ-8,1.

В овочівництві перевагу надають використанню сільськогосподарських культиваторів марок КРН-4.2Г, КОН-4,2, КНО-4,2, КОН-2,8Б, КНО-2,8 та ін.[8, 27]

Так, наприклад, більш детально можливо представити характеристики там технологічні особливості культиватора-рослинопідживлювача марки КРН-5.6Б [8,27]. Така сільськогосподарська машина призначена для виконання механізованого міжрядного обробітку просапних культур, що висівають з шириною міжрядь 45, 70 і 90 см. Безпосередньо сама конструкція такого культиватора є начіпною, поєднує дев'ять робочих секцій та вісім апаратів марки АТП-2 для ґрунтового внесення сипучих мінеральних добрив. Всі вузли такої сільськогосподарської машини монтуються на основній рамі, що виконана у формі бруса та обладнана допоміжними механізмами. Виконання копіювання нерівностей рельєфу поля забезпечується за допомогою паралелограмного просторового підвішування. Робоча секція містить гряділь 6 (рис.1.2), копіювальне колесо 12, закріплене на паралелограмному підвішуванні.

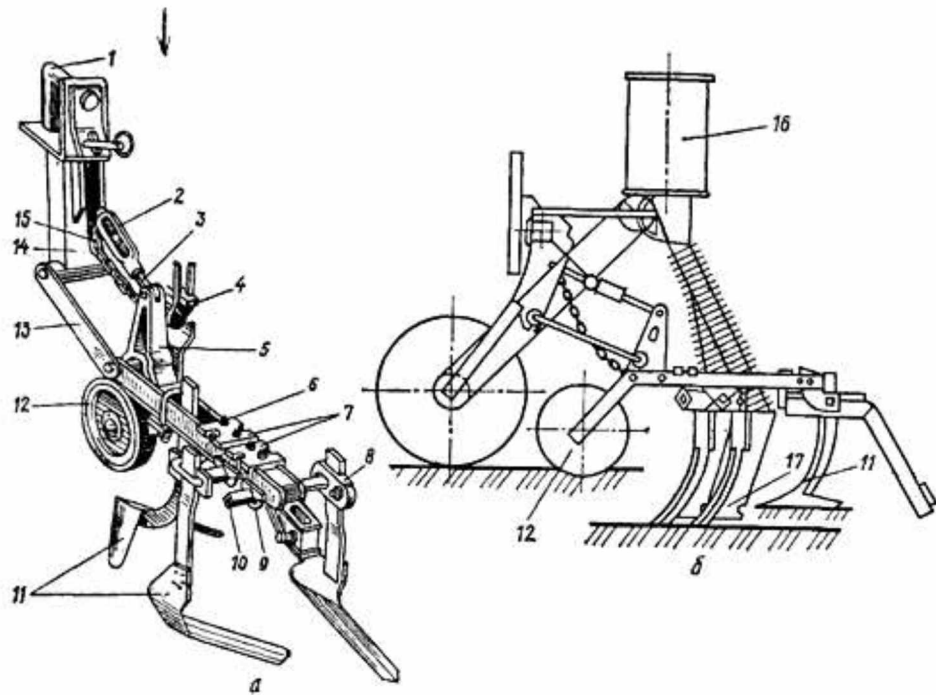


Рис.1.2. Секція робочих органів культиватора КРН-5,6Б (а) і схема культиватора з підживлювальним пристроєм (б): 1 — скоба; 2 — стяжна гайка; 3 — верхня ланка; 4 — важіль регулятора глибини; 5 — задній кронштейн; 6 — гряділь; 7 — накладки; 8 — тримач лапи; 9 — призма; 10 — брус; 11 — лапи; 12 — копіювальне колесо; 13 — нижня ланка підвіски; 14 — передній кронштейн; 15 — ланцюг; 16 — туковисівний апарат; 17 — ніж підживлювач[8].

Копіювальне колесо з гвинтовим механізмом дає змогу поступово змінювати глибину обробки ґрунту робочими органами просапного культиватора в міжряддях сільськогосподарських культур. Культиватор-рослинопідживлювач марки КРН-5.6Б може бути обладнаний правобічними та лівобічними прополовальними стрілоподібними лапами, робоча ширина захвату таких лап складає 16,5 см в комбінації з центральними стріловидними універсальними двобічними лапами з робочою шириною прополовання ґрунту – 23 см або 22см. Всі леза прополочних культиваторних лап мають шарову відмінну твердість в зонах різання з метою дотримання умови само загострення під час роботи.

Також дана модель культиватора може бути обладнана комплектом легких борін для додаткового рихлення ґрунту, комплектом корпусів для окучування рядків культурних рослин, комплектами спеціальних захисних дисків.[8,23].

До відомих технологічних характеристик даної моделі просапного культиватора відносять робочу ширину захвату (5,6 м), робочу швидкість руху машинно-тракторного агрегату по полю (близько 10 км/год), робочу продуктивність машинно-тракторного агрегату типу ЮМЗ-6КЛ+КРН-5,6 - орієнтовно 5,6 га/год, але може бути змінена в залежності від агрокліматичних умов конкретного поля [35].

В залежності від ширини захвату уніфікованими моделями відносно культиватора КРН-5,6 є аналогічні сільськогосподарські машини типу КРН-4.2Б або КРН-8,4. Робоча продуктивність останнього коливається у межах 6,3...7,4 га/год. [8, 10,].

Інша відома модель просапних культиваторів – КОН-4,2. Це також начіпна машина. Використання КОН-4,2 можливе з метою утворення гребенів перед виконанням садіння картоплі з шириною міжрядь 70см. Машина агрегується з універсальними та спеціальними тракторами тягового класу 1,4кН або 2,0кН. Робоча ширина захвату КОН-4,2 складає 4,2м, рекомендована агротехнікою робоча швидкість руху такого машинно-тракторного агрегату знаходиться у межах 7...10 км/год; робоча продуктивність варіюється у межах 1,7...2,5 га/год [27].

Альтернативним технологічним варіантом може бути культиватор КРНВ-5,6-02 (рис.1.3). Така сільськогосподарська начіпна машина використовується для проведення операційної механізованої технології міжрядного обробітку просапних сільськогосподарських культур з можливістю одночасного підживлення рослин мінеральними добривами на посівах зернової та силосної кукурудзи, гібридів там сортів соняшнику, сої, ріпаку. Ширина міжрядь при цьому повинна складати 45 см.

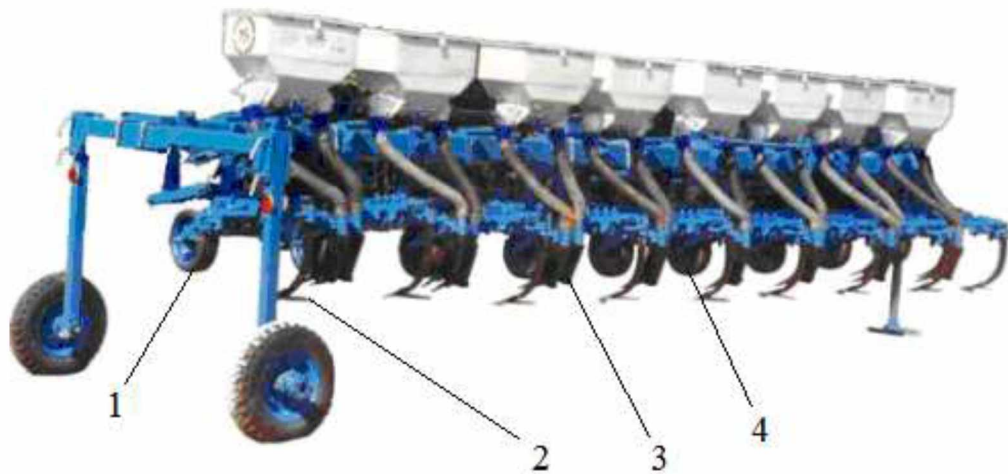


Рис. 1.3. Основна комплектація культиватора КРНВ-5,6-02 [27]:
1, 2,3, 4 – різноманітні робочі органи

Просапний культиватор вітчизняного виробництва «Козак Пацюк» є більш удосконаленим варіантом попередніх моделей.

Така сільськогосподарська машина впроможі виконувати механізовану прополку з одночасним внесенням мінеральних добрив при здійсненні догляду за посівами цукрових буряків, сої, ріпаку, що посіяні з міжряддями 45 см. До суттєвих переваг даної моделі можливо віднести змінну комплектацію робочими органами, що дають змогу виконувати просапну культивування на міжряддях кукурудзи, картоплі, соняшнику, що складає 70 см. [24, 27]

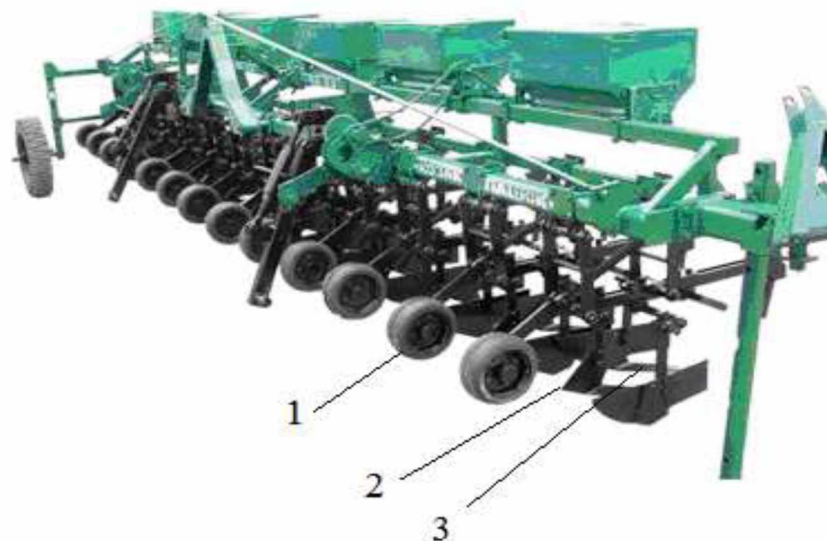


Рис. 1.4. Варіант комплектації культиватора КП-5,6 «Козак Пацюк» [27] : 1, 2, 3 – робочі органи

Щодо закордонних аналогів, то можливо представити та розглядати начіпну версію культиватора міжрядного обробку «SFOGGIA TEMA». Вагомою перевагою такої моделі є збільшена робоча ширина захвату; можливість виконувати просапну культивуацію з одночасним ґрунтовим прикореневим підживленням рослин технічних культур мінеральними добривами та широкий діапазон використання – застосовується на міжряддях від 25см до 80см.

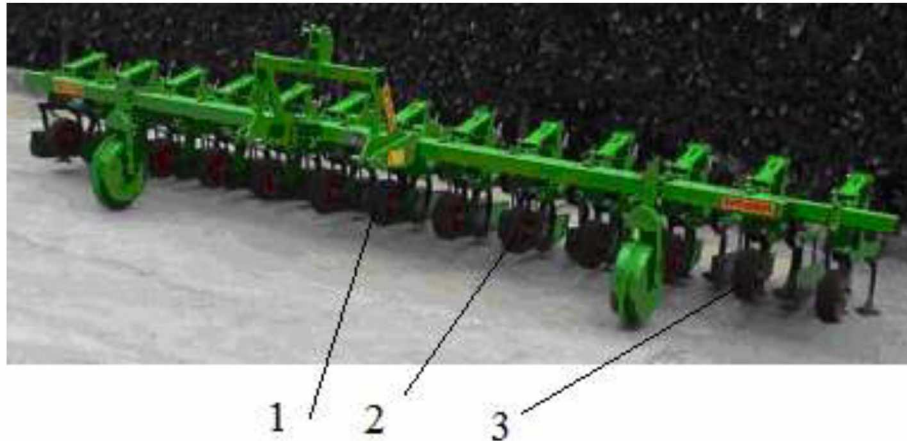


Рис. 1.5. Варіант комплектації культиватора SFOGGIA TEMA: 1, 2, 3 – робочі органи [27]

До просапних культиваторів з активними робочими органами можливо віднести марки фрезерних культиваторів типу КФ-5,4 та КФ – 5,4К. Такі сільськогосподарські машини розроблені і застосовуються з метою здійснення міжрядного інтенсивного рихлення посівів цукрових буряків, сої, ріпаку та подібних низькорослих сільськогосподарських рослин. Ширина міжрядь посіву останніх при цьому повинна складати 45 см.

Основною відмінністю фрезерного культиватора марки КФ-5.4К є використання останнього на догляді за посівами просапних культур, ширина міжрядь яких складає 70см., до таких культур відносять більшу частину зернової та силосної кукурудзи, соняшника, картоплі. В залежності від питомого опору ґрунту та ступеню засміченості посівів бур'янами дана модель культиватора може агрегатуватися з універсальними або

спеціальними сільськогосподарськими тракторами тягового класу 1,4кН або 2,0 кН.



Рис. 1.6. Загальний вигляд культиватора КФ – 5,4 [21]

Цікавим технічним та технологічним рішенням застосування сільськогосподарської техніки для здійснення просапної культивації є закордонна модель «Wil-Rich РТ-7722». Модель комплектується у тому числі і дископодібними робочими органами. Використовується такий культиватор з метою виконання механічного догляду за посівами цукрового буряка, ріпаку, сої та інших технічних культур.



Рис.1.7. Приклад використання культиватора «Wil-Rich РТ-7722»: 1 – рух агрегату по полю, 2 – технологічний процес міжрядної культивації [21]

Агрегатується даний культиватор тракторами з потужністю двигуна 170к.с. (тяговий клас – 3кН).

Особливістю застосування універсального культиватора УКР-5,6 є можливість здійснення міжрядної обробки високостеблових культур (соняшник, кукурудза, енергетичні культури). Рекомендована ширина міжрядь на посівах просапних культур при цьому складає 45...70см. є можливість переналагоджування. Збільшення спектру застосування такої машини зумовлено різноманітними переналагоджувальними варіантами: міжрядна культивация просапних культур, міжрядна культивация просапних культур з одночасним внесенням мінеральних добрив, міжрядна культивация просапних культур з одночасним підживленням рослин аміачною водою; окучування рослин технічних культур, виконання передпосівної суцільної культивациї.

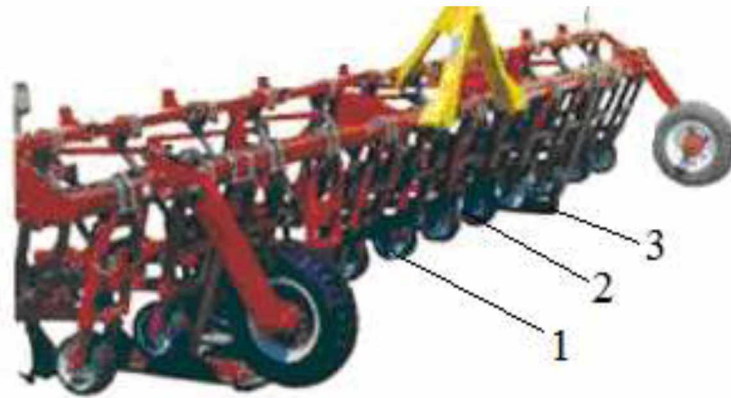


Рис. 1.8. Приклад комплектації культиватора УКР – 5,6: 1,2,3 – робочі органи культиватора [21, 27]

Даний культиватор можливо агрегатувати з універсальними чи просапними тракторами класу 1,4кН та 2,0кН.[21]

1.3. Оглядові характеристики робочих органів, що застосовуються на просапних культиваторах

Загальновідомими та такими, що в широкому діапазоні використовуються в сучасному промисловому сільськогосподарському виробництві, є наступні сукупності робочих органів: стрілочасті універсальні лапи як двобічні, так і однобічні лівосторонні чи правосторонні;

культиваторні лапи з поличками, анкероподібні підживлювальні робочі органи, лапи з підгортальними або борознонарізувальними корпусами, голчастоподібні диски, зубові борони, роторні борони, дискові або анкерні ножі, тощо.

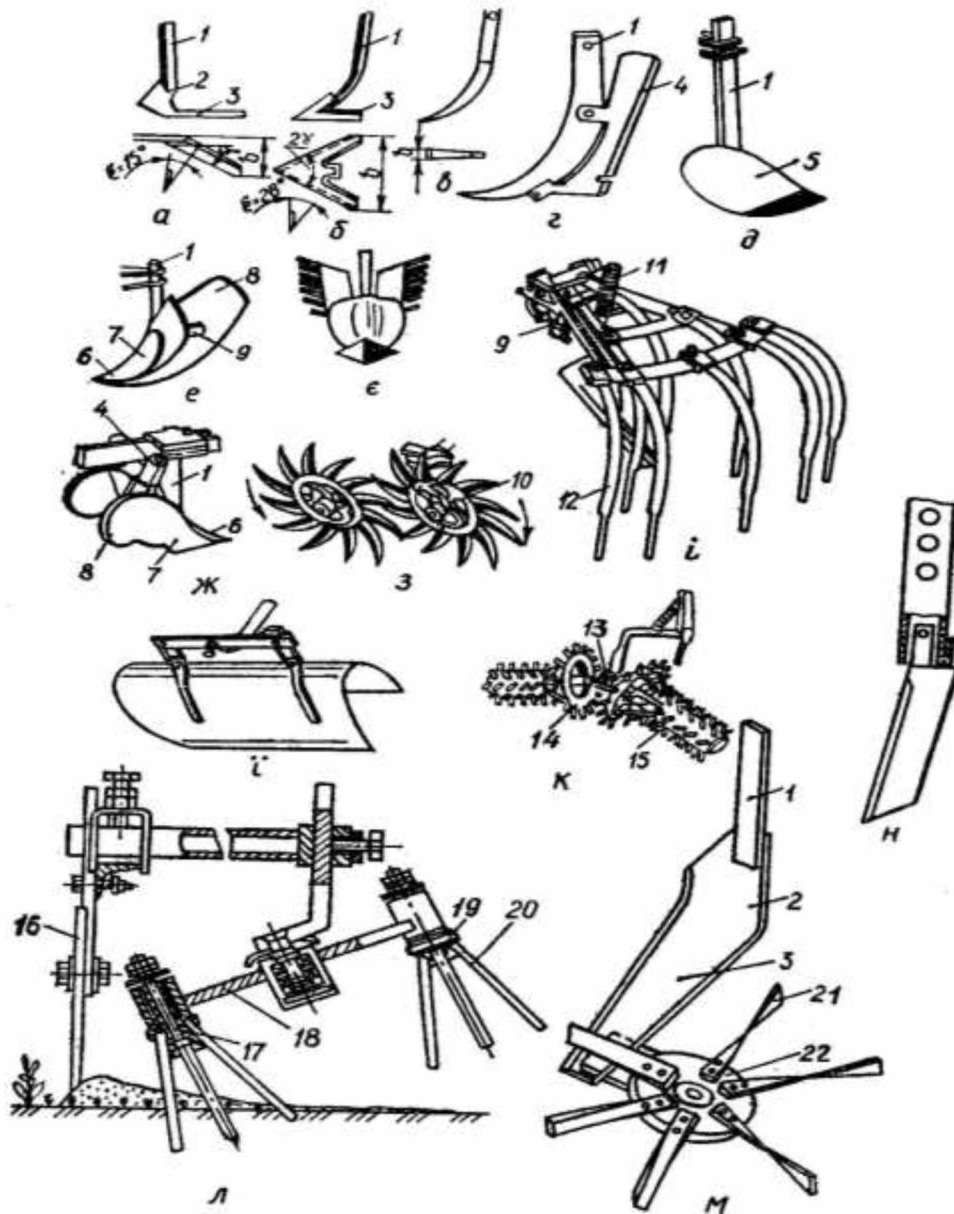


Рис.1.9 – Робочі органи просапних культиваторів: а — плоскорізальна однобічна лапа; б — стрілчаста універсальна лапа; в — розпушувальна долотоподібна лапа; г — підживлювальний ніж; д — лапа-поличка, е — підгортальний корпус; є — підгортальник корпус з решітчастою полицею; ж — борознонарізувальний корпус; з — голчасті диски; і — проплювальна борінка;ї — захисний щиток; к — секція ротаційної борони; л — ротор проплювальний; м — широкозахватна плоскорізальна лапа з проплювальним диском; н - щілиноріз; 1 - стояк; 2 - щока; 3 - лезо; 4 - лійка; 5 - поличка; 6 — наральник; 7 - полиця; 8 - крило; 9 - рамка; 10, 18 і 22 - диски; 11 - пружина; 12, 20 – зуби; 13, 17 — осі; 14 — конічний барабан; 15 — циліндричний барабан; 16 — щиток; 19 — розпушувач; 21 — ніж [8,23]

Щодо наукової класифікації, то за призначенням лапи поділяють на полільні і розпушувальні. Перша група таких робочих органів більше підрізає та знищує бур'яни, друга – розпушує ґрунт у міжряддях.

Уніфікована робоча ширина захвату стрілочастих лап може складати 85мм, 120мм, 165мм і 250 мм.

У разі агротехнічної необхідності проведення більш інтенсивного розпушування ґрунту при здійсненні догляду за посівами просапних культур можливо застосовувати лапи долотоподібної форми (рис.1.9, в), особливо ефективно таке застосування при обробці міжрядь просапних культур на переущільнених та в'язких ґрунтах з глибиною рихлення до 16 см.

Щодо лап-полічок (рис.1.9, д), то додатковою перевагою їхнього використання є не тільки підрізання однорічних та багаторічних бур'янів з розвинутою кореневою системою, не тільки розпушення шару ґрунту в міжряддях, але й присипання паростків бур'янів шаром розпушеного ґрунту у захисних зонах рядків просапних культур.

Безперечно, використання агротехнічного прийому щодо боротьби з бур'янами в захисних зонах шляхом присипання шаром ґрунту – вагома перевага, але до недоліків такої конструкції лап та застосованої технології слід віднести значні енергетичні витрати на переміщення великої кількості ґрунту, висушування значного шару ґрунту та неможливість застосування такої технології в початкові етапи росту рослин просапних культур.

Спеціальні корпусоподібні робочі органи (рис.1.9, ж) розроблені з метою виконання операційних технологій по нарізуванню поливних канавок з можливістю одночасного ґрунтового внесення мінеральних добрив.

Цікавим конструкційним та технологічним виконанням є голчасті диски (рис.1.9, з). Такі робочі органи можливо використовувати з метою розпушування поверхневої ґрунтової кірки з одночасним знищенням паростків бур'янів у фазі «білої нитки».

Рекомендований технологічний діаметр дисків при цьому складає 350мм, 450мм та 520 мм.

В останніх волого захисних технологіях також широко застосовуються прополювальні борінки (рис.1.9, і). Такі робочі органи базуються на підпружинених зубах і мають можливість проводити рихлення поверхневого шару ґрунту як у міжряддях, так і у захисних зонах культурних рослин просапних культур.

Але проблему знищення розвинутих бур'янів такі робочі органи не вирішують.

Іншим технологічним рішенням щодо механізованого догляду за посівами просапних культур є ротаційна борона (рис.1.9, к). Сама борона містить два барабани з закріпленими зубами. Довжина зубів складає 55 мм. Можливо змінювати кут нахилу барабанів.

Ротори прополювальні (рис.1.9, л) призначені та використовуються для розпушування верхнього шару ґрунту з одночасним механічним знищенням бур'янів у міжряддях. Захисні зони культурних рослин при цьому складають 30...50 мм. Розпушувальний дископодібний робочий орган при цьому встановлюється під кутом 20° відносно горизонтальної поверхні поля. Кожен окремий розпушувальний компонент такого робочого органу обладнано чотирьом зубами, що обертаються відносно центральної вісі розпушувача. При роботі такої конструкції маємо не тільки обертання центрального ротору, але й обертання кожного розпушувального компонента.

До недоліків такої конструкції слід віднести необхідність виконання високої точності технологічного налагоджування просапного культиватора. Якісна культивація можлива при невисоких робочих швидкостях руху машинно-тракторного агрегату.

1.4. Обґрунтування обраного напрямку досліджень

В оглядовій частині нашої магістерської роботи до виявлених недоліків та проблем операційної технології догляду за посівами просапних культур – механічної просапної культивуації було віднесено проблемне питання щодо обробітку захисних зон, питання зниження енергозатрат на механічний обробіток та питання збереження максимально-можливої кількості продуктивної вологи у ґрунті. Особливо важливо вирішення таких питань при здійсненні післясходового обробітку з відносно добре розвиненими рослинами просапних сільськогосподарських культур, так як тут ще важливо вирішити задачі щодо мінімізації механічних пошкоджень культурних рослин різноманітними робочими органами просапних культиваторів.

Не можливо не зробити акценту і на необхідній кратності виконання просапної культивуації, так як тут постає питання переущільнення ґрунту рушіями тракторів та сільськогосподарських машин.

Хімічні методи боротьби, на нашу думку слід максимально мінімізувати по відомій причині завдання суттєвого шкідливого впливу навколишньому середовищу.

Провідними вітчизняними та світовими вченими доведено, що оптимальною щільністю ґрунту при вирощуванні просапних культур є 1,1...1,2 г/см³. Переущільнення родючого шару, як поверхневого, так і підорного, призводить до погіршення динаміки розвитку культурних рослин та у підсумку – зниженню урожайності просапних культур. А при повторях 4-5 разів щодо просапної культивуації відбувається ущільнення ґрунту до 1,4 г/см³, що неминуче позначиться не тільки на втратах врожаю, але й на погіршенню родючості ґрунтів вцілому.

Зменшення описаного негативного впливу можливе за рахунок застосування комбінованих та комплексних сільськогосподарських машино-тракторних агрегатів, підвищення якості обробітку як міжрядь, так і захисних

зон культурних рослин просапних культур, застосування у рослинництві систем «точного землеробства», застосування супутникових систем автоматичного позиціонування та водіння машинно-тракторних агрегатів по полю, збільшення ширини захвату сільськогосподарських машин, зменшення сукупних енергетичних витрат на технологію, дослідження, проектування і впровадження у виробництво нових або удосконалених робочих органів просапних культиваторів.

На останньому твердженні і зосередимо наші подальші наукові дослідження.

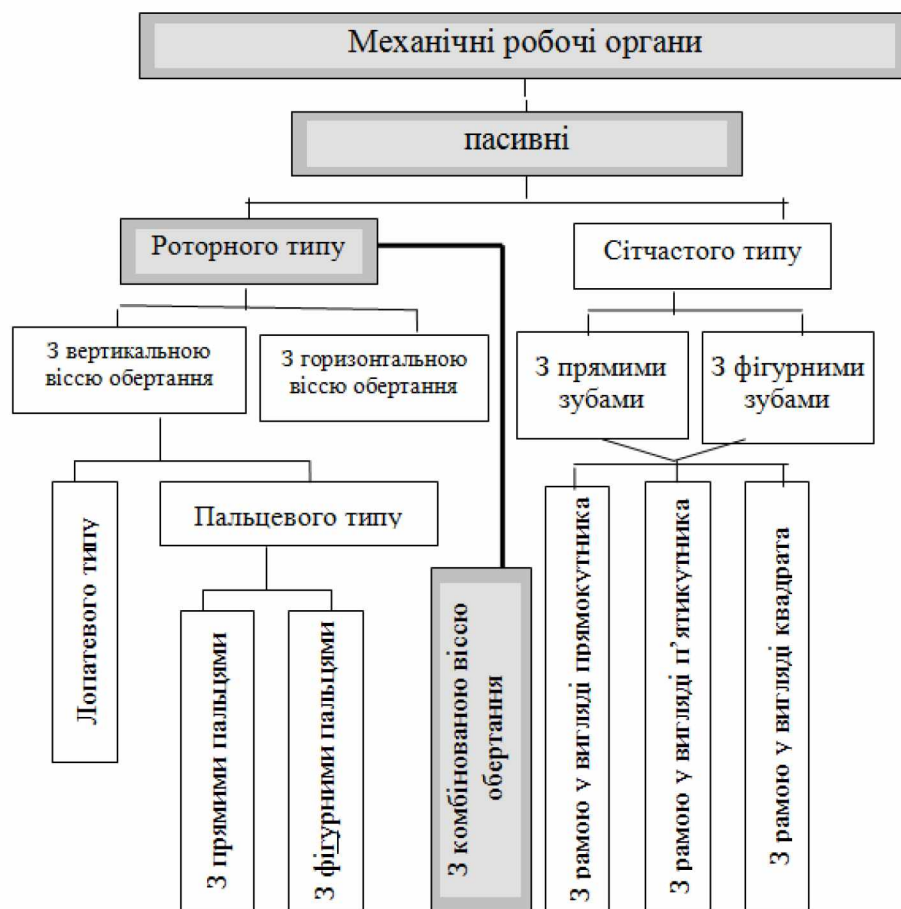


Рисунок 1.5 - Класифікація пасивних механічних робочих органів, що пропонуються до застосування при посіві, посадці та догляді за посівами просапних культур. [2]

Сучасними тенденціями в агроінженерії та агротехніці щодо вирощування просапних культур є впровадження в технології операцій боронування, особливо після сходів з метою знищення паростків бур'янів

та рихлення поверхневого шару ґрунту, при цьому культурні рослини не повинні бути механічно пошкоджені, або такі пошкодження повинні бути мінімально можливими. Тому ми акцентуємо нашу увагу на боронувальних робочих органах, які можливо використовувати як при до сходовому, так і післясходовому боронуванні міжрядь і захисних зон рядків культурних рослин просапних культур з мінімальними пошкодженнями самих таких рослин. (рис.1.5).

Зупинимося на пасивних робочих органах, так як з вищезгаданих напрямків наукового дослідження обираємо стратегію зменшення сукупних енергетичних витрат на технологію виробництва сільськогосподарської продукції просапних культур.

Щодо умов виконання поверхневого боронування, то доцільно зупинитися на різноманітних боронувальних дисках за причиною пасивного типу таких робочих органів та можливості використання таких дисків при обробці захисних зон та безпосередньо рядків просапних культур. Безперечно у захисних зонах таке боронування повинно бути відносно легким щоб не пошкоджувати культурні рослини і водночас розпушувати поверхневий шар ґрунту.

Удосконаленню в даній магістерській роботі будуть підлягати пасивні ротаційні борони дискового виду з можливістю змінювати вісь обертання безпосередньо зубів та голок таких борін відносно вертикальної нормалі до горизонтальної поверхні поля. (рис.1.6).

Варіантів таких борін досить багато, оберемо декілька з них порівняємо та по можливості визначимо та опишемо переваги та недоліки щодо використання дискових зубових та голчастих борін при здійсненні механізованих операційних технологій догляду за посівами просапних культур.



Рисунок 1.6 – експериментальні дискові борони

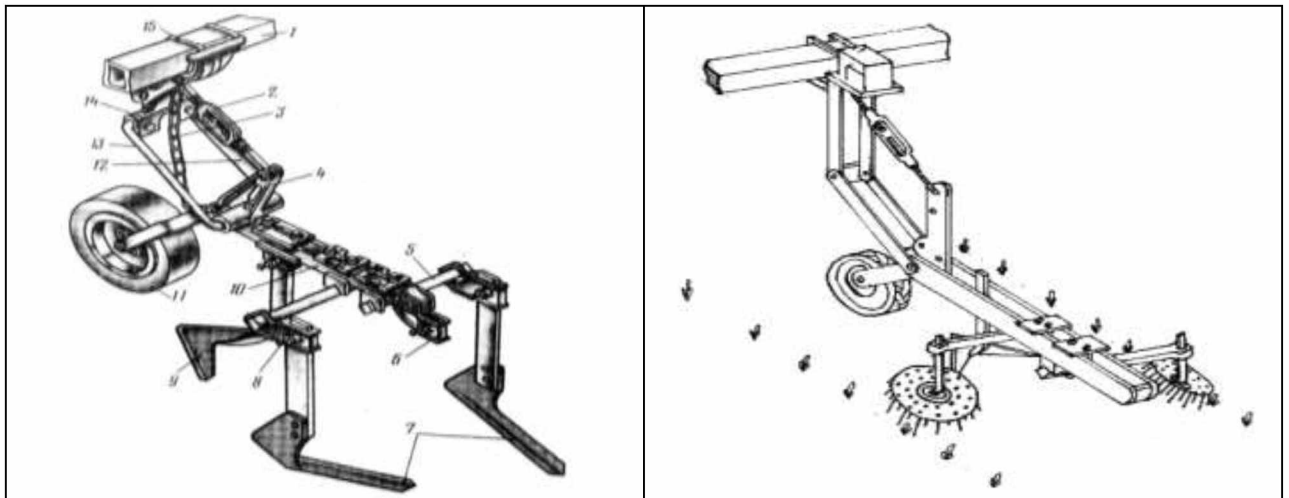


Рисунок 1.7 – Робоча секція просапного культиватора типу КРН-4,2 промислового виробництва (а) та підготовлена для експериментального дослідження (б).

Встановлення експериментальних борін дискового типу планується на робочу секцію просапного культиватора типу КРН-5,6 (рис.1.7) на гряділь 6 після односторонніх стрілчастих лап 7.

Таким чином одною з задач обраного нами дослідження є вибір оптимального режиму для здійснення просапної культивації з дообладнаними дисковими боронами робочими секціями просапного культиватора типу КРН.

2. МЕТОДИКА Й ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1 Методи теоретичних досліджень

Основними частинами системних наукових досліджень є теоретичні та експериментальні дослідження. Більша частина теоретичного дослідження базується на методологіях математичного аналізу, математичного моделювання, абстракції, аналізу, синтезу, індукції, редукції, дедукції ...

Доцільність застосування методів абстракції щодо визначених об'єктів дослідження, обґрунтовується акцентуванням на основні елементи досліджуваних процесів та відокремлення другорядних неважливих чинників таких явищ. Відповідно будується спрощена модель об'єкту дослідження, де вивчаються домінуючі елементи.

Застосування елементів методики методу абстракції проводиться поетапно. Першими кроками є визначення та виділення більш вагомих частин - складових об'єкту дослідження; нехтуються маловпливові другорядні чинники, будується спрощена модель дослідження процесів і явищ. Останнє дає змогу розробити достовірні теоретичні моделі та описати закони та закономірності досліджуваної системи. Також можливо визначити ступінь вагомості кожного з залежних та незалежних чинників досліджуваної системи.

Метод абстракції доцільно використовувати з відомими методами наукового дослідження – такими як методи аналізу та синтезу.

Щодо методу аналізу безпосередньо, то теоретична його складова побудована на розкладанні об'єкту дослідження на низку складових - підсистем більш спрощеного нижчого рівня. Останнє дає змогу більш детально вивчати кожен компонент досліджуваної системи

Щодо наукової методики та методів синтезу та застосування таких при проведенні теоретичного дослідження, то дії вчених в такому випадку протилежні методикам аналізу – відбуваються поєднання окремих складових

об'єктів дослідження, предметів дослідження і створюється єдина комплексна система дослідження.

Також вагомою складовою методологій теоретичних досліджень являється індукційний метод (*induction* – наведення). Такий метод базується на категоріях, думках, судженнях щодо компонентів дослідження та алгоритмів їх поєднання. Кінцевий варіант такого методу відображають кумулятивні чинники та характеристики об'єкту дослідження. Ідея методу – поширення властивостей і характеристик складових об'єкту дослідження на всю досліджувальну систему.

Теоретичний дедуктивний метод (*deduction* – виведення) являється протилежним щодо ходу досліджень відносно індуктивного методу. При застосуванні дедуктивного методу вивчені закони та закономірності цілісних систем присуджуються основним елементам і складовим об'єкту дослідження.

В останній час при проведенні теоретичних досліджень широко використовуються і методи математичного моделювання. Це методи непрямого характеру щодо проведення наукових досліджень. Застосування таких методів зумовлює заміну реальних процесів і явищ на штучні створені людиною і описані математично спрощені моделі.

Ступінь спрощення останніх дозволяє отримати відповіді на складні задачі, описати процеси, явища, що досліджуються з певною ступінню достовірності. При цьому можливе виявлення вагомості у функціональних законах, закономірностях і залежностях, що вивчаються у процесах наукових досліджень.

Продовженням описаних методів є застосування методик логічного методу, системного методу наукового дослідження, методу структурованого моделювання, методу системного аналізу.

Доцільність сукупного використання останньої низки методів є більш обґрунтованою в наш час.

Розвиток науково-технічного прогресу дає змогу більш ускладнювати абстраговані методи математичного моделювання за рахунок використання новітнього потужного програмного забезпечення. Такий процес дає змогу підвищити достовірність отриманих результатів при проведенні складних теоретичних досліджень та аналітичних розрахунків.

2.2. Методика експериментальних досліджень

Більшу частину матеріальних затрат та затрат трудових ресурсів при проведенні комплексного наукового дослідження вимагає експериментальна частина. Як згадувалося раніше, наукові експерименти слугують для підтвердження чи спростування теоретичних розрахунків, моделей, гіпотез, наукових теорій.

В основному, проведення експериментальних досліджень, що являються доказовими, вимагають значних коштів. Тому, як наслідок, розробка методики та планування експерименту направлена на максимально можливого здешевленні вищезгаданих затрат за умови незмінної якості та достовірності результатів таких досліджень.

При вирішенні нових наукових проблем, де спочатку не можливо чітко поставити умови задач, доцільними етапами методики експериментального дослідження являється проведення низки пошукових експериментів. Такі дослідження являються невід'ємною складовою при початку експериментальної частини наукових робіт.

Проведення низки пошукових експериментів актуально за умови вирішення складних проблем наукового характеру. В такому випадку початкові умови наукових задач невизначені і потребують обґрунтування та уточнення.

Відповідно, якісне проведення пошукових експериментальних досліджень, є фундаментальним підґрунтям для розробки плану, методик та методологій основної частини експериментальних робіт.

Кінцевим етапом експериментальних робіт є виробничі випробування щодо впровадження нової техніки та технологій в сільському господарстві.

Різновидом експериментального дослідження є лабораторні досліди. В більшості випадків саме експерименти, поставлені у лабораторних умовах, дають спроможність отримувати якісні наукові результати. Але у нашому випадку (мається на увазі ґрунтовий канал) такі експерименти лише частково можуть повторити вплив більшості природних агрокліматичних факторів на якість роботи об'єктів дослідження.

Щодо нашої магістерської роботи, то в такому випадку заплановано виконати низку теоретичних наукових досліджень на основі використання методик математичного моделювання, аналізу та низки статистичних методів.

Пошукові експериментальні дослідження проведемо з метою обґрунтування просторового встановлення удосконалених дискових борін відносно горизонтальної поверхні поля.

Пристосування щодо проведення вищезгаданих досліджень містить рис. 2.1. Дана конструкція розроблена з метою визначення та обґрунтування траєкторій, що залишають зуби чи голки борін при проходженні по поверхні поля.

Полотно (поз.2) рис.2.1, яке моделює горизонтальну поверхню поля, натягнуте між двома циліндричними барабанами, і має спроможність поступального переміщення відносно верхньої нерухомої частини обладнання, де закріплюються досліджувані робочі органи просапних культиваторів. Ступінь натягування полотна регулюється гвинтовим механізмом натяжного циліндра. Досліджувані робочі органи можливо закріпити на верхню частину нерухомої рами з різною орієнтацією відносно горизонтальної поверхні імітатора поля. Як правило, досліджуваний робочий

орган розташовують так, щоб зуби чи голки дискових борін мали безпосередню взаємодію з по верхньою полотна. За виконання такої умови, на поверхні полотна можливо залишити траєкторії руху зубів чи голок дискових чи інших борін. Останнє дає змогу зробити висновки щодо конструкції самого робочого боронувального органу чи його складових.

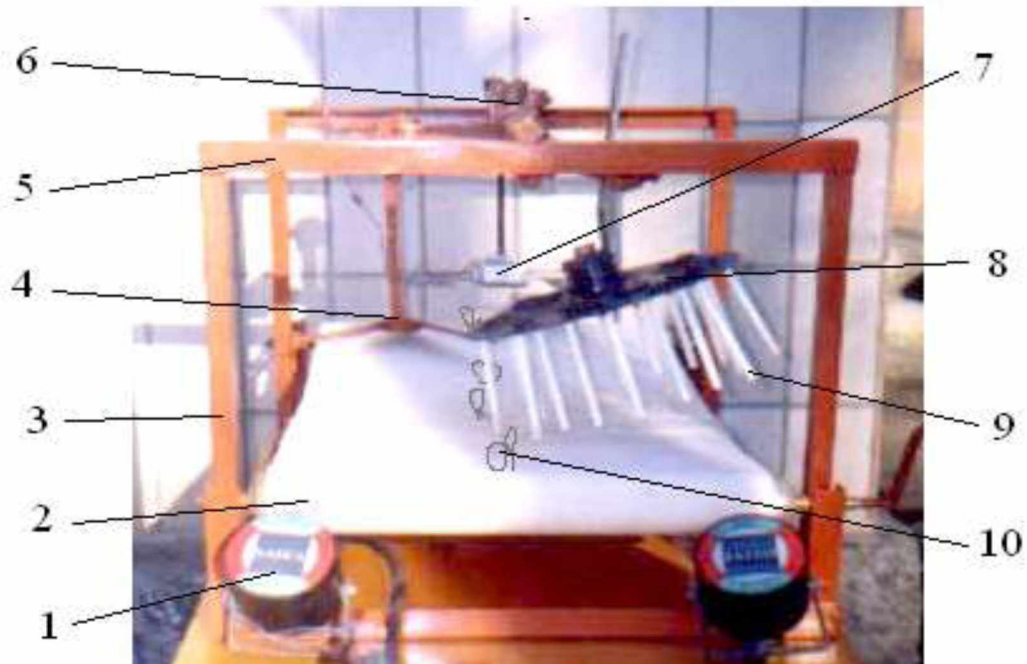


Рисунок 2.1 – Лабораторна установка [2] для дослідження траєкторій зубів та голок дискових борін: 1 – монітор для обчислення; 2 – прогумована стрічка; 3 і 5 – рама; 4 – закріплений робочий орган; 6 – поперечина; 7 – вісь симетрії змодельованого рядку; 8 – досліджувана борона 9 – зуб дискової борони; 10 – місця знаходження рослин просапних культур.

Такі пошукові дослідження частково дають відповіді на питання щодо основних геометричних та конструкційних параметрів досліджуваних робочих органів для проведення післясходового боронування просапних культур. Тут можливо визначити у першому наближенні ступінь фракцій грудок розпушеного ґрунту, ширину захвату нового робочого органу при здійсненні післясходового боронування, вид і характер траєкторій кінчиків зубів чи голок досліджуваних борін, що вплине на інтенсивність розпушування та ступінь знищення бур'янів.

Завершальним етапом нашого наукового дослідження по обраній темі роботи будуть експериментальні польові дослідження. При плануванні цієї частини дослідів враховано методичні аспекти [10].

Будемо проводити повний двофакторний експеримент.

Визначені фактори, закономірності впливу між якими будуть вивчатися, умовно віднесено до вхідних та вихідних. Перша група факторів визначається чисельно та може бути змінена експериментаторами при проведенні дослідів в заздалегідь визначеному та обґрунтованому з точки зору агротехніки та конструкційної доцільності діапазоні.

Вихідні фактори можливо описати якісно та визначити чисельно. Такі фактори дають множину значень функцій, які оптимізуються в процесі виконання експерименту. Тобто маємо умовну систему «чорного ящика» (рис. 2.2), що запропонована Н. Вітером [15].

Отже, ми спланували, що виконання значної частини експериментального дослідження буде проведено у вигляді двофакторного експерименту, де змінними факторами будуть глибина боронування та швидкість руху машинно-тракторного агрегату по полю. Вихідними факторами будуть ступінь знищення паростків бур'янів, ступінь пошкодження культурних рослин або ступінь розпушування поверхневого шару ґрунту (середній розмір агрегатів ґрунту).

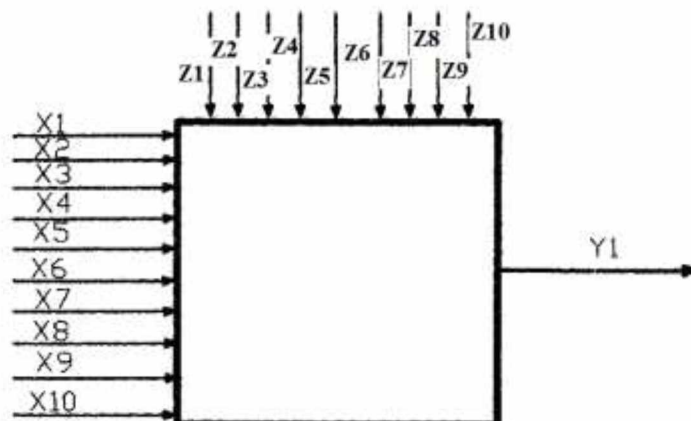


Рисунок. 2.2 – Схема чорного ящика

Ще однією задачею, щодо методичних аспектів нашого наукового дослідження, є обґрунтування місця розташування експериментальних робочих органів дискового типу безпосередньо на елементах конструкцій робочих секцій просапних культиваторів. Таке місце розташування повинно задовольняти наступним умовам:

- необхідно створити можливість вільного переміщення зубів чи голок зовнішнього кола дискових борін відносно меж захисних зон культурних рослин просапних культур;
- необхідно забезпечити мінімізацію відхилень траєкторій руху зубів дискових боронувальних робочих органів відносно поздовжньої осової лінії стрічок захисних зон просапних культур, особливо за умови виникнення випадкового поперечно спрямованого відхилення під час руху просапного машинно-тракторного агрегату;
- треба врахувати і по можливості максимально спростити конструкцію удосконалених боронувальних дискових робочих органів для забезпечення відносно нескладного монтажу-демонтажу, здійснення технологічних регулювань та технічного обслуговування;
- геометричні параметри та приєднувальні розміри бажано максимально уніфікувати для можливості використання на більшій частині просапних культиваторів а також у разі необхідності здійснення післяпосівного боронування, розглянути можливості використання таких робочих органів і на посівних та садильних машинах;
- за умови зменшення енергоємності технологій вирощування просапних культур перевагу необхідно надати пасивним робочим органам дискового типу за умови відносно невисокого питомого опору ґрунту при здійсненні післясходового боронування такими конструкціями;
- за умови використання пасивних робочих органів для здійснення післясходового боронування просапних культур характер і закони руху боронувальних робочих органів не повинні впливати на зміни роботи інших робочих органів просапних культиваторів;

- опір боронуванню, що створюється при застосуванні пропонованих робочих органів дискового типу, не повинен відхиляти гряділі просапних культиваторів від прямолінійного руху вздовж рядків культурних рослин просапних культур.

Варіацію робочою швидкістю руху машинно-тракторного агрегату з експериментальними дисковими боронувальними робочими органами необхідно визначити в агротехнічно допустимих межах: 5...7км/год.

Важливим елементом планування багатофакторного експерименту є визначення граничних значень залежних і незалежних факторів. Такі значення визначаються за умови дотримання агротехнічних вимог та конструкційної доцільності щодо створення елементів сільськогосподарських машин, а також геометричних та біометричних характеристик культурних рослин просапних культур.

В нашому випадку глибина боронування зубами (голками) дискових боронувальних робочих органів при здійсненні післясходового боронування рослин просапних культур може змінюватись в діапазоні 3...5см.

Рекомендована робоча швидкість руху машинно-тракторного агрегату з культиваторами типу КРН обмежується ступенем пошкодження культурних рослин та ступенем присипання культурних рослин агрегатами ґрунту – до 10км/год.

В нашому випадку будемо позначати вхідні та вихідні фактори експериментального дослідження наступним чином:

- вхідні фактори, що вимірюються під час проведення експериментів та дають змогу бути зміненими:
- група факторів X1, до них віднесемо глибину входження зубів у ґрунт;
- група факторів X2, до них віднесемо швидкість руху машинно-тракторного агрегату по полю.

Фактором, що характеризує вихідні значення експериментального дослідження (позначимо Y1) – буде ступінь розпушування ґрунту після проведення боронування дисковими боронувальними робочими органами.

Остання визначається шляхом вимірювання геометричних розмірів грудочок поверхневого боронованого шару ґрунту.

Маємо визначити шляхом проведення польових дослідів вагомість функціонального впливу глибини борошування та швидкості руху машинно-тракторного агрегату по полю на якість розпушення ґрунту:

$$Y_1 = f(X_1, X_2) \quad (2.1)$$

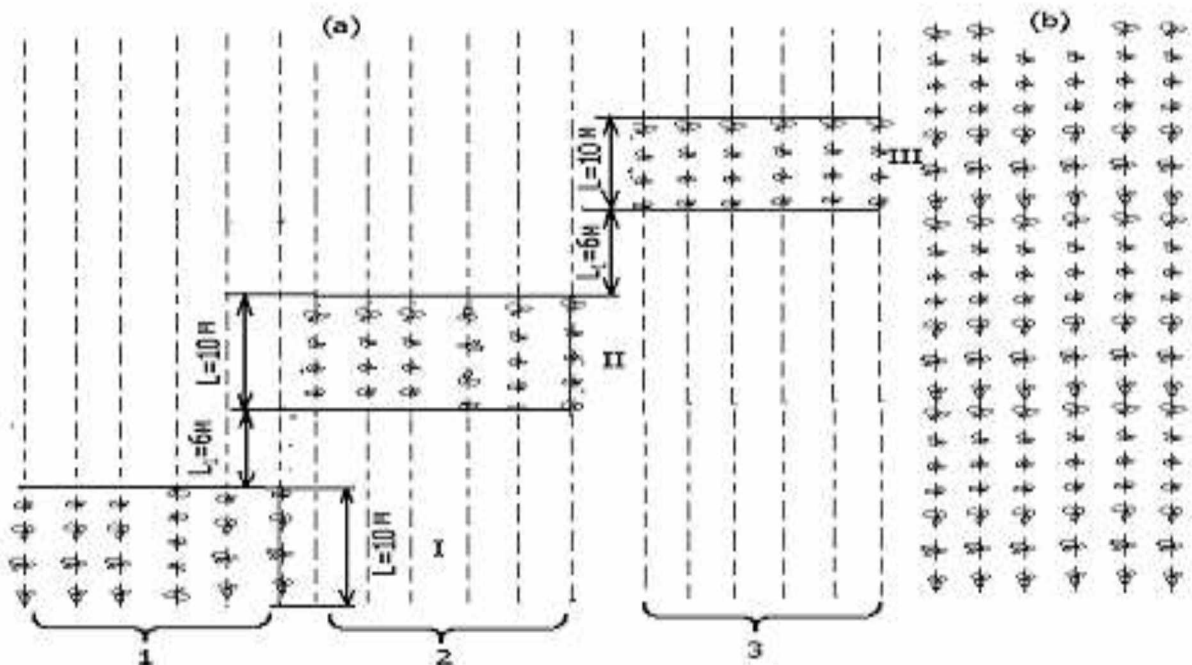
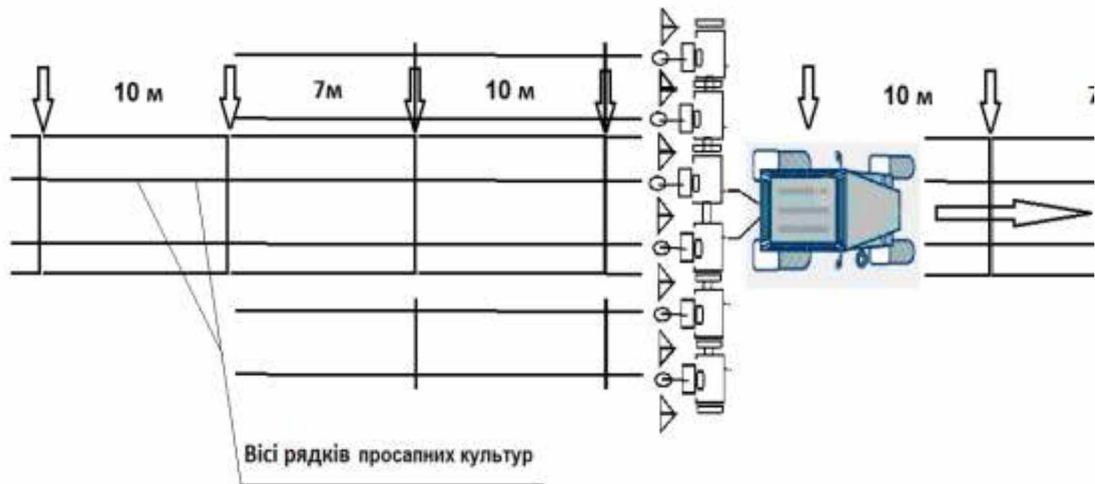


Рисунок 2.4 – Схема щодо розбивки смуги поля та проведення основної частини польових експериментів на дообладнаних дисковими робочими борошувальними органами просапного культиватора КРН-4.2.

З метою встановлення достатнього рівня достовірності отриманих експериментальних даних необхідно виконати по десять вимірювань відносно кожного значення змінних факторів двофакторного експерименту.

Схема розбивки ділянки поля з просапними культурами подана на рис.2.4. Ширина смуги поля кратна робочій ширині захвату просапного культиватора КРН-4,2

Необхідна мінімальна довжина обраної для проведення експериментального дослідження смуги поля забезпечується додаванням мінімум десяти відрізків (10м) з проміжками між ними - 7м. Такі проміжки необхідні для технологічних зупинок машинно-тракторного агрегату та переналагоджування експериментальних робочих органів на інші технологічні умови работ по плану експерименту.

При цьому 10м складає довжина смуги для випробування; 7м – довжина технологічного проміжку.



Рисунок 2.5 – Дискові робочі боронувальні органи, що плануються до проведення експериментальних досліджень

Як зазначалося раніше, така схема розбивки експериментальної частини поля зі сходами просапних культур обґрунтована необхідністю десятикратних повторів кожного виду польового експерименту.

Відповідно до схеми розбивки поля з рис.2.4 на залікових ділянках в зонах роботи експериментальних дискових боронувальних робочих органів була здійснена оцінка комковатості – ступеня розпушування поверхневого

обробленого боронуванням шару ґрунту. Глибина обробітку при цьому склала 3...5см, ширина боронованих смуг – 14...16см.

Отримані числові результати експериментів заносились у відповідні таблиці.

Визначення вологості боронованого шару ґрунту було проведено за відомими методиками [1,15].

Методичні складові щодо якості виконання операційної механізованої технології післясходового боронування просапних культур на посівах кукурудзи та соняшника полягали у наступному:

- визначення глибини розпушення поверхневого шару ґрунту зубами (голками) дискових борін;
- визначення ступеня вирівнювання поверхні поля на оброблених експериментальних ділянках;
- визначення інтенсивності рихлення шару ґрунту;
- визначення ступеня знешкодження паростків бур'янів;
- визначення ступеня травмування чи пошкодження рослин просапних культур.

При цьому ступінь вирівнювання поверхневого боронованого шару ґрунту можливо визначити з використанням профілеміра чи візуально.

Глибину проходження в поверхневому шарі ґрунту зубів (голок) експериментальних борін було виміряно у тридцяти місцях на експериментальних залікових ділянках поля по діагоналі.

Ступінь розпушення поверхневого шару ґрунту вимірюється та визначається наявністю грудочок ґрунту з середнім діаметром менше 3 см. кількість таких грудочок повинна складати не менше 75%.

Після проведення необхідних вимірювань, відносну вологість поверхневого шару ґрунту обчислено за формулою [1,15]:

$$W=(a/v) \cdot 100\%, \quad (2.1)$$

де W – вологість ґрунту, %; a - маса води у ґрунті; b – маса сухого зразка ґрунту.

Ми бачимо, що в сучасному сільськогосподарському виробництві технологічні системи для проведення механізованих операційних технологій є досить складними та багатофакторними.

В нашому випадку описані методики і методи як теоретичного, так і експериментального дослідження технологічного процесу післясходового боронування рослин просапних культур є першим кроком наукової роботи, направленої на покращення якості комбінованого механічного догляду за посівами кукурудзи та соняшнику, а також на зменшення енергетичних витрат сучасних технологій у рослинництві.

3.1. Результати теоретичних досліджень щодо вибору раціонального складу машинно-тракторного агрегату для просапної культивуації

Розглянемо більш системно задачу щодо вибору та комплектування машинно-тракторного агрегату для здійснення міжрядної культивуації просапних культур, наприклад кукурудзи або соняшнику.

Частина оглядових досліджень була присвячена вивченню основних характеристик сучасних просапних культиваторів. Відомо, що за одним показником обрати ту чи іншу сільськогосподарську машину не можливо, тому будемо використовувати методики багатокритеріального вибору.

Прийняття інженерного рішення щодо багатокритеріального вибору машинно-тракторного агрегату пов'язане з тим, що на ринку сільськогосподарської техніки існує досить багато просапних культиваторів та енергетичних засобів з різноманітними технічними та технологічними характеристиками, наприклад, такими, як W – продуктивність машинно-тракторного агрегату; га/зміна; $G_{\text{п}}$ – витрата палива кг/га; E_0 - питомі енергетичні витати, МДж/га; $E_{\text{ш}}$ – ступінь шкідливого впливу від техногенної дії засобів механізації при виконанні операційних технологій просапної культивуації.

Багатокритеріальні методики та методології щодо вибору та комплектування машинно-тракторних агрегатів направлені на науково-технічне обґрунтування кращого варіанту із можливих альтернатив сільськогосподарської техніки, що широко представлена як елемент механізованих технологій сільськогосподарського виробництва.

Треба враховувати, що вибір оптимального варіанту машинно-тракторного агрегату є частиною вирішення комплексних завдань з планування технологій вирощування та збирання зерна, коренів чи листостеблової маси просапних культур.

Тому, алгоритм раціонального вибору машинно-тракторного агрегату можливо виконувати поетапно.

На першому етапі визначаються граничні характеристики щодо вибору сільськогосподарських машин та обладнання. При цьому треба враховувати та звертати додаткову увагу на річний обсяг механізованих робіт, темп виконання механізованих робіт, оптимальні агротехнічні терміни щодо виконання механізованих операційних технологій, фінансові обмеження щодо придбання чи відновлення сільськогосподарської техніки, особливості кліматичних умов регіону, де планується використовувати сільськогосподарські машини.

Неефективне використання машинно-тракторних агрегатів, в тому числі і для виконання просапної культивуації спостерігається і в наш час, основними причинами при цьому можуть бути порушення потоковості виконання в технологічних ланках механізованих робіт; невідповідність робочої продуктивності у складових машинно-тракторних агрегатів; невідповідність впроваджених технологій та технологічних можливостей обраних сільськогосподарських машин.

Наступним кроком є проведення основного етапу. У попередньо визначених та прийнятих варіантах комплектування машинно-тракторних агрегатів проводяться науково обґрунтовані аналітичні операції та робляться висновки щодо отриманих результатів.

Третім етапом вибору може бути, як застосування декількох методів багатокритеріального вибору машинно-тракторних агрегатів, так і порівняння результатів такого багатокритеріального вибору.

Заключний етап використовує результати попередніх етапів вибору (особливо багатокритеріального) для придбання кращих зразків техніки при оновленні МТП.

Відповідальними і важливими складовими при цьому є визначення і первинна систематизація конкретних марок, моделей та кількості необхідних машин для виконання комплексу запланованих механізованих робіт з переліку наявної в аграрному підприємстві та на ринку сільськогосподарської техніки. При цьому співставляються основні технічні

та технологічні показники сільськогосподарських машин. Останнє є підґрунтям для початку аналітичного та математичного аналізу.

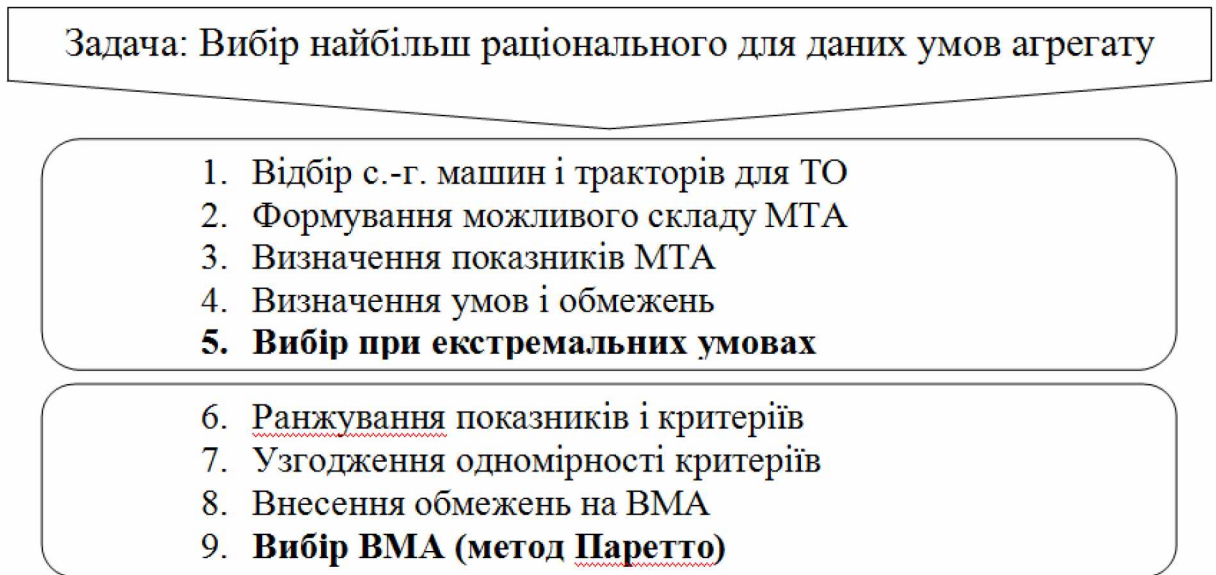


Рисунок 3.1 – Алгоритм застосування методу Паретто щодо порівняння та вибору машинно-тракторних агрегатів для здійснення просапної культивуації.

Значну частину технічних, технологічних характеристик та експлуатаційних показників сільськогосподарських машин та обладнання можливо визначити з їхнього технічного опису та інформації заводів виробників, дилерів, та представництв.

Не треба забувати, що в багатьох випадках кращий варіант сільськогосподарських машин для певного аграрного підприємства чи товаровиробника сільськогосподарської продукції може бути недоступний в першу чергу за причиною обмежень фінансових можливостей суб'єкта господарювання, або інших невідповідностей, наприклад, невідповідність по загальному опору комплекту сільськогосподарських машин і тяговому класу трактора, невідповідність по ступеню адаптації впровадженої технології вирощування просапних культур та технології, під яку спроектована дана машина.

Тобто, такі початкові умови та обмеження являються вагомими чинниками конкретного сільськогосподарського виробництва щодо кінцевого вибору та комплектування машинно-тракторного агрегату, в тому числі і для виконання просапної міжрядної культивуації.

Домінуючими показниками щодо вибору кращого варіанту машинно-тракторного агрегату є продуктивність, а стратегія вибору спрямована на зменшення обмежень експлуатаційних затрат щодо обраного варіанту сільськогосподарської машини.

В останній час ще одним важливим обмежувальним та вагомим фактором при розробці та прийнятті господарського рішення щодо вибору оптимального варіанту машинно-тракторного агрегату для виконання операційних технологій догляду за посівами просапних культур є екологічний фактор. Елемент технології, наприклад, як згадувалося раніше – хімічні способи боротьби з бур'янами і шкідниками просапних сільськогосподарських культур, може бути ефективним але мати суттєвий побічний негативний вплив на оточуюче середовище та екосистему в цілому. Тому, і при здійсненні вибору машинно-тракторного агрегату на перший щабель виходять машини з мінімізованою дією шкідливого впливу на ґрунт, культурні рослини, оточуюче природне середовище. Це можуть бути трактори з гусеничними рушіями, не самі потужні з модельного ряду, з меншою масою сільськогосподарські машинно-тракторні агрегати, агрегати для здійснення механічного обробітку замість хімічного щодо захисту рослин від бур'янів. Якщо виробництво має відносно невизначені умови чи обмеження щодо вибору машинно-тракторного агрегату, то кожен обраний для порівняння показник оцінюється через застосування коефіцієнтів вагомості на основі лексографічного методу.

При застосуванні такого методу в оціночну матрицю вносяться обрані показники та виконується їхня порівняльна оцінка.

Наступним етапом виконується перехресне порівняння вагомості критеріїв по рядку та стовпчику. За умови, якщо критерій по рядку набув

більшого значення або вагомості в порівнянні з критерієм у стовпчику, то в чарунку на перетині взаємоперпендикулярному перетині ставиться цифра 1,5; за умови рівноцінності критеріїв цифра – 1; менш значимі критерії порядку отримують цифру – 0,5. Наступним елементом аналізу є визначення суми $\Sigma K_i, P_i$, коефіцієнт значимості λ_i і ранг показника.

Таблиця 3.1 - Оцінка важливості критеріїв

Критерій	K ₁ W	K ₂ G _п	K ₃ E ₀	K ₄ E _п	ΣK_i	P _i	λ_i	Ранг
K ₁ (W)	1	0,5	1,5	1,5	4,5	16,25	0,28	2
K ₂ (G _п)	1,5	1	1,5	1,5	5,5	21,25	0,36	1
K ₃ (E ₀)	0,5	0,5	1	1,5	3,5	12,25	0,21	3
K ₄ (E _п)	0,5	0,5	0,5	1	2,5	9,25	0,15	4
Σ						59	1	

Важливість (по строчці): 1,5; 1; 0,5.

$$P_i = K_1 \cdot \Sigma K_{i1} + K_2 \cdot \Sigma K_{i2} + K_3 \cdot \Sigma K_{i3} + K_4 \cdot \Sigma K_{i4}$$

$$\text{Коефіцієнт значимості критеріїв } \lambda_i = \frac{P_i}{\Sigma P_i}$$

Треба зауважити, що кількість критеріїв в даній аналітичній матриці обмежена. Відповідно, коефіцієнт значимості критеріїв λ встановлює числове значення і місце (ранг) критерію.

В нашому випадку за вищезначеною методикою ми отримали, що обрані для оцінки та вибору машинно-тракторних агрегатів по здійсненню механізованої операційної технології просапної культивуації мають наступні ранги значимості:

1. Питома витрата палива;
2. Робоча продуктивність машинно-тракторного агрегату;
3. Сукупні витрати енергії на проведення операційної технології механічного догляду за посівами просапних культур;

4. Ступінь шкідливого впливу від застосування конкретної операційної технології щодо механічного обробітку - просапної культивуації.

Узгодження одномірності критеріїв означає те, що наприклад, збільшення числових значень показників для всіх агрегатів повинно означати їх покращення (чи погіршення). Так, W – га/зм. і $G_{\text{п}}$ – кг/га мають протилежні напрямки якості щодо покращення. Для продуктивності машинно-тракторного агрегату W числове збільшення останньої – це умова покращення, а для питомої витрати палива $G_{\text{п}}$ така умова - погіршення критерію.

З метою співнаправлення покращення обраних критеріїв для вибору машинно-тракторного агрегату застосовуються обернені величини для одного із них. Наприклад, обернена величина $f_q = \frac{1}{G_n}$, га/кг означає наступне: у разі збільшення числового значення оберненого до витрати палива показника, покращується паливна економічність досліджуваної технологічної системи по здійсненню операційної механізованої технології щодо просапної культивуації рослин технічних культур.

Подібні алгоритми узгодження оціночних критеріїв щодо математичних напрямків їх покращення можуть бути використано в інших методах науково-обґрунтованого вибору машинно-тракторних агрегатів. Наочно застосування методик по обґрунтуванню кращого варіанту машинно-тракторних агрегатів можливо продемонструвати графічно шляхом побудови в декартовій системі координат ВМА – вихідної множини альтернатив.

Такий спосіб доцільно застосовувати при визначенні кращого варіанту комплектування машинно-тракторних агрегатів за двома критеріями оцінки.

Абсцисами та ординатами такого графіка слугують значення варіантів-альтернатив можливого вибору машинно-тракторних агрегатів.

Таблиця 3.2 - Обрані для порівняння критерії машинно-тракторних агрегатів для виконання просапної культивуації

№	Склад МТА	К-сть с.-г. маш. в агрегат i	Норм а вироб . га/зм	Витрат а палива, кг/га	f _п , га/кг	S _п , га/год	E _о , МДж/г а	f _е , га/МД ж	E _ш , МДж/г а	μ	μ ₁
1	К-701+ КРН-5,6	2	60,4	4,8	0,2083	0,1159	645,9	1,548	401,4	- 0,2 5	- 0,1 2
2	К- 701+КРН- 8,4	1	65,3	4,4	0,227 3	0,107 2	560,5	1,784	350,8	- 0,1 8	- 0,0 2
3	Т-4А +КРН-8,4	1	32,2	2,8	0,357 1	0,140 3	546,1	1,831	301,6	- 0,2 5	- 0,2 7
4	Т-150К+ КРН-5,6	1	38,6	4,5	0,222 2	0,181 3	572,3	1,747	252,5	- 0,3 9	- 0,2 4
5	Т- 150К+КРН -4,2	2	43,4	4,2	0,238 1	0,161 3	547,7	1,826	400,7	- 0,3 7	- 0,2 2
6	Т-150К+ КОН-4,2	2	39	3,7	0,270 3	0,179 5	555,9	1,799	370,7	- 0,3 2	- 0,2 2
7	ДТ-75М+ КРН-5,6	1	10,5	8,2	0,122	0,666 7	1109	0,902	202,9	- 0,7 5	- 0,6 8
8	ХТЗ-130+ КРН-5,6		21,4	4,5	0,222 2	0,327 1	554,3	1,804	151,8	- 0,5 2	- 0,3 6
9	МТЗ-80+ УСМК-5,4	1	18,9	4,6	0,217 4	0,370 4	587,3	1,703	81,32	- 0,5 5	- -0,4
10	МТЗ-82+ КРН-4,2	1	17,9	4,04	0,247 5	0,400 2	533	1,876	50,87	- 0,5 2	- 0,3 6
11	МТЗ- 82+КРН- 4,2	1	16,2	3,4	0,294 1	0,289 3	620,6	1,611	77,22	- 0,5 6	- 0,4 5
12	МТЗ-80+ КОН-4,2	1	17,6	3,8	0,263 2	0,397 7	572,4	1,747	100,6	- 0,5 7	- -0,4
13	ЮМЗ- 6АЛ+	1	13,8	4,4	0,227 3	0,416 7	557,4	1,794	96,97	- 0,5	- 0,4

	КРН-4,2									8	2
1 4	ЮМЗ- 6АЛ+ КОН-4,2	1	12,9	4,9	0,204 1	0,542 6	590	1,695	60,36	0,6 2	- 0,4 5
Ідеалізований варіант			65,3		0,357			1,876	50,87		

Умовне поєднання контурними лініями зовнішніх характеристик порівнювальних альтернатив і дає змогу утворити, так звану границю Паретто – тобто пріоритетними варіантами вибору при цьому будуть варіанти 1, 4, 6 і 8 (рис.3.5).

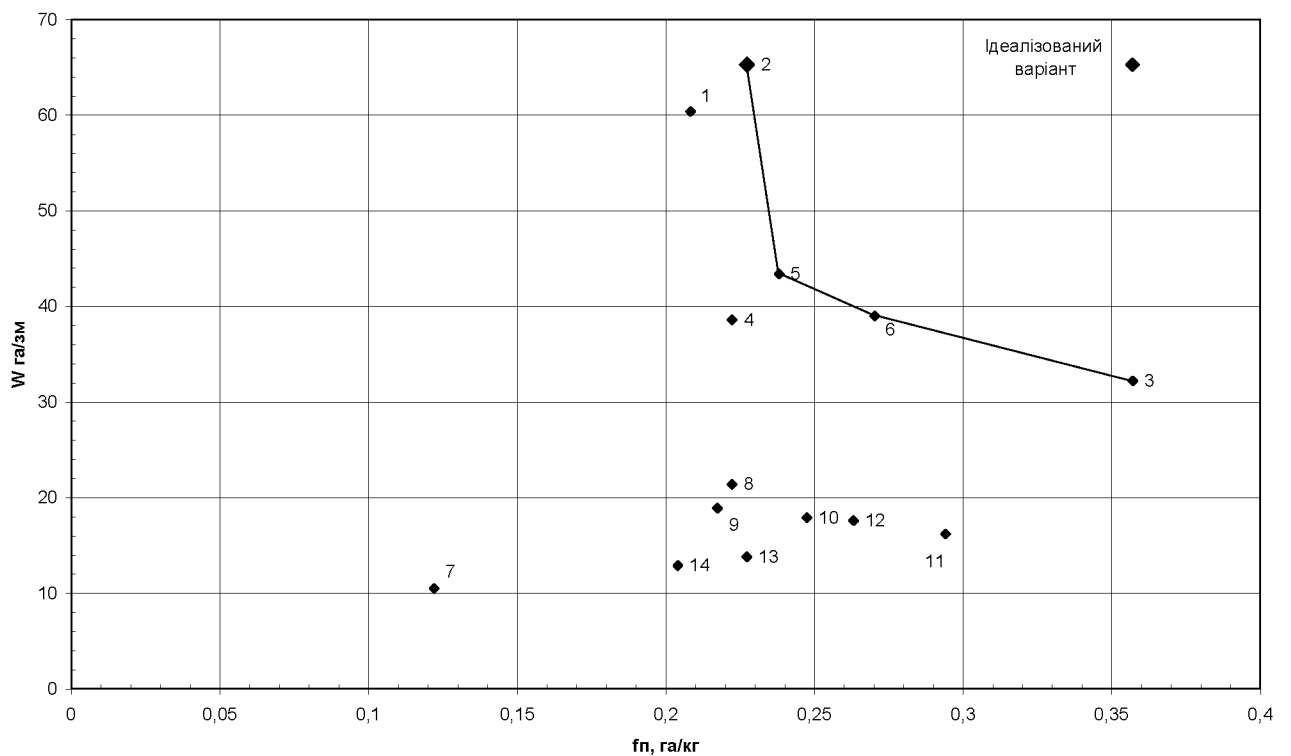


Рисунок 3.2 - Формування границі Паретто для передпосівного обробітку ґрунту комбінованими агрегатами

Варіанти альтернатив, що графічно вийшли за межі границі Паретто, можливо розглядати як другорядні, додаткові, і порівнювати між собою за ознаками домінування.

Частина альтернатив, щодо вибору та комплектування машинно-тракторних агрегатів для виконання операційної механізованої технології

просапної культивуації рослин технічних культур можливо відкинути введенням на початковому етапі дослідження обмежень по вибірковим характеристикам.

Якщо, у нашому варіанті визначити необхідний темп виконання робіт з просапної культивуації на рівні не менше $W^T \geq 4$ га/год., отримаємо виключення альтернатив комплектування машинно-тракторних агрегатів № 7 та № 8.

Якщо ввести обмеження по паливній економічності, то виключаються варіанти 1,2.

При здійсненні аналітичних висновків та зміни щодо вибору обмежень треба враховувати ступінь значимості порівнюваних критеріїв.

Отже, за результатами застосування методу багатокритеріального вибору альтернатив щодо машинно-тракторних агрегатів для здійснення механізованої операційної технології догляду за посівами просапних культур з урахуванням обмежень та наших умов кращим варіантом буде машинно-тракторний агрегат ХТЗ-130+ КРН-5,6Б.

3. 2. Експериментальні дослідження, щодо удосконалення операційної технології механічної просапної культивуації посівів кукурудзи

За методичними рекомендаціями, що викладені у другому розділі магістерської роботи, проводимо експериментальну частину досліджень щодо польової перевірки та визначення кращих технологічних параметрів операційної технології механізованої просапної культивуації з дообладнанням культиватором КРН-4,2 дисковими боронами з голкоподібними робочими зубами.



Рис. 3.2. Загальний вид проведення експериментальних досліджень з визначення оптимального технологічного режиму роботи МТА: МТЗ-80+КРН-4,2.



Рис.3.3. Вид дослідних ділянок поля по обробітку посівів кукурудзи під час проведення експерименту.

З метою проведення наукових експериментальних досліджень операційної технології просапної культивуації промислових посівів кукурудзи нами було обрано прямі методики вимірювання та контролю якості виконання просапної культивуації [13].

При цьому, якість проведення даної операційної технології оцінюється глибиною рихлення поверхневого шару ґрунту, середньою величиною грудочок та якістю механічного знищення бур'янів у %. Остання розраховується за формулою [8,13]:

$$K_{\Pi} = 100(n_c - n_{cn})/n_c, \quad (3.1)$$

де n_c , n_{cn} – облікова кількість бур'янів на контрольованій ділянці до і після проходу робочих органів просапного культиватора, відповідно.

Ступінь механічного пошкодження культурних рослин в нашому варіанті можливо розрахувати за формулою, також у відсотках:

$$K_{\Pi} = 100 \cdot n_{\Pi} / n_o, \quad (3.2)$$

де n_{Π} , n_o – кількість, в першому варіанті пошкоджених культурних рослин та кількість у другому варіанті обрахованих культурних рослин кукурудзи до проходу культиватора КРН-4,2.

За умови виконання розробленої нами програми по проведенню експериментальної частини наукового магістерського дослідження закономірностей щодо визначення ступеню впливу робочої швидкості руху просапного машинно-тракторного агрегату; глибини розпушування дисковими боронами поверхневого шару ґрунту в зоні розвитку культурних рослин; відносної вологості поверхневого шару ґрунту; твердості поверхневого шару ґрунту; відносну ступень знищення паростків та розвинутих рослин бур'янів; обсяг механічного пошкодження культурних рослин на досліджувані процесу при цьому будуть впливати наступні групи чинників: [13]:

1. Група чинників А, що формує відповідну множину = (X_2, X_3) , до такої множини включаються чинники, що мають можливість безпосереднього контролю під час проведення експериментів, а також дослідники мають можливість здійснення цілеспрямованої зміни таких чинників під час проведення програми експериментального дослідження. Така група є одною з самих вагомих, у нашому випадку до неї віднесено робочу швидкість руху машинно-тракторного агрегату, а також глибину поверхневого рихлення ділянок росту культурних рослин кукурудзи дисковими боронами;

2. Наступною групою чинників досліджуваного експерименту є група U, відповідно ця група формує множину = (X_4, X_5) . Чинники групи U мають

властивість щодо здійснення оперативного кількісного та якісного контролю під час проведення експериментальних дослідів, але у них відсутня властивість цілеспрямованого контрольованого змінювання під час виконання дослідниками експериментальної частини наукових досліджень. В нашому випадку групу U будуть складати кількісні показники вологості та твердості поверхневого шару ґрунту у зоні розвитку культурних рослин. Експериментальні значення щодо такої множини чинників можуть бути отримані за результатами проведення додаткових вимірювань та досліджень в умовах спеціалізованих агротехнічних лабораторій.

3. Третя група експериментальних чинників - група Y , формує множину $Y = (Y_1, Y_2)$. До такої множини відносимо вихідні результати експериментального дослідження. Таки результати можливо охарактеризувати як показники оптимізації та показники якості виконання операційної технології після сходової просапної культивуації рослин зернової кукурудзи. За нашою експериментальною програмою до такої групи було віднесено ступінь повноти знищення бур'янів, а також ступінь повноти пошкодження паростків культурних рослин кукурудзи.

За умови вищеперерахованого, математичну модель досліджуваного процесу проведення механічної просапної культивуації можливо описати математичною залежністю: [18]:

$$Y_1 = F(A, U), \quad (3.3)$$

а саме:

$$X_6 = F(X_1, X_2, X_3, X_4) \quad (3.4)$$

та

$$Y_2 = F(X_1, X_2, X_3, X_4). \quad (3.5)$$

Якщо розглядати при цьому статистичні задачі щодо прогнозування одної змінної Y за допомогою декількох p змінних X_1, \dots, X_p , $p > 1$. В такому варіанті проведення наукового дослідження змінна Y_1, \dots, Y_p , визначається як залежна, X_1, \dots, X_p – як незалежна.

Кількісна величина вихідної функції Y має змогу бути апроксимована з використанням $f(X_n; Y_n)$ регресійної функції [18], які містять невідомі параметри. Як відомо, за статистичними методиками та методологіями аналізу експериментальних даних, рівняннями моделей, що визначають залежності відносно залежних та незалежних змінних, являються математичні вирази [18]:

$$Y = f(X_1, \dots, X_p; B_1, \dots, B_m) + \epsilon, \quad (3.6)$$

де B_1, \dots, B_m - невідомі коефіцієнти; ϵ – похибка апроксимації Y , що визначається методами функцій регресійних функцій.

Основні характеристики вищезгаданої моделі можливо оцінити за вибіркою кількох функціональних множин n , що отримані з популяції w .

Таку статистичну вибірку можливо отримати за допомогою одного з двох способів. За умови застосування першого способу необхідно фіксувати низку значень вибірки X_1, \dots, X_p , наступним етапом при цьому в підпопуляціях, що визначені за допомогою певних обмежень, спостерігаються одне група значень вихідних чинників змінної Y . Наступним етапом рекомендованої статистичної обробки експериментальних даних необхідно зафіксувати нові значення вибірки множини X_1, \dots, X_p , після чого знову необхідно вести спостереження за одним або декількома значеннями Y у такій вибірці. Процес аналізу триває, доки не буде визначено n кількість необхідних спостережень. При застосуванні рекомендованого способу спостережень щодо формувань вибірки експериментальних даних, випадковою величиною являється лише змінна Y .

Існує і інший спосіб отримання множини експериментальних даних. Такий спосіб полягає у здійсненні випадкового відбору n значень індивідуумів з популяцій w , при цьому здійснюється одночасне спостереження в таких популяціях усіх $p + 1$ змінних Y . Значення множин X_1, \dots, X_p , в такому разі являються випадковими.

Слід зауважити що методика відносно оцінювання чинників є майже уніфікована для різноманітних способів отримання вибірових множин експериментальних значень, але, при цьому, одне з основних припущень статистичної методології проведення оцінювання кількісних результатів експерименту методами найменших квадратів зазначає наступне: вибірка експериментальних значень повинна бути утворена першим способом.

В нашому випадку можемо припустити, що x_{1i}, \dots, x_{pi} , $i=1, \dots, n$ - зафіксовані показники незалежних змінних X_1, \dots, X_p (де $X_1 = x_{1i}, \dots, X_p = x_{pi}$, а y_i - цифрові значення оцінювальної функції Y , за якою здійснюються наукові спостереження.

Відповідно, вибірку можливо скласти з n спостережень $(y_1, x_{11}, \dots, x_{p1}), \dots, (y_n, x_{1n}, \dots, x_{pn})$. Отримуємо математичну залежність за умови використання моделей множинних лінійних регресій[18]:

$$y_i = \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi} + \epsilon_i, \quad (3.7)$$

де $\beta_0, \beta_1, \dots, \beta_p$ - невідомі параметри, а $\epsilon_1, \dots, \epsilon_n$ - випадкові помилки незалежного характеру.

З урахуванням значного обсягу математичних обчислень, за умови використання методу найменших квадратів, при оцінюванні b_0, b_1, \dots, b_p параметрів, нами було використане прикладне програмне забезпечення відомого статистичного пакету "Аналіз даних" Microsoft Excel [18]. Такі оцінювальні параметри впроможі мінімізувати суму квадратів відхилень:

$$S = \sum_{i=1}^n (y_i - \beta_0 + \beta_1 x_{1i} + \dots + \beta_p x_{pi})^2, \quad (3.8)$$

В статистиці така мінімізація квадратів відхилень називається *коефіцієнтами регресії*.

Оціночний коефіцієнт β_0 має назву довільного члену або константи.

Кількісно аналітичний вираз функціональних залежностей можливо подати у наступному вигляді:

$$\ddot{y} = b_0 + b_1 x_1 + \dots + b_p x_p. \quad (3.9)$$

при цьому необхідно відзначити, щодо суми квадратів S відхилень, то вона є кількісним вимірюванням статистичних помилок, що пов'язані з «підгонюванням» сукупності вибірових значень з використанням функціональних залежностей отриманих моделей лінійних регресій.

Оцінювальні методи «найменших квадратів», так звані МНК – оцінки необхідно виконувати для мінімізації таких помилок.

При прогнозуванні числового значення \hat{y} , можливо отримати мінімальну дисперсійну залежність експериментальних даних x_1, \dots, x_p серед множини лінійних за X_1, \dots, X_p функцій Y .

Щодо вихідних даних програм лінійних регресій, то останні містять значні та важливі величини та характеристики результатів експериментальних досліджень.

Таблиця 3.1 - Таблиця дисперсійного аналізу відносно використання аналітичних моделей множинних лінійних регресій

Джерело дисперсії	Ступінь вільності	Сума квадратів	Середній квадрат	F-відношення
Регресія	$\nu_D = p$	$SS_D = \sum_{i=1}^p b_i \sum (x_{ij} - x_i) y_i$	$MS_D = SS_D / \nu_D$	$F = MS_D / MS_R$
Відхилення від регресії	$\nu_R = n - p - 1$	$SS_R = SS_T - SS_D$	$MS_R = s^2 = SS_R / \nu_R$	
Повна	$\nu_T = n - 1$	$SS_T = \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2$		

В нашому варіанті проведення та статистичній обробці експериментальних досліджень параметр SS_R визначається як числові значення залишкових сум квадратів. Отже можливо сказати, що числові характеристики S , які отримують методами здійснення підстановок (застосуванням методу найменших квадратів) можливо використати в наступному виразі[18]:

$$SS_R = \sum_{i=1}^n (y_i - b_0 - b_1 x_{1i} - \dots - b_p x_{pi})^2. \quad (3.10)$$

Наступним кроком є ділення такої величини на число ступенів вільності $\nu_R = n - p - 1$ (останнє є кількісним відтворенням ступеня вільності помилок оцінювання. При цьому можливо отримати оцінювання дисперсійних помилок. Таке оцінювання називають залишковими середніми квадратами помилок MS_R . Таким чином [18],

$$MS_R = SS_R / \nu_R. \quad (3.11)$$

Добування квадратного кореню з MS_R називають стандартними помилками оцінювання.

Необхідно зауважити, що значення кожного з середнього квадрату розглядається як сума квадратів, що поділена відповідним числом ступенів вільності.

Треба зауважити, що в повному обсязі сума квадратів SS_T , якам віднесена до числа ступенів вільності ν_T , набуває значення оцінки дисперсії Y .

Відповідно цифрове значення відношення SS_D / SS_T дорівнює R^2 . R^2 називають коефіцієнтом детермінації. R^2 являється долею дисперсії Y , що пояснюється регресійними залежностями Y відносно множин X_1, \dots, X_p . Остання величина набуває значення квадрата множинного коефіцієнта кореляції.

Отже, за висновками статистичної методології, значення величини R^2 являється мірою якості про, веденої вибірки експериментальних даних. Зі збільшенням R^2 , отримуємо кращу апроксимовану модель Y .

В методичній частині магістерської роботи нами зазначено, що маємо провести серію експериментальних досліджень по визначенню функціональних залежностей та вагомості чинників багатofакторного експерименту: між повнотою знищених механічним способом бур'янів Y_1 та ступенем травмування паростків просапних культур Y_2 . На показники останніх буде впливати варіювання робочою швидкістю руху машинно-тракторного агрегату X_2 а також зміна глибини обробітку поверхневого

шару ґрунту в зоні боронування рослин просапних культур дисковими голчастими робочими органами X_3 .

Таблиця 3.2 - Вплив типу робочого органу на повноту знищення бур'янів в захисних зонах та ступінь пошкодження культурних рослин на посівах кукурудзи

Тип роб. органу	Повнота знищення бур'янів, Y_1 %	Ступінь пошкодження культурних рослин, Y_2 %
	кукурудза	кукурудза
Стрільчаста лапа культиватора КРН-4,2	34,0	9,8
Однобока лапа Культиватора КРН-4,2	53,6	5,7

Таблиця 3.3 - Оцінки рівнянь регресивного аналізу

Тип робочого органу	Для кукурудзи	
	Y_1	Y_2
Стрільчаста лапа культиватора КРН-4,2	$12,27X_2 + 16758X_3 - 9,01$	$5,67X_2 + 289,9X_3 - 19,88$
Однобока лапа Культиватора КРН-4,2	$13,4X_2 + 534,1X_3 - 27,13$	$28,05X_2 + 478,7X_3 - 87,29$

Тобто, нами методологічно обґрунтовано та обчислено, що з метою віднайдення функціональних залежностей між обсягом механічно знищених бур'янів Y_1 , мірою пошкоджених рослин просапних культур Y_2 , на зміну останніх при цьому впливають такі вхідні чинники, як: швидкість руху машинно-тракторного просапного агрегату - X_2 , глибина рихлення поверхневого шару ґрунту X_3 різноманітними робочими органами просапних культиваторів марки КРН-4,2, можливо застосовувати аналітичні моделі у вигляді множинних лінійних регресій:

$$Y_1 = \beta_0 + \beta_1 X_2 + \beta_2 X_3 \text{ та } Y_2 = \beta_0 + \beta_1 X_2 + \beta_2 X_3. \text{ (табл. 3.2., 3.3.)}$$

Більш детально проаналізуємо отримані результати статистичної обробки експериментальних значень польових дослідів на механічному прополюванні посівів кукурудзи.

За викладками, що наведені у таблицях 3.2; 3.3, можливо зазначити, що краща ступінь механічного знешкодження бур'янів (розвинутих, а особливо – не розвинутих), а також наближення до нуля обсягу механічного травмування паростків зернової кукурудзи при виконанні міжрядної просапної культивуації машинно-тракторним агрегатом МТЗ-80+КРН-4,2 можливо отримати при глибині боронування рядків у межах 5...6см; а робоча швидкість при цьому повинна складати 1,80-2,29м/с.

Отже при проведенні аналізу отриманих регресійних залежностей - результати наведені в таблицях: табл.3.3., та табл.3.4., нами було зазначено: отримати якісні кращі характеристики щодо ступеня механічного знешкодження та руйнування бур'янів, а також кращі результати відносно максимально можливого зменшення чи уникнення механічного травмування паростків зернової кукурудзи різноманітними робочими органами просапного культиватора КРН-4,2 можливо досягти за умови товщини боронованого поверхневого шару ґрунту в зонах розвитку паростків кукурудзи $H=6,00...7,5\text{см}$; робоча швидкість МТА при цьому повинна бути в межах $V=1,890..2,350\text{ м/с}$.

Щодо наступного кроку виконання програми експериментального дослідження, то нами буде виконано статистичну обробку результатів двофакторного експерименту по визначенню оптимальних технологічних та агротехнічних параметрів регулювань основних удосконалених нами робочих органів просапного культиватора КРН-4,2 дообладнаного дисковими голчастими пасивними боронами.

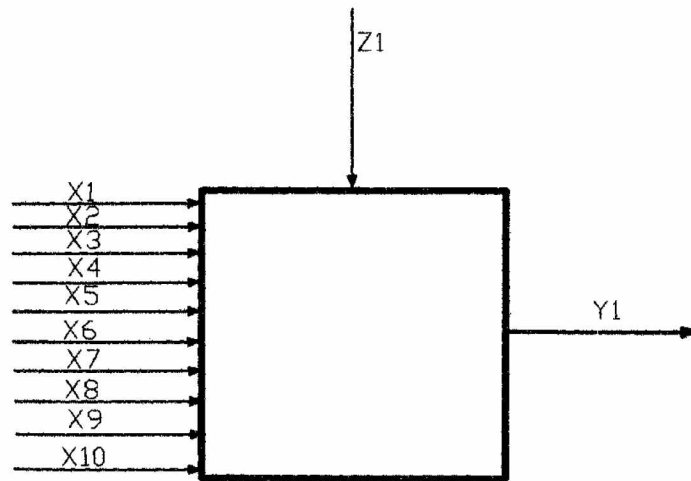
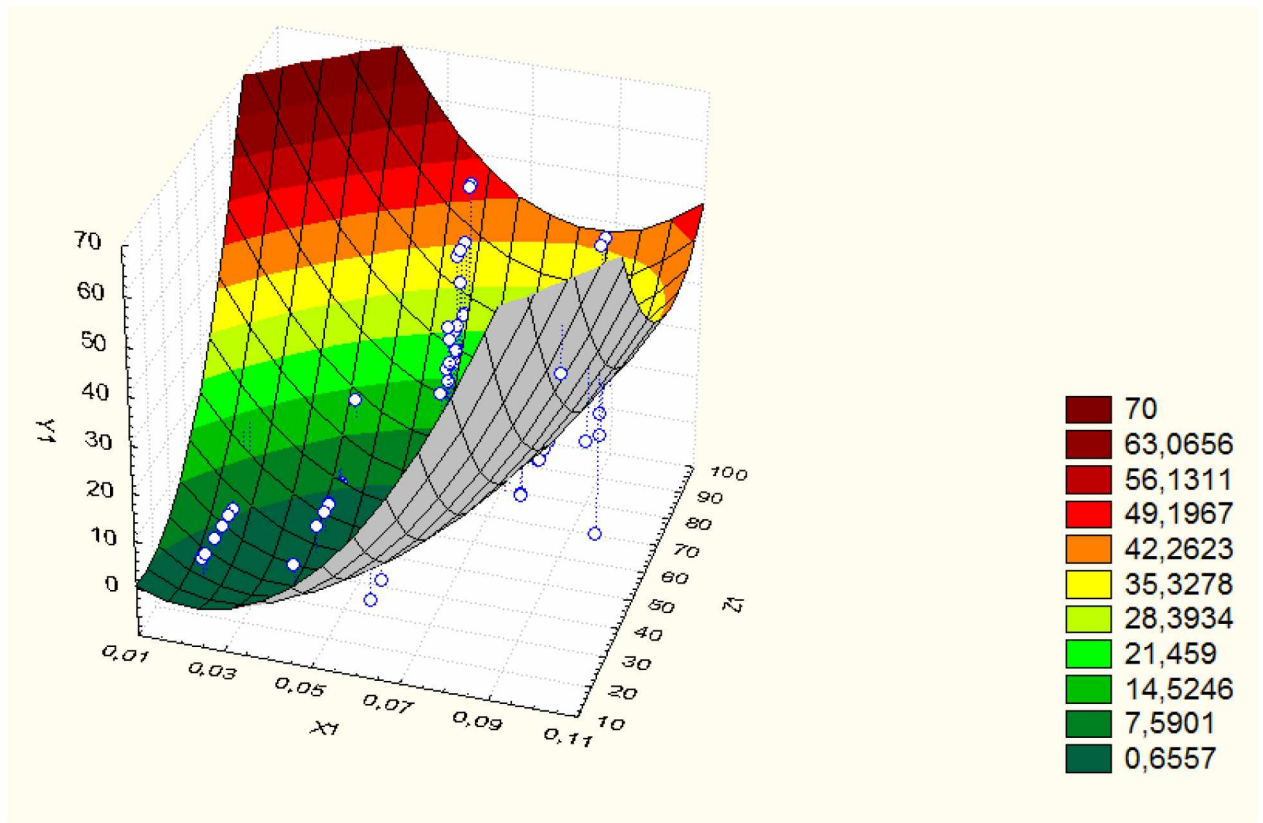


Рис.3.4. Схема «Чорного Ящика»

Умовне відтворення моделі такого двофакторного експерименту можливо представими наочно у вигляді «чорного ящика».

При виконанні низки повторюваних двофакторних експериментів на посівах зернової кукурудзи, які зплановані з метою визначення вагомості функціональних зв'язків між глибиною розпушування ґрунту робочими органами просапного культиватора; швидкістю руху машинно-тракторного агрегату по полю під час здійснення просапної культивації, ступенню механічного знищення розвинутих та нерозвинутих бур'янів, ступеня механічного пошкодження рослин кукурудзи.

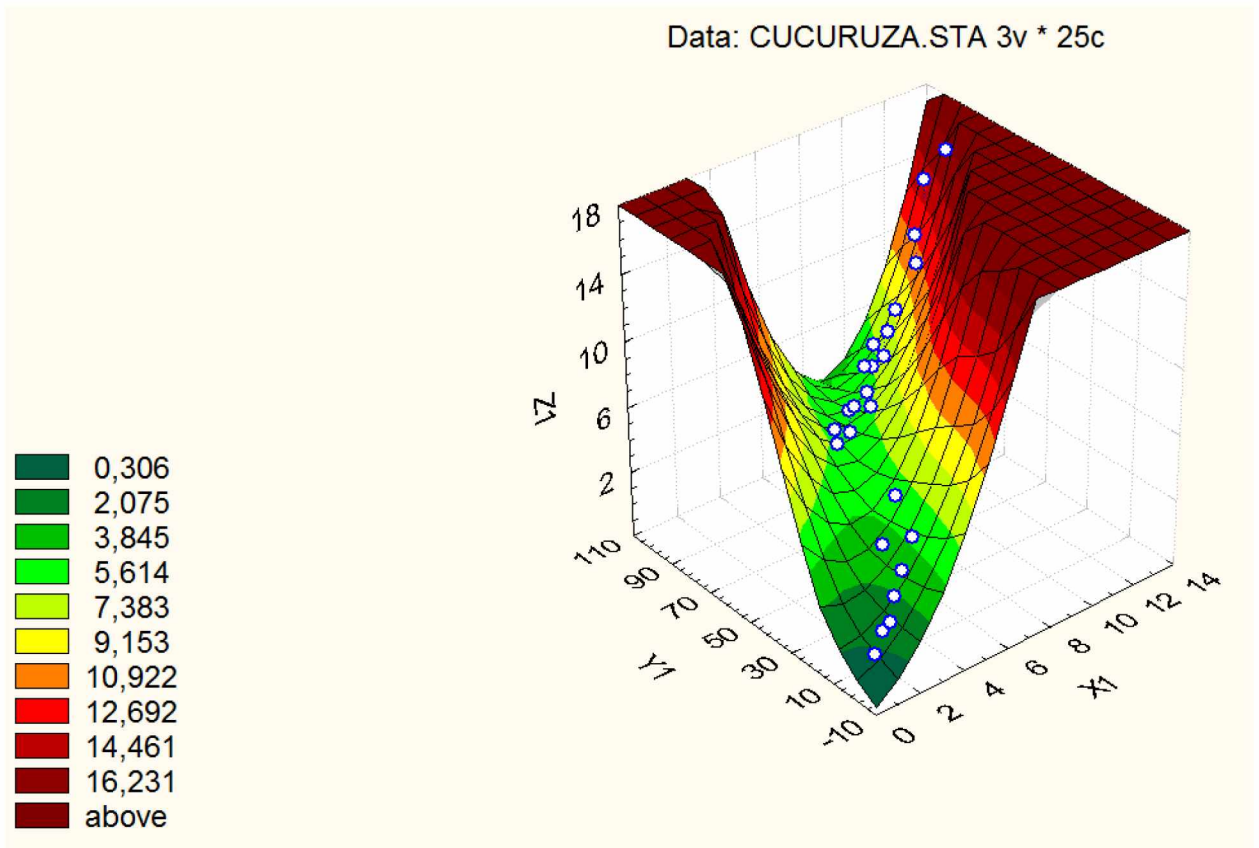
За результатами статистичної та графоаналітичної обробки нами отримано просторові поверхні відгуку другого ступеню, такі поверхні містяться на рисунках 3.5;3,6.



X1	Y1	Z1	X1	Y1	Z1	X1	Y1	Z1
3,000	4,000	30,000	1,000	2,000	10,000	2,000	3,000	20,000
6,000	1,000	50,000	4,000	3,000	40,000	5,000	2,000	75,000
9,000	6,000	80,000	7,000	4,000	67,000	8,000	5,000	85,000
12,000	1,000	55,000	10,00	3,000	90,000	11,000	2,000	60,000
15,000	5,000	43,000	13,00	3,000	40,000	14,000	2,000	30,000

Рис. 3.6 – Результати експериментальних вимірювань та поверхня відгуку, що характеризує вагомість функціональних зв'язків між знищенням бур'янів $Z1, \%$; ступенем пошкодження культурних рослин $Y1, \%$; і глибиною обробітку ґрунту $X1$.

Результати експериментальних вимірювань та поверхня відгуку, що характеризує вагомість функціональних зв'язків між знищенням бур'янів $Z1, \%$; ступенем пошкодження культурних рослин $Y1, \%$; і глибиною обробітку ґрунту $X1$ подано на рис. 3.5 Експериментальні дослідження проведено на посівах зернової кукурудзи.



	X1	Y1	Z1
1	1,000	1,000	0,000
2	1,500	2,000	1,000
3	2,000	4,000	1,000
4	2,500	7,000	2,000
5	3,000	9,000	3,000
6	3,500	23,000	3,000
7	4,000	14,000	4,000
8	4,500	27,000	5,000
9	5,000	60,000	5,000
10	5,500	67,000	5,000

	X1	Y1	Z1
11	6,000	65,000	6,000
12	6,500	70,000	4,000
13	7,000	73,000	5,000
14	7,500	70,000	5,000
15	8,000	77,000	5,000
16	8,500	80,000	6,000
17	9,000	89,000	5,000
18	9,500	90,000	6,000
19	10,000	90,000	5,000
20	10,500	93,000	6,000

Рис.3.6- Результати експериментальних вимірювань та поверхня відгуку, що характеризує вагомість функціональних зв'язків між знищенням бур'янів $Z1, \%$; ступенем пошкодження культурних рослин $Y1, \%$; і швидкістю руху $X1$.

Результати експериментальних вимірювань та поверхня відгуку, що характеризує вагомість функціональних зв'язків між знищенням бур'янів

Z1,%; ступенем пошкодження культурних рослин Y1, %; і швидкістю руху X1 на посівах зернової кукурудзи., подано на рис. 3.6.

Після детального вивчення поверхонь відгуку другого порядку, можливо зазначити: кращі агротехнічні та технологічні показники щодо виконання механічного догляду за рослинами зернової кукурудзи в нашому випадку стали:

- оптимальна робоча швидкість машинно-тракторного агрегату ЮМЗ-6КЛ+КРН-4,2 або МТЗ-80+КРН 4,2 від 8км/год до 10,5км/год.

- оптимальна глибина ходу стрілочастих лап (двобічних та одnobічних) склала від 5см до 7 см;

- оптимальна товщина шару розпушеного дисковими голчастими боронами ґрунту в безпосередній близькості росту культурних рослин склала від 5 см до 6 см.

Маловпливовими факторами, що не змінювались в процесі проведення експериментальних досліджень у нашому випадку стали: механічних абразивний знос елементів робочих органів просапного культиватора (лап, голок борін, елементів навіски та гряділів).

4. РЕКОМЕНДАЦІЙ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Екологічна експертиза

Щодо основного нормативно-правового документу, у якому встановленні основні положення, що регулюють проведення екологічної експертизи проектів, то такий закон було прийнято Верховною Радою України у 1995 році.

Основною метою щодо виконання екологічної експертизи проектів та нових, чи удосконалених виробництв, являється виявлення на основі аналізу виробничого середовища шкідливих виробничих факторів, негативного впливу останніх на оточуюче середовище, упередження такого впливу та розробка заходів по мінімізації техногенної шкідливої дії оцінюваних виробництв.

В такому випадку проводиться екологічна оцінка безпечності проектів як досліджуваної екологічної системи в цілому, так і оцінка ступеня шкідливості техногенного впливу окремих компонентів досліджуваного виробництва безпосередньо на людей та оточуючу флору і фауну.

Основними завданнями, які необхідно вирішити при проведенні екологічної експертизи, є:

- визначення, оцінювання та дослідження величин екологічних загроз та загроз техногенного характеру при дослідженні впроваджених у виробництво технологій, удосконалених під час виробничої діяльності технологій чи технологій виробництв на стадії проектів;

- використання сучасного методичного та методологічного підходу щодо здійснення моніторингу та комплексної оцінки виробничих систем та їх складових – елементів окремо у промисловості та сільському господарстві;

- порівняння на відповідність дотримання вимог чинного законодавства екологічної ситуації на існуючих виробництвах, оцінювання комплексу заходів, впроваджених щодо охорон навколишнього середовища,

їхньої ефективності; співставлення таких заходів з існуючою нормативно-правовою базою, перевірка системи захисту навколишнього середовища на виробництві на відповідність.

- системне поглиблене оцінювання величин шкідливості, що створюються виробничими об'єктами досліджуваних технологічних систем-процесів виробництва; проведення екологічних експертиз як системний аналіз стану оточуючого навколо виробництва природного середовища; вивчення ступеня шкідливості виробничих елементів на працівників та інших людей, так і на тварин та рослин досліджуваної системи;

- здійснення екологічної експертизи на основі використання системного підходу, на основі комплексної ефективності впроваджених заходів, повноти, обґрунтованості, достатньої кількості природоохоронних заходів, ступеня збереження безпечності існування людей та екосистеми вцілому;

- розробка на основі проведеного екологічного аналізу та здійсненого екологічного моніторингу науково виконаних тверджень та висновків, що в повному обсязі висвітлюють актуальність виявлених проблем і завдань по покращенню екологічного становища на досліджуваних виробництвах.

Основними системоутворюючими принципами щодо виконання екологічних експертиз являються:

- гарантія створення на технологічних системах виробничих процесів безпечного за умов екологічності навколишнього середовища для життя і здоров'я людей.

- збалансованість між необхідністю впровадження досліджуваних виробництв чи їх компонентів, соціальними потребами суспільства, потребами опанування та облаштування виробничих територій та інтересами громад щодо створення безпечного екологічного та медико-біологічного стану виробництв та проектів;

- домінування при оцінюванні ступеню шкідливості досліджуваних виробництв науково обґрунтованих механізмів та підходів до об'єктів

дослідження, принципів незалежного неупередженого об'єктивного оцінювання виробничих систем та процесів, принципи всебічної публічності результатів проведених екологічних експертиз.

- економічна доцільність та екологічна безпека виробничих систем та проектів;

- державне спостереження та регулювання проектів виробничих систем щодо екологічності.

В останній час в сучасному промисловому сільськогосподарському виробництві у галузі рослинництва, зокрема при вирощуванні просапних культур, досить важливими та актуальними задачами є задачі щодо максимально можливого збереження продуктивної вологи у ґрунті та зменшення ступеня переущільнення родючого шару ґрунту рушіями сучасної сільськогосподарської техніки. Не меншої уваги потребує і вирішення питань щодо підвищення ступеня екологічності впроваджуваних операційних технологій по догляду за посівами просапних культур.

В такому розрізі пропонована тема нашої магістерської роботи: *«Удосконалення операції післясходового боронування в технологіях міжрядного обробітку просапних культур»* має досить вагому міру актуальності щодо удосконалення елементів виробництва в галузі рослинництва, направлених на підвищення екологічної безпеки виробничих систем у рослинництві, зокрема при вирощуванні просапних сільськогосподарських культур.

Якщо розглядати наші результати наукового дослідження, що виконані у даній магістерській роботі, за умови їхнього подальшого виробничого впровадження, то необхідно зазначити наступне:

Індустріальні технології вирощування та збирання як зерна, так і листово-коренестеблової моти основних просапних культур, необхідно забезпечувати універсальними або просапними тракторами марок ХТЗ-200, Т-150, ХТЗ-130,

ДТ-75М, Caterpillar, John Deere, які мають у своїй більшій перевазі гусеничні рушії.

Такі трактори необхідно комплектувати комплексними чи комбінованими сільськогосподарськими машинами та знаряддями з метою виконання декількох технологічних операцій за один прохід машинно-тракторного агрегату та зменшення загальної кількості проходів машинно-тракторних агрегатів по палю, а значить і зменшення шкідливого впливу рушіїв трактора на ґрунт – зменшення переуцільнення підорного шару ґрунту.

З метою мінімізації кількості проходів машинно-тракторних агрегатів по полю та зменшення сукупних енергетичних затрат технології виробництва просапних культур на збиральних роботах зерна просапних культур можливо застосовувати операційні технології, засновані на використанні зернозбирального комбайну Tribine T-1000 (URL: <https://tribine.com/#top>). Перевагою такої сільськогосподарської машини є суміщення операцій обмолоту зерна з фрезеруванням колій, що залишаються після комбайна та виключенням перевантажувальних транспортуючих машинно-тракторних агрегатів з комплексу машин збирального загону у зв'язку зі збільшенням до 30 м³ об'ємом зернового бункера комбайна.

Крім того, розроблені нами робочі органи, що використовуються в комплектах гряділів просапних культиваторів, можливо агрегувати і інноваційним системним трактором NEKSAT.

Останні інноваційні нововведення щодо технологій у сільськогосподарському виробництві сформовані і розробляються за умови виконання основної стратегії – збереження родючості ґрунтів шляхом накопичення вуглецю та гумусу у верхньому шарі.

Таким чином, наша розробка може бути використана як елемент сучасних екологоощадних технологій з підвищеним рівнем екологічності.

4.2 Охорона праці

До основних задач, які повинні вирішувати виробничі підсистеми з охорони праці та безпеки у надзвичайних ситуаціях, є збереження здоров'я та життя людей, на основі впровадження сучасних технологій сільськогосподарського виробництва з мінімально-можливою кількістю шкідливих та небезпечних виробничих факторів. [17,34].

При оцінюванні на ступень безпечності операційних технологій механічної просапної культивуації, треба враховувати наступне:

- до керування машинно-тракторними агрегатами допускаються механізатори з відповідним посвідчення тракториста-машиніста;
- запуск двигуна трактора чи іншої сільськогосподарської машини повинен здійснюватися тільки з кабіни оператора;
- технічне обслуговування машинно-тракторного просапного агрегату необхідно виконувати тільки при заглушеному двигуні та опущених розвантажених або виставлених на підставки робочих органах;
- рух машинно-тракторного агрегату потребує крім чіткого дотримання правил дорожнього руху України, особливої уважності та обережності тракториста при переїзді через залізничні колії, здійснення розворотів,
- виконанні руху заднім ходом, агрегуванні широкозахватних сільськогосподарських машин та знарядь;
- агрегувати як по дорогам загального використання так і по полю, дозволяється тільки технічно справні машинно-тракторні агрегати.
- Перед початком руху треба виконати операції щозмінного технічного обслуговування та ретельно перевірити справність причіпних чи начіпних пристроїв, щільність гідравлічних з'єднань.
- Початок руху машинно-тракторного агрегату у будь якому напрямку повинен супроводжуватись подачею звукового сигналу.
- При організації механізованих робіт у нічні зміни додаткова увага приділяється перевірці на технічну справність освітлювальних засобів та електричних приладів і обладнання машинно-тракторних агрегатів вцілому.

- Транспортні роботи, що виконуються за допомогою універсальних тракторів, особливість мають те, що через відносно високий центр тяжіння трактора, останній при зміні напрямків руху має підвищену схильність до перекидання, тому, важливо при виконанні поворотів чи зміни напрямку руху уникати різких керованих дій трактором, зменшувати швидкість руху машинно-тракторного агрегату.

- разі виникнення виробничої необхідності здійснення руху дорогами загального керування потребує дотриманні трактористами максимально можливого правостороннього руху, періодичного пропускання у разі виникнення такої потреби скупчення транспортних засобів, що може бути утворено позаду трактора.

- При русі у колонах відстань між машинно-тракторними агрегатами повинна бути не менше двадцяти метрів.

- Виконання робіт у полі, в тому числі здійснення просапної культивуації технічних культур вимагає від оператора машинно-тракторного агрегату та допоміжних працівників уважного стеження за показниками контрольних приладів, бортового комп'ютера машинно-тракторного агрегату. У разі виявлення аварійних режимів чи відхилень від визначених агротехнікою параметрів роботи просапних культиваторів, агрегат зупиняють, недоліки усувають.

Робота на сучасному машинно-тракторному агрегаті - це, і в тому числі, виконання чітких вимог правил пожежної безпеки. Нажаль наслідками вимог пожежної безпеки стають непоправні пожежі, вибухи, травмування та смерті працівників підприємств. В нашому випадку особливої уваги потребують робота близь сухостою чи сухої трави, ліній електромереж та поводження з паливо-мастильними матеріалами.

Отже, отримання умов безпечної роботи на просапному машино-тракторному агрегаті при здійсненні операційних технологій можливе тільки при суворому дотриманні усіх без винятку вимог охорони праці та пожежної безпеки на виробництві.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування досліджень

Річний плановий економічний ефект, розраховуємо за формулою [2]:

$$\mathcal{E} = [(C_{\delta} + E_n \cdot K_{\delta}) - (C_n + E_n \cdot K_n)] \cdot A_n, \quad (4.1)$$

де \mathcal{E} – Річний економічний ефект, грн.; C_{δ} ; C_n – собівартість одиниці продукції за базовим та проектованим варіантами, грн; K_{δ} , K_n – питомі капітальні вкладення базового та нового варіанту, грн.; E_n – нормативний коеф. ефективності капіталовкладень, $E_n = 0,15$; A_n – виробнича програма за новою технологією. Структура собівартості одиниці продукції просапних культур: [2]:

$$C = C_{\text{пр}} + C_{\text{накл}}, \quad (4.2)$$

де $C_{\text{пр}}$ – прямі виробничі затрати, грн.; $C_{\text{накл}}$ – накладні затрати, грн.

Прямі затрати на виробництво: [2]:

$$C_{\text{пр}} = C_{\text{пр.експл.}} + C_{\text{авто}} + C_{\text{ен}} + C_{\text{а.сп.}} + C_{\text{обсл.сп.}} + C_{\text{інш.}} + C_{\text{об}}, \quad (4.3)$$

де: $C_{\text{пр.експл.}}$ – прямі експлуатаційні затрати, грн.; $C_{\text{авто}}$ – затрати на транспортні перевезення, грн.; $C_{\text{ен}}$ – вартість електроенергетичних носіїв, грн.; $C_{\text{а.сп.}}$ – амортизація виробничих потужностей та споруд, грн.; $C_{\text{обсл.сп.}}$ – вартість поточних ремонтів та вартість технічного і технологічного обслуговування засобів виробництва грн.; $C_{\text{інш.}}$ – інші витрати, грн.; $C_{\text{об}}$ – витрати на оборотні засоби, без вартості ПММ (насіння, добрива, отрутохімікати...), грн.

Прямі експлуатаційні затрати є сумою [2]:

$$C_{\text{пр.експл.}} = C_{\text{з.п.}} + C_{\text{гсм}} + C_{\text{ам}} + C_{\text{то,тр}} + C_{\text{ін.е.}}, \quad (4.4)$$

де: $C_{\text{з.п.}}$ – обсяг заробітної плати з нарахуваннями грн.; $C_{\text{гсм}}$ – вартість дизельного палива, бензину, мастил, грн.; $C_{\text{ам}}$ – амортизація машинно-тракторних агрегатів, грн.; $C_{\text{то,тр}}$ – витрати на технічні обслуговування та поточні ремонти техніки, $C_{\text{ін.е}}$ – інші витрати експлуатаційного спрямування, грн.

Відсоток накладних витрат - $C_{\text{накл}}$, рекомендується приймати в межах 30...35% відносно суми прямих експлуатаційних витрат.

Таблиця 4.1 –Техніко-економічне обґрунтування виробничого впровадження удосконалень просапного КРН-4,2.

Показники економічної ефективності	Існуюча технологія міжрядного обробітку	Удосконалена технологія просапної культивуації
Плановий обсяг робіт, на один МТА, га	70	70
Додаткові капіталовкладення на модернізацію просапного культиватора, грн	-	18000
Собівартість виробництва Зернової кукурудзи, грн./га	11720	11630
Річна економія від зниження затрат щодо догляду за посівами, грн./га		90
Плановий річний економічний ефект, грн., рік		7000
Термін окупності додаткових капіталовкладень, років		2,5

Термін окупності основних капіталовкладень[2]:

$$T = K_n / П(Чд)_н; \quad (4.5)$$

$$T_1 = K_{доп} / \Delta П(Чд)_н, \quad (4.6)$$

де T та T_1 – відповідно терміни окупності запланованих та додаткових капіталовкладень у роках; K_n – питомий обсяг планових капітальних вкладень щодо впровадженої технології, грн/т;

$K_{доп}$ – додаткові капітальні вкладення відносно нової техніки, грн; $П(Чд)_н$ – прибуток, що планується від впровадження нового варіанта технологій, грн.; $\Delta П(Чд)_н$ – плановий приріст прибутку, грн.

Рівень рентабельності виробництва нової продукції: ($U_p, \%$) визначається співвідношенням прибутку в новому варіанті $П(Чд)_н$ до капітальних вкладень (K) у відсотках [2]:

$$U_p = П(Чд)_н \cdot 100\% / K. \quad (4.7)$$

Цей показник порівнюють з базовим рівнем рентабельності існуючих технологій.

За отриманими розрахунковими показниками з табл. 4.1, маємо: річний економічний ефект планується в обсязі 12 000 грн. за рахунок зменшення витрат палива як наслідок зменшення кількості повторних проходів просапного культиватора по полю.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. В останній час в сучасному промисловому сільськогосподарському виробництві у галузі рослинництва, зокрема при вирощуванні просапних культур, досить важливими та актуальними задачами є задачі щодо максимально можливого збереження продуктивної вологи у ґрунті та зменшення ступеня переушілення родючого шару ґрунту рушіями сучасної сільськогосподарської техніки. Не меншої уваги потребує і вирішення питань щодо підвищення ступеня екологічності впроваджуваних операційних технологій по догляду за посівами просапних культур.

2. Науково обґрунтованими стратегіями щодо розвитку та вдосконалення промислових технологій вирощування та збирання врожаю основних просапних культур являються стратегії, в основі яких лежить максимально можливе поєднання та одночасне проведення технологічних операцій, якщо останнє не протиречить умовам агротехніки.

3. Удосконаленню в даній магістерській роботі будуть підлягати пасивні ротаційні борони дискового виду з можливістю змінювати вісь обертання безпосередньо зубів та голок таких борін відносно вертикальної нормалі до горизонтальної поверхні поля.

4. Щодо методики досліджень, то нами використано низку теоретичних наукових досліджень на основі математичного моделювання, аналізу та низки статистичних методів. Експериментальні дослідження проведено у вигляді двофакторного експерименту, де змінними факторами будуть глибина боронування та швидкість руху машинно-тракторного агрегату по полю. Вихідними факторами будуть ступінь знищення паростків бур'янів, ступінь пошкодження культурних рослин або ступінь розпушування поверхневого шару ґрунту (середній розмір агрегатів ґрунту).

5. За результатами теоретичних досліджень - застосування методу багатокритеріального вибору альтернатив щодо машинно-тракторних агрегатів для здійснення механізованої операційної технології догляду за

посівами просапних культур з урахуванням обмежень та наших умов кращим варіантом буде машинно-тракторний агрегат ХТЗ-130+ КРН-5,6Б.

6. Після детального вивчення поверхонь відгуку другого порядку, можливо зазначити: кращі агротехнічні та технологічні показники щодо виконання механічного догляду за рослинами зернової кукурудзи в нашому випадку стали: оптимальна робоча швидкість машинно-тракторного агрегату ЮМЗ-6КЛ+КРН-4,2 або МТЗ-80+КРН 4,2 від 8км/год до 10,5км/год; оптимальна глибина ходу стрілочастих лап (двобічних та одnobічних) склала від 5см до 7 см; оптимальна товщина шару розпушеного дисковими голчастими боронами ґрунту в безпосередній близькості росту культурних рослин склала від 5 см до 6 см.

7. Індустріальні технології вирощування та збирання як зерна, так і листо-коренестеблової моти основних просапних культур, необхідно забезпечувати універсальними або просапними тракторами марок ХТЗ-200, Т-150, ХТЗ-130, ДТ-75М, Caterpillar, John Deere, які мають у своїй більшій перевазі гусеничні рушії. Такі трактори необхідно комплектувати комплексними чи комбінованими сільськогосподарськими машинами та знаряддями з метою виконання декількох технологічних операцій за один прохід машинно-тракторного агрегату та зменшення загальної кількості проходів машинно-тракторних агрегатів по палю, а значить і зменшення шкідливого впливу рушіїв трактора на ґрунт – зменшення переущільнення підорного шару ґрунту.

8. Отримання умов безпечної роботи на просапному машино-тракторному агрегаті при здійсненні операційних технологій можливе тільки при суворому дотриманні усіх без винятку вимог охорони праці та пожежної безпеки на виробництві.

9. Річний економічний ефект планується в обсязі 12 000 грн. за рахунок зменшення витрат палива як наслідок зменшення кількості повторних проходів просапного культиватора по полю.