

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ ВЕТЕРИНАРНОЇ
МЕДИЦИНИ І БІОТЕХНОЛОГІЙ ім. С.З.ГЖИЦЬКОГО
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ
ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ**

ДИПЛОМНА РОБОТА
другого магістерського рівня

на тему: **«Оцінка якості роботи самохідних обприскувачів»**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-61

Спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Гось Ю. Л.
(Прізвище та ініціали)

Керівник: Ковалишин С.Й.
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: Шарибура А.О.
(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2025

УДК 621.433.052

Гось Ю.Л. «Оцінка якості роботи самохідних обприскувачів»

//Дипломна робота. – Дубляни: Львівський національний університет ветеринарної медицини і біотехнологій ім. С.З.Гжицького. 2025. – 56 с.

В роботі проведено оцінку якості роботи процесу обприскування посівів сільськогосподарських культур. В якості об'єктів порівняння були вибрані обприскувачі Matrot Maestria та Horsch Leeb 5 LT. В процесі проведення порівняльної оцінки було встановлено, що Horsch Leeb LT досяг вищої рівномірності покриття по всій висоті рослини за заданих умов. Його спектр крапель набагато дрібніший. Падаючі краплі рівномірніше розподіляються на листках рослин і не схильні до утворення патьоків, що можна візуально підтвердити на отриманих зразках. Це також означає, що розпилений хімікат не має такої схильності до падіння з листка, що також економить розчин для обприскування. Ще одним аспектом, який контролювався, був знос розпилювального матеріалу на кабінку водія. Цей експеримент чітко продемонстрував, що обприскувач Horsch Leeb 5LT є більш екологічним щодо можливого забруднення кабінки, ніж Matrot Maestria, завдяки своїм задньо встановленим штангам. На самохідному обприскувачі Matrota Maestria виявлено вплив зносу на сходи та дверну ручку із середнім покриттям 0,73% виміряної проби.

В роботі розроблено заходи з охорони праці в процесі обприскування посівів самохідними обприскувачами. Проведено техніко-економічну оцінку ефективності роботи обприскувачів.

Таблиць 9; рисунків 36; бібліогр. джерел 19

Зміст

Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА КОМПОНЕНТІВ СУЧАСНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ.....	9
1.1. Огляд конструкцій систем оприскувачів.....	9
1.2. Обладнання та компоненти сучасного обприскувача.....	18
1.3. Догляд за обприскувачем та його експлуатація.....	30
1.4. Негативні аспекти обприскування.....	32
1.5. Характеристика системи точного землеробства.....	33
1.6. Сучасні технології навігації та геодезичного дослідження.....	38
1.7. Характеристика дронів.....	41
Висновки за розділом.....	44
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	46
2.1. Характеристика господарства.....	46
2.2. Вибір місця проведення досліджень.....	47
2.3. Методологія лабораторних вимірювань.....	49
2.4.Об'єкт дослідження.....	49
Висновки за розділом.....	53
РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	54
3.1. Результати перевірки обприскувача перед експериментом.....	54
3.2. Результати польового експерименту.....	61
3.2.1. Результати оцінки покриття поверхні обприскувачем Matrot Maestria.....	62
3.2.2. Результати санітарної оцінки кабіни машини Matrot Maestria...	63
3.2.3. Результати оцінки покриття поверхні рослин обприскувачем Horsch Leeb 5 LT.....	64
3.2.4. Результати оцінки покриття зразків на кабіні Horsch Leeb 5 LT.	65

Висновки за розділом.....	66
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ.....	69
4.1. Охорона праці на механізованих роботах під час обприскування посівів озимого ріпаку.....	69
4.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм.....	71
4.3. Пропозиції з покращення умов праці під час обприскування посівів.....	74
4.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях.....	75
Висновки за розділом.....	76
РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА.....	77
Висновки за розділом.....	82
ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ.....	83
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	85

Вступ

У сфері технологій хімічного захисту рослин ми зараз стикаємося з впровадженням нових систем та підходів, спрямованих на стале використання засобів захисту рослин [1]. Окремі виробники технологій у цій галузі пропонують багато нових або вдосконалених ідей з метою підвищення вже високого рівня точності дозування обприскування.

У зв'язку зі зростанням розмірів сільськогосподарських підприємств, потреба у підвищенні продуктивності при придбанні нової техніки та обладнання для захисту рослин залишається пріоритетною [3,4]. Виходячи з цієї тенденції та враховуючи той факт, що захист рослин має бути спланований та забезпечений вчасно, обприскувачі повинні мати постійно зростаючий об'єм резервуарів для зберігання, більшу робочу ширину та якість роботи. У всіх конструктивних рішеннях обприскувачів очевидна тенденція до використання систем інжекційного дозування. Тут також вирішальне значення мають електронні інструменти, починаючи з відповідних діагностичних або прогностичних моделей і продовжуючи експлуатацією та керуванням обприскувачами [10,12]. У традиційному землеробстві пестициди та добрива використовуються для захисту рослин та сприяння їх росту та родючості. В органічному землеробстві їх використання суворо обмежене. В обох типах сільського господарства ЄС прагне до безпечнішої продукції для споживачів. ЄС контролює використання пестицидів, щоб мінімізувати ризики для нашого здоров'я та навколишнього середовища. Усі пестициди містять активні речовини, що діють проти шкідників або небажаної рослинності. Усі активні речовини у засобах захисту рослин, що використовуються в ЄС та Україні, повинні бути схвалені Європейською Комісією, щоб гарантувати їхню безпеку перед тим, як продукт буде розміщено на ринку. Хімічні речовини, що використовуються в сільському господарстві, повинні бути безпечними для здоров'я людей і тварин, а також для навколишнього середовища [2,9]. Європейське агентство з безпеки харчових продуктів проводить оцінку ризиків пестицидів та надає наукову підтримку Європейській Комісії та

державам-членам у процесах прийняття рішень. Подальші схвалення базуються на цих ретельних оцінках.

У сучасному сільському господарстві використовується багато різних речовин захисту рослин. Їхній вплив на довкілля, ґрунт, сільськогосподарські рослини може відрізнятися залежно від того, як вони застосовуються [5]. В значній мірі це залежить від машин з їх внесення – обприскувачів. Вони значно відрізняються за своєю продуктивністю, технологіями внесення, конструкцією розпилювачів [14, 15, 16, 17, 18, 19, 20]. Досліджуючи ці фактори в сукупності можна добитись якісного внесення засобів захисту рослин та досягнути їх найефективнішого впливу на бур'яни чи хвороби рослин з найменшою негативною дією на навколишнє середовище.

Метою роботи є оцінка якості обприскування посівів сільськогосподарських культур шляхом порівняння роботи обприскувачів Matrot Maestria та Horsch Leeb 5 LT.

Для досягнення даної мети необхідно було **виконати наступні задачі:**

- проаналізувати конструктивно-технологічні характеристики обладнання та компонентів сучасних обприскувачів
- адаптувати методику оцінки якості обприскування для самохідних обприскувачів;
- оцінити покриття поверхні рослин обприскувачами Matrot Maestria та Horsch Leeb 5 LT;
- здійснити санітарну оцінку робочого місця оператора обприскувачів Matrot Maestria Matrot Maestria та Horsch Leeb 5 LT;
- провести техніко-економічну оцінку роботи обприскувачів.

РОЗДІЛ 1. ХАРАКТЕРИСТИКА ОБЛАДНАННЯ ТА КОМПОНЕНТІВ СУЧАСНИХ ОБПРИСКУВАЧІВ

1.1. Огляд конструкцій систем оприскувачів

Економічно успішне вирощування рослин, включаючи культурні, означає для людини довгострокові зусилля щодо підтримки здоров'я посівів, вільних від шкідників та хвороб. Зусилля людини щодо підтримки чистоти рослинності, вільної від бур'янів та шкідників, таких як гризуни та комахи, суперечать саморегулюючим механізмам природи, яка намагається збалансувати екологічний баланс та різноманітність природи. В епоху сучасного сільського господарства цей аспект посилюється, і на перший план виходять зусилля щодо забезпечення високоякісного захисту штучно створеної рослинності. На перший план виходять нові методи захисту рослин. Від простих механічних втручань відбувається поступовий перехід до використання хімічних засобів, які використовуються для знищення бур'янів у рослинності та шкідливих організмів. Необхідно враховувати, що всі синтетичні речовини є неприродними для природи та можуть призвести до порушення природної екосистеми.

Рослинництво – це галузь сільського господарства, метою якої є виробництво сировини для виробництва основних продуктів харчування для людства [7,8]. Історія сільського господарства сягає кам'яного віку, коли люди почали вирощувати культурні рослини для отримання продуктів харчування. Зокрема, це були такі культури, як пшениця, ячмінь, горох, сочевиця, насіння яких вільно розсіювалося, а врожай згодом збирався. На території сучасної Америки люди в той час не знали таких культур, як ячмінь чи пшениця. На цій території вирощували переважно кукурудзу та картоплю. У період близько 400 років до нашої ери, за правління Олександра Македонського, сільське господарство найбільше розвивалося та поширювалося на Балканах. Зернові та бобові почали вирощувати на території сучасної Греції.

Пізніше сільське господарство поширилося практично по всьому світу.

У 16 столітті картопля та кукурудза досягли Європи, а також там почали вирощувати тютюн. У 19 столітті сільське господарство почало досягати вищого рівня. Вчені почали розробляти нові сорти деяких культур і таким чином сільське господарство почало розвиватися в напрямку підвищення родючості, а також придатності для використання ґрунтів нижчої якості.

У сучасному сільському господарстві незамінну роль відіграють машини, призначені для захисту рослин.

Важливість цих машин не можна вважати незначною. Ми повинні розуміти, що захист сільськогосподарських культур повинен проводитися в повному обсязі, починаючи від запобігання появі шкідників до безпосереднього втручання в урожай. Без цього рослинництво не було б достатньо ефективним.

Держава намагається запобігти забрудненню водних джерел та водотоків на своїй території, і тому встановила кілька зон охорони, в яких використання хімічних засобів захисту рослин обмежено або заборонено.

Захист рослин поділяється на непрямий, який має профілактичний характер і складається наприклад, з відповідного живлення рослин, правильного вибору земельної ділянки, наприклад, через загрозу знищення врожаю тваринами, правильного вибору сортів, сівозміни, дотримання агротехнічних термінів, глибини посіву та густоти рослинності, догляду за ґрунтом та краями ділянок та власне підготовки ґрунту перед посівом. Прямий захист рослин здійснюється за допомогою механічних або хімічних засобів.

Механічні засоби захисту рослин. Механічні засоби захисту рослин, безсумнівно, є найдавнішими. Цей метод захисту дуже трудомісткий і використовується переважно на невеликих ділянках, таких як сади. До них належать, наприклад, різні пастки для комах, пастки для дичини, ручний збір шкідників та механічне розпушування ґрунту. На більших площах використовуються розпушувачі. У сучасному сільському господарстві розпушувачі сприймаються як машини, призначені для знищення бур'янів, руйнування аерації ґрунту, аерації ґрунту та підвищення біологічної

активності ґрунту.

За допомогою розпушувача можна вносити добрива або необхідні мінерали за один прохід. Ефект також слід зменшити, зменшивши потребу в хімічному захисті на розпушених землях.



Рисунок 1.1 – Культиватор-проріджувач Monosem

Біологічні засоби захисту рослин. Біологічні засоби захисту рослин використовують природних ворогів для боротьби зі шкідниками, хворобами рослин та бур'янами. Їхня функціональність базується на припущенні, що в збалансованій екосистемі популяція шкідників та їхніх природних ворогів знаходиться в рівновазі. Під цією концепцією ми можемо уявити, наприклад, будівництво жердин для хижих птахів на краю поля або в інших підходящих місцях, наприклад, біля кіл на полі, де вони також служать для позначення перешкод у насадженні. Ідеальною картиною біологічного балансу у зв'язку із захистом насадження від гризунів може бути така кількість хижаків, яка здатна природним чином регулювати популяцію збільшеної кількості гризунів. У такому випадку використання хімікатів не є необхідним.



Рисунок 1.2 - Хижий птах сидить на штучній жердинці в полі

Хімічні засоби захисту рослин. Хімічні засоби захисту рослин – це найпоширеніші засоби. Завдяки своїй ефективності, токсичності та іншим властивостям, вони також мають найбільший негативний вплив на навколишнє середовище, і необхідно, щоб їх використання було регульоване.

Два терміни мають найбільше значення при прийнятті рішення про проведення захисного обприскування:

- рівень шкідливості;
- поріг шкідливості.

Рослина має кілька властивостей, які впливають на якість обприскування. Перша з них - це розмір рослини та поверхня листя. Менше листя краще покривається обприскуванням, ніж велике. Обприскувальна рідина краще покриває структуроване листя, ніж гладке. Друга властивість - це щільність рослини. При густому стоянні рослин обприскувальна речовина краще прилипає до верхнього та зовнішнього листя та стебел, ніж до листя, яке знаходиться всередині рослини та над землею. Краплі повинні мати певну кінетичну енергію, щоб мати змогу покрити нижню сторону листя. Ця енергія прямо пропорційна розміру крапель. Для машин з малим спектром крапель доцільно мати повітряну підтримку або іншу технологію, яка може забезпечити вплив краплі [9].

Препарати, що використовуються в хімічному захисті поділяються за цільовою групою шкідників:

- інсектицид - препарат проти комах;
- фунгіцид - препарат проти грибкових захворювань;
- гербіцид - препарат проти бур'янів;
- родентицид - препарат проти гризунів;
- ларвіцид - препарат проти личинок;
- аркацид - препарат проти кліщів;
- десикант - препарат для сушіння рослин;
- регулятор росту - уповільнює ріст і розвиток рослин;
- морфорегулятор - препарат для спрямування біохімічних процесів

рослин;

- інші допоміжні препарати, такі як антивипаровувачі, клеї, загусники, змочувачі.



Рисунок 1.3 Гербіцид у оригінальній упаковці, призначений для поверхневого обприскування

Машини для хімічного захисту. Машини для хімічного захисту дуже важливі в сучасному сільському господарстві. Їх значення також зростає завдяки поширенню технологій мінімізації обробки ґрунту. Технологія мінімізації поступово розширюється в багатьох сучасних сільськогосподарських підприємствах. Захист рослин від шкідників та хвороб приносить збільшення урожайності і валового збору зерна підприємству. Машини для хімічного захисту поділяють на групи за розміром частинок, що утворюються під час розпилення обприскувальної речовини, на окремі групи.

Туманоутворювачі. Туманоутворювачі створюють легкий туман з розміром частинок до 0,02 мм або густий туман з розміром частинок до 0,05 мм. Такий туман падає з дуже низькою швидкістю. Через свою залежність від погодних умов він не підходить для використання на відкритих майданчиках. Він більше підходить для теплиць та інших закритих приміщень. З цих причин туманоутворювачі сьогодні не використовуються для рутинного захисту посівів.



Рисунок 1.4 – Ручний розпилювач Molpir

Розпилювачі. Розпилювачі – це машини, що використовуються для захисту рослин шляхом створення щонайменше 80% рідини, крапель розміром від 0,025 до 0,125 мм. Розпилення характеризується меншою витратою води, використанням більш концентрованого ефективного препарату, а також використанням пневматичного або гідропневматичного розпилення рідини. Повітря стає носієм для транспортування крапель до оброблюваної культури. Вони доставляються в зону обробки потоком повітря від вентилятора, який забезпечує їх енергією. Розпилювачі можуть перевозитися в причепі трактора, або ж за трактором може використовуватися причіпний розпилювач. Найчастіше їх використовуються для обробки виноградників, хмільників і часто садів.



Рисунок 1.5 – Навісний гідропневматичний обприскувач марки Agromehanika AGP

Обприскувачі. Під час своєї роботи обприскувач розсіює рідину та створює частинки із середнім розміром 0,15 - 0,5 мм. Власник земельної ділянки може вибрати один із кількох типів обприскувачів залежно від розміру, якою він керує. Ми розрізняємо три типи обприскувачів:

- навісні, що навішуються на навіску трактора;
- причіпні, що агрегатуються і переміщуються за допомогою трактора.
- самохідні - мають власний агрегат і не залежать від інших засобів. Це машини, призначені переважно для захисту польових культур. Вони відрізняються головним чином конструкцією, об'ємом бака та шириною

захвату. Ширина захвату може коливатися від 6 до 50 метрів робочої ширини. Розмір бака для рідини коливається від 100 до 14 000 літрів. Вони також виконують інші функції, крім захисту рослин, а саме внесення рідких добрив на культуру з можливістю автоматичного регулювання дози незалежно від робочої швидкості машини.

Зараз особливо актуальним є точне дозування та якісне покриття культури розчином. Це дозволяє заощаджувати кошти, витрачені на придбання хімікатів. З конструктивної точки зору ми поділяємо обприскувачі на 3 основні типи:

Навісний обприскувач. Конструкція цього типу обприскувача дозволяє монтувати його на триточкову зчіпку трактора. Навісні обприскувачі є ідеальним вибором для малого та середнього бізнесу, яким потрібна належна продуктивність та хороша маневреність у полях.

Висока варіабельність конструкцій баків та штанг задовольнить вимоги клієнтів - від невеликих простих навісних обприскувачів до високопродуктивних, найкраще оснащених машин.

Робоча ширина обприскувача зазвичай коливається від 6 до 28 метрів. У випадку важчого обприскувача доцільно додати вагу до передньої частини трактора, щоб запобігти нерівномірному розподілу ваги. Однак, ми повинні враховувати той факт, що це збільшує тиск на ґрунт і, таким чином, спричиняє надмірне ущільнення.



Рисунок 1.6 – Навісний обприскувач Hardi MEGA

Причипний обприскувач. Причипні обприскувачі призначені для фермерів

з більшими земельними площами. Робоча ширина покриття найчастіше становить від 12 до 38 метрів.

Об'єм бака може сягати 7000 літрів. Доцільно поєднувати об'єм бака з об'ємом машини, яка забезпечує обприскувач водою, з точки зору ефективності наповнення обприскувача. Конструкція причіпного обприскувача зазвичай рамного типу з однією віссю, яка може бути суцільною або піддресореною з повітряними подушками для усунення ударів та покращення комфорту їзди завдяки меншому навантаженню на матеріали машини. Коли йдеться про штанги, ми також наголошуємо на їх стабілізації та повторенні рельєфу, що важливо для точності дозування обприскувача та покриття поверхні на нерівних поверхнях. Ці обприскувачі можуть використовувати технологію прямого внесення пестицидів та змінної дози азотного удобрення за допомогою N-Sensor. Важливим параметром для причіпних обприскувачів є дорожній просвіт шасі, який коливається приблизно від 60 до 90 сантиметрів, що може обмежувати нас під час обприскування вищих культур, таких як соняшник, кукурудза або ріпак. Однак слід також враховувати, що причіпний обприскувач тягнеться трактором, дорожній просвіт якого нижчий, ніж у самого обприскувача, і тому рослина може контактувати з шасі трактора, що може її пошкодити.

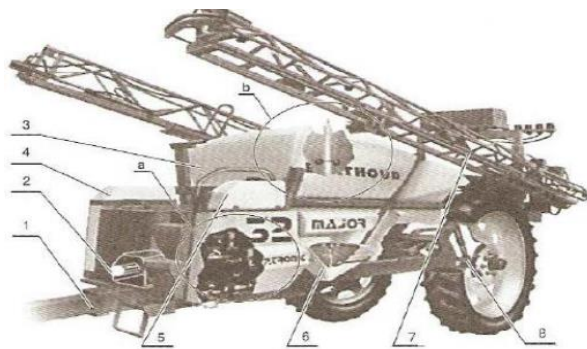


Рисунок 1.7 – Основні частини причіпного обприскувача

Самохідний обприскувач. Самохідні обприскувачі реалізують з найефективніші методи хімічного захисту рослин. Вони рекомендуються

фермерам, які обробляють великі площі землі, або компаніям, що надають послуги в сільськогосподарському секторі. Ця група обприскувачів має власний агрегат, що є її головною перевагою. Для їх використання не потрібен трактор. Найчастіше самохідні обприскувачі використовують гідростатичний повний привід. Ще однією перевагою є можливість забезпечити максимальну робочу ширину, що наближається до 50 метрів. Дорожній просвіт самохідних обприскувачів може сягати 200 см. Такі обприскувачі стандартно оснащені кабіною оператора, в якій розташований бортовий комп'ютер, що служить центром керування. Виробники намагаються враховувати оператора під час проектування та забезпечити максимальний комфорт і безпеку під час роботи. Про це свідчать багато особливостей, таких як можливість автоматичного ведення по рядах, використання технології GPS, автономне керування з мінімальною допомогою оператора. В останні роки виробники звертають увагу на мінімізацію зносу розпилювального матеріалу, що впливає на економічну економію та підвищення ефективності робочої операції. Застосування системи точного землеробства з цими машинами має великий сенс. Результатом є як економічні, так і агрономічні переваги. Найпоширеніші самохідні обприскувачі мають ширину штанги від 24 до 36 метрів робочої ширини. Недоліком самохідних обприскувачів є вища ціна придбання та дорожче обслуговування порівняно з причіпними обприскувачами.



Рисунок 1.8 – Самохідний обприскувач Horsch Leeb PT

Менш поширеним методом захисту рослин є авіаційний обприскувач.

Для цього використовуються спеціально модифіковані літаки, які оснащені баком для розпилювального розчину, насосом та рамою з форсунками. Наразі цей метод захисту рослин використовується нечасто.



Рисунок 1.9 – Авіаційний обприскувач Z-37

1.2. Обладнання та компоненти сучасного обприскувача

найважливіші частини, без яких не обходиться жоден сучасний обприскувач.

Бак. Сучасний обприскувач оснащений високоякісним баком для зберігання води, який може бути виготовлений з поліетилену, скловолокна або нержавіючої сталі. Ці баки зазвичай мають об'єм 4000 літрів, понад 5000 літрів і до 8000 літрів. Перевагою поліетиленових баків є легке очищення, оскільки вони більш стійкі до агресивних хімічних речовин і важать менше, ніж, наприклад, сталевий бак. Сучасний обприскувач також має бак для промивання, який містить чисту воду для промивання машини та труб. Обладнання деяких обприскувачів також може бути доповнено невеликим баком для чистої води, що використовується для гігієнічних потреб оператора. Ми наголошуємо на якості з'єднань бака через їх герметичність. Великі баки мають перегородки, завдання яких полягає в запобіганні коливанням рідини під час руху. Це робить машину більш стійкою під час транспортування. Ці резервуари зазвичай мають округлу форму, що сприяє кращому змішуванню води з хімікатами, що вже відбувається автоматизовано. Якщо необхідно

змінити розчин для обприскування, важливо промити основний бак та систему розподілу. Це запобігає змішуванню хімікатів, що може призвести до неправильної роботи обприскувача або пошкодження обприскуваної рослини.



Рисунок 1.10 – Поліетиленовий бак обприскувача Horsch Leeb PT

Змішувач обприскувача. Змішувальний пристрій або мішалка – це пристрій, який забезпечує правильну та постійну концентрацію хімікату, яка не повинна змінюватися під час роботи машини. Ми знаємо кілька типів змішування. Механічний змішувач використовує вал з лопатями, які розташовані в нижній частині резервуара, швидкість цих валів становить від 100 до 180 обертів за хвилину. Пневматичне змішування використовує потік повітря з надлишковим тиском, який веде до нижньої частини резервуара. Гідравлічне змішування відбувається за допомогою потоку рідини, створеного форсуною в нижній частині резервуара.

Насос обприскувача. Це ще одна важлива частина машини. Для транспортування розпилювального матеріалу з резервуара до форсунок обприскувача використовується високоякісний та потужний насос. Для забезпечення високої продуктивності насоса необхідно підтримувати достатній та постійний тиск під час роботи. Насос повинен мати вищу продуктивність, ніж необхідна продуктивність для самого обприскування. Насос також забезпечує змішування хімікату для обприскування в баку. Продуктивність насоса та його витрата прямо пропорційні робочому діапазону обприскувача. Його продуктивність залежить від кількості форсунок, розташованих на кронштейнах машини.

Доза обприскування повинна подаватись під постійним тиском, щоб підтримувати якість обприскування. За конструкцією насоси поділяються на діафрагмові, поршневі, відцентрові, плунжерні та шестеренні.

У поршневих насосах обертальний рух приводу перетворюється на лінійний рух поршня за допомогою кривошипно-шатунного механізму.

Високотискові поршневі насоси мають широкий спектр та численні застосування в технічній практиці. Вони використовуються в хімічній промисловості як технологічні насоси для транспортування найрізноманітніших речовин при високому тиску, температурі та великих кількостях утворюваних середовищ потужністю до 2600 кВт. Специфічним застосуванням є поршневі насоси для транспортування суспензій та абразивних сумішей. У обприскувачах такі насоси можуть розвивати робочий тиск до 10 МПа.

Відцентровий насос – такі насоси працюють безперервно. Він містить спіральний корпус, в якому встановлений ротор з лопатями. Він використовується для всмоктування рідини від центру до периферії, використовуючи кінетичну енергію рідини. На периферії рідина потрапляє в розподільчу систему під тиском. Вони прості, надійні та довговічні. Характерною особливістю відцентрових насосів є велика витрата при нижчому робочому тиску. Робочий тиск в обприскувачах коливається від 0,3 до 0,6 МПа.

Мембранні насоси – це діафрагмові насоси, які працюють переривчасто, тобто аналогічно поршневим насосам. Поршень замінений пластиковою або гумовою діафрагмою, яка є їхньою основною частиною. Розпилювальна рідина всмоктується за допомогою всмоктувального клапана і виштовхується за допомогою нагнітального клапана. Діафрагма кріпиться по всьому колу, з'єднана з приводом посередині. Існують однодіафрагмові насоси або багатодіафрагмові насоси.

Робочий тиск діафрагмових насосів коливається від 1 до 5 МПа, при цьому витрата така ж, як і у поршневих насосів. Такі насоси мають високу

стійкість до агресивних хімічних речовин. Вони відносно прості за конструкцією. Їхня продуктивність не змінюється протягом усього терміну служби, на відміну від відцентрових насосів. У діафрагмових насосах не відбувається зіткнення розпилювальної рідини з металевими частинами насоса.

Плунжерні насоси працюють за подібним принципом до поршневих насосів. Плунжер встановлений у циліндрі, який має менший діаметр, ніж отвір циліндра. Плунжер з'єднаний з механічною частиною насоса за допомогою кріплення. З робочим циліндром міцно з'єднана клапанна камера, в якій розташовані всмоктувальний та нагнітальний клапани. Всмоктувальна та нагнітальна труби з'єднані з клапанною камерою. Клапани зазвичай сконструйовані так, що вони відкриваються та закриваються автоматично, під впливом тиску в робочому просторі.

Шестеренчасті насоси є одними з найстаріших типів роторних гідростатичних насосів. Вони мають відносно широкий спектр застосування завдяки своїй простій конструкції, високій експлуатаційній надійності та довговічності. Вони не мають чутливих розподільних елементів, а відносно рівномірний потік не потребує додаткових пристроїв. Зазвичай вони розраховані на тиск від 3 до 5 МПа. Підвищений шум є загальною властивістю кожного шестереного насоса. Найбільш поширеними є шестеренні насоси з двома однаковими шестернями.

Фільтрація. Фільтрація обприскувача є незамінною для безперебійної роботи обприскувача. Завдання фільтрації полягає у вловлюванні механічних домішок, які можуть потрапити в систему через воду під час заповнення обприскувача або через утворення відкладень у недосконало очищеній системі обприскувача. Без ефективної фільтрації форсунки обприскувача можуть дуже швидко засмітитися. Це значно знизить якість та рівномірність розпилення. Фільтрація складається з кількох етапів.

Перший етап фільтрації – це екран для вловлювання великих механічних домішок на всмоктувальному кошику, на вході в резервуар. Зазвичай він

одразу засмічується під час заповнення обприскувача водою, що перекачується з озера або струмка, куди можуть потрапити різні гілки або каміння.

Другий етап фільтрації – це фільтр, розташований на всмоктувальному отворі перед насосом і захищає насос від пошкоджень, які можуть виникнути через потрапляння будь-якої твердої частини. Третій етап фільтрації – це напірний фільтр після насоса або на вході в рамну частину обприскувача. Останній етап фільтрації – це фільтр перед кожною форсункою. Не можна забувати регулярно очищувати всі фільтри. Деякі виробники маркують напірні фільтри кольором або номером. Цього маркування необхідно дотримуватися, щоб уникнути змін у характеристиках регулювання.



Рисунок 1.11 – Заміна фільтра в обприскувачі Hardi

Штанги обприскувача. Штанги обприскувача є важливими частинами обприскувача, на яких монтується частина розподільної труби до форсунок, самі форсунки, датчики та, можливо, робоче освітлення.

Окремі частини штанг називаються секціями. Перевагою сучасних обприскувачів є можливість вимкнення деяких секцій, які перекривають вже обприскану рослинність. Виходячи з використання інформації з GPS, це економить робочу суміш. Сучасний обприскувач може мати систему, яка дозволяє окремо копіювати нерівності місцевості штангами. Це робиться для того, щоб розпилювач наносився з однакової висоти по всій ширині покриття машини. Виробники розробили кілька функціональних систем копіювання місцевості. На зображенні показано автоматичне керування штангами з

маркуванням Boom Control Pro plus від німецької компанії Horsch.

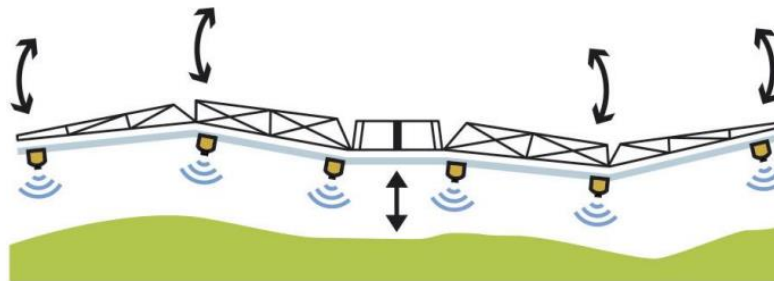


Рисунок 1.12 – Ілюстрація системи Boom Control Pro Plus від HORSCH

Ця система керування штангою забезпечує точне та найнижче керування штангою над культурою, щоб максимально точно наносити розпилювач на рослину з мінімально можливим зносом рідини. Ця система працює за принципом ультразвукових датчиків, які передають та приймають ультразвук до землі. Це розраховує відстань до цільової ділянки та гідравлічно регулює висоту штанг окремо в кожній окремій секції. Ці секції можна використовувати окремо, незалежно одна від одної.

Штанги можна повертати вперед, назад, вгору та вниз. На кожній штанзі є від двох до трьох датчиків, залежно від обладнання. Це обладнання визначається тим, чи буде обприскувач використовуватися на рівній чи нерівній місцевості. Рама повинна бути достатньо гнучкою, щоб запобігти поломці матеріалу та достатньо міцною, щоб запобігти ударам через розгойдування або поломку при зіткненні з перешкодою. Будь-яке розгойдування штанги є небажаним. Під час проектування штанг обприскувачів увага приділяється малій вазі, високій міцності та гнучкості. Кронштейни вказують на робочу ширину машини. Для звичайних причіпних або самохідних обприскувачів ця ширина найчастіше становить 24 або 36 метрів. Звичайно, є й ширші, але вони використовуються не так часто.

На практиці ширина кронштейнів обприскувача синхронізована з кратністю робочої ширини іншої використовуваної машини, найчастіше сівалки. Керування кронштейнами навісних обприскувачів – розкладання та складання, зазвичай механічне. Оператор повинен розкладати їх вручну. Більші обприскувачі мають кронштейни, що керуються гідравлічно або

пневматично з кабіни за допомогою контролерів. Перевагою є комфорт оператора та акцент на здоров'ї [6]. Оператору не потрібно фізично контактувати з частинами машини, забрудненими хімічною речовиною. Це в основному стосується причіпних або самохідних обприскувачів. Розташування кронштейнів на обприскувачі є змінним. У причіпних обприскувачах кронштейни завжди розміщуються в задній частині машини. У самохідних обприскувачах деякі виробники обрали розміщення важелів у передній частині машини. Французький виробник Matrot добре відомий своєю моделлю Maestria. Таке розташування має кілька переваг. До них належить кращий огляд важелів з кабіни. У разі засмічення форсунки оператор швидше дізнається про це. Ще однією перевагою є краща маневреність машини в місцях з багатьма перешкодами, такими як стовпи на землі.

Висота важелів від землі регулюється. Діапазон керування повинен бути щонайменше 1 метр, щоб мати можливість обприскувати рослинність різної висоти. У причіпних обприскувачах дорожній просвіт трактора є обмежувальним фактором. Важелі обприскувача складаються через транспортну ширину машини на дорогах. У транспортному положенні важелі повинні бути механічно закріплені від самовільного розкладання під час руху.



Рисунок 1.13 – Matrot Xenon з розпилювачами попереду

Відстань між окремими форсунками на розпилювачах найчастіше становить 50 см. Але вона також може бути 25 см, як, наприклад, на обприскувачах Horsch. Тут розташовано кілька типів форсунок з різною швидкістю потоку або спектром крапель. Перевагою гнучкості розпилювачів

є можливість зменшення висоти розпилювачів від рослинності, що може призвести до кращого покриття, зменшення дрейфу хімічних речовин і, таким чином, економії під час обприскування.

Розподільні та керуючі елементи розпилювача. Для розподілу рідини в обприскувачі найчастіше використовуються труби або шланги. Ці елементи повинні бути розраховані на високий тиск, необхідний для такої системи розподілу.

Ця система розподілу повинна бути абсолютно герметичною та не повинна деформуватися, щоб запобігти витоку хімікатів. Це може призвести до шкоди навколишньому середовищу в місцях, де такі речовини не повинні бути присутніми, і, звичайно, до економічних втрат. Шланги та їх з'єднання повинні бути розташовані таким чином, щоб вони не мали різких вигинів і були доступні для заміни. Елементи керування обприскувача включають манометри, запобіжні клапани та інші елементи керування. Манометри використовуються для контролю робочого тиску. Для гарної читабельності зазвичай використовуються аналогові манометри діаметром 10 см. Запобіжні клапани запобігають пошкодженню розподільчої системи у разі надлишкового тиску в системі.

Елементи керування та управління включають різні типи регулювальних клапанів [13]:

- механічні;
- серводвигунно керовані;
- електромагнітні клапани;
- пневматичні.

Розпилювальні форсунки. Форсунки також мають дуже великий вплив на якість розпилення. Принцип роботи полягає у створенні спектру крапель необхідного розміру, підтримці необхідної точності дози розпилення та підтримці рівномірності розпилення рідини.

Розрізняють такі методи розпилення:

- гідравлічний;

- механічний;
- пневматичний;
- комбінований.

Механічне розпилення - це метод розпилення з обертовою форсункою, який використовується в обприскувачах з низьким дозуванням розпилювальної речовини. Регулювання розміру крапель змінюється шляхом зміни швидкості обертання форсунки. Використовується кінетична енергія краплі, яка розпадається на дрібні частинки при контакті з нерухомою похилою пластиною. Цей метод розпилення використовує кінетичну енергію тіл, що вібрують або обертаються. Їх іноді називають розпилювачами. Перевагою цього методу розпилення є вибір спектру крапель у вузькому діапазоні розмірів. Ротаційні форсунки часто використовувалися в авіаційних обприскувачах. У сучасних обприскувачах вони використовуються лише в невеликій мірі.

Пневматичне розпилення використовується в аплікаторах низького тиску для обробки специфічних рослин, таких як виноградна лоза або хміль. Такі форсунки залежать від потоку повітря, найчастіше від вентилятора, який має не тільки функцію транспортування, але й функцію розпилення.

Гідравлічне розпилення - є найпоширенішим методом розпилення розпилювальної речовини в сучасних обприскувачах. Принцип дисперсії базується на використанні енергії тиску та створенні структури з великою площею поверхні, такої як мембрана. Рідина, що подається під тиском у сопло, збільшує свою швидкість, а тиск зменшується. Тиск, що виникає при виході з сопла, нижчий за атмосферний. Внутрішній тиск, завдяки якому рідина розганяється в сопло, залишається і призводить до розсіювання потоку рідини на дрібні краплі. Краплі накопичують цю енергію на своїй периферії, де створюється поверхневий натяг. Вплив рідини на повітряний бар'єр також сприяє дисперсії. Гідравлічне диспергування є найстарішим і досі найпоширенішим методом розбиття рідин на краплі, який використовується у більшості обприскувачів. З точки зору конструкції, сопла поділяються на:

щілинні, інжекторні, ударні, вихрові та багатоотвірні.

Щілинні сопла в основному використовуються для поверхневого обприскування. Функціональний отвір має кільцеві або відкриті прорізи у своїй формі. Розпилювальна рідина розпилюється у віялоподібну форму з кутом розсіювання 80 або 110 градусів.



Рисунок 1.14 – Щілинна форсунка

Подвійні щілинні форсунки призначені переважно для застосування інсектицидів та фунгіцидів на зернових культурах. Така форсунка створює плоскі візерунки, які взаємно утворюють кут 60, 90 або 120 градусів між окремими променями розпилення. В результаті один промінь розпилення спрямований вперед, а інший назад завдяки кращому охопленню поверхні рослини.

За допомогою інжекторних форсунок рідина подається в інжектор, де динамічний тиск зменшується завдяки повітрю, що всмоктується через отвори збоку корпусу форсунки, яке змішується з рідиною для розпилення в змішувальній камері. Таким чином, молекули повітря покриваються рідиною, і утворюються більші краплі з ефектом проти розбризкування.

Інжекторні форсунки характеризуються грубим розпиленням спектру крапель. Така форсунка оснащена двома бічними отворами, через які в форсунку всмоктується повітря, яке змішується з рідиною і утворюється більш грубий спектр крапель. Недоліком цих форсунок є утворення більших крапель.



Рисунок 1.15 – Форсунки інжектора

Під час обприскування ударні форсунки створюють візерунок, що нагадує плоске віяло крапель, що утворюються у вирізі корпусу форсунки, перпендикулярно до осі каналу форсунки. Вони призначені в першу чергу для нанесення системних гербіцидів. Вихрові форсунки утворюють конічний візерунок і використовуються в першу чергу для нанесення інсектицидів та фунгіцидів при поверхневому обприскуванні. Багатоотвірні форсунки призначені в першу чергу для внесення рідких добрив. Вони створюють краплі розміром від 1 до 3 мм. Форсунки з плоскою характеристикою можуть створювати дуже дрібний спектр крапель. Завдяки розподілу рідини для розпилення вони ідеально підходять для нанесення більшості видів пестицидів. Існують так звані форсунки з низьким зносом, які мають вбудований обмежувач, що зменшує кількість найдрібніших частинок у спектрі крапель. Це робить рідину для розпилення, що виходить з форсунки, менш схильною до зносу через навколишній вітер.

Сучасний обприскувач має можливість змінного регулювання колії за допомогою гідравлічних поршнів у діапазоні від 180 см до 280 см або від 220 см до 320 см. Таку опцію пропонують, наприклад, обприскувачі Hardi, а також самохідні обприскувачі Horsch. Пневматична або гідропневматична підвіска коліс сьогодні стає звичним явищем завдяки амортизації нерівностей ґрунту. Акцент також робиться на системі зчеплення коліс. Недостатнє зчеплення з дорогою є недоліком багатьох старих і менш досконалих обприскувачів різних відомих брендів. Кабіна сучасного обприскувача розташована в передній частині машини та комфортно обладнана для керування обприскувачем з багатьма функціями, такими як повністю регульоване та підресорене сидіння

з вентиляцією, кондиціонуванням повітря. Водій має легкий доступ до елементів керування з підресореного підлокітника, ергономічний джойстик з програмованими функціями, розташований біля правої руки. Кнопки мають підсвічування, а з кожного боку обприскувача є високоякісні та потужні світлодіодні робочі ліхтарі для більш комфортної роботи вночі. Сучасна кабіна також має багато місць для зберігання речей та сонцезахисні козирки. Основний робочий елемент також розташований у кабіні – сенсорний термінал для керування та налаштування обприскувача. На наступному зображенні показано часто використовуваний термінал Touch 800. Це планшетоподібний сенсорний пристрій з діагоналю дисплея 8 дюймів, але існують і більші моделі.



Рисунок 1.16 – Термінал керування Touch 800 для керування обприскувачем Horsch Leeb

1.3. Догляд за обприскувачем та його експлуатація

Якісне виконання хімічного захисту є пріоритетним завданням кожного обприскувача. Для того, щоб машина могла ефективно виконувати свою роботу, вона повинна бути в належному технічному стані. Кожен користувач повинен забезпечити правильне поводження та якісне обслуговування машини. Це включає в себе регулярні сервісні огляди.

Під час обслуговування самохідного обприскувача проводиться

технічне обслуговування двигуна, тобто заміна оливи та фільтрів у двигуні. Ще одним важливим елементом є гідравлічна система, яка повинна бути герметичною в усіх місцях, без витоків гідравлічної рідини. Її також замінюють через регулярні інтервали разом з фільтром. Система розподілу також повинна бути без спонтанних витоків рідини. Розподільники також слід постійно візуально перевіряти на наявність тріщин або їх пошкодження внаслідок наїзду на перешкоду. Форсунки повинні мати рівномірну витрату, вони не повинні бути з тріщинами в результаті неправильного зимового вимкнення. Всі елементи керування повинні бути в робочому стані, щоб повною мірою використовувати всі його функції. Якщо обприскувач технічно підготовлений та справний, це також вимагає правильної експлуатації машини.

Під час заповнення обприскувача треба переконатися, що вода не містить усіх механічних домішок. На практиці цього важко досягти, оскільки різні види домішок часто знаходяться в колодязях або резервуарах для води. Для цього важливо забезпечити регулярне очищення фільтрів.

Подальше закачування в обприскувач з транспортного засобу, зазвичай автоцистерни, здійснюється за допомогою шланга. Коли об'єм резервуара заповнений приблизно на 50%, доцільно додати засіб, яким планується проводити захист рослин, і почати змішування. Це допомагає рівномірно перемішати матеріал для обприскування. Змішування повинно бути увімкненим протягом усього періоду обприскування.

Після завершення роботи обприскувача, перед паркуванням, рекомендується ретельно промити обприскувач зовні водою, щоб змити будь-які залишки рідини для обприскування, які могли потрапити на нього в результаті дрейфу або прилипнути до шин, або тертися об обприскувану рослинність.

Також рекомендується провести повний огляд та очищення машини після закінчення сезону обприскування. Якщо машина паркується в місцях, де температура падає нижче 0°C, рекомендується залити антифриз в очищений

обприскувач. Впустивши його в систему, ми запобігаємо розриву труб, якщо в них є залишки води. Навесні, перед введенням обприскувача в експлуатацію, необхідно видалити цю рідину, ретельно промивши його.

Існують складні ручні або автоматизовані системи для промивання внутрішніх частин обприскувача. Таке промивання використовується для промивання бака зсередини, промивання всіх розподільних елементів, таких як труби та шланги у всій системі обприскувача. Промивання та заповнення обприскувача можна керувати механічно, за допомогою важільних клапанів або електронно за допомогою електромагнітних клапанів через термінал оператора. Ілюстрацію різниці між ручним та автоматизованим керуванням можна побачити на наступних двох рисунках, де зображено середовище керування промиванням та заповненням.



Рисунок 1.17 – Електронне та ручне керування наповненням та промиванням оприскувача HORSCH CCS Pro

1.4. Негативні аспекти обприскування

Знесення робочої рідини розпилювача – це небажане явище. Воно визначається як частина крапель розпилювача, що містять препарат, який не наноситься на цільову ділянку. Повне усунення цього явища неможливе. Використовуючи технології та правильне використання аплікатора, його можна мінімізувати. Знос негативно впливає на ефективність обприскування, а також на екологію. Він може пошкодити рослинність, розташовану або на

сусідніх землях, або на краю полів. Знос може виникати через сильний вітер під час обприскування, коли краплі розносяться в навколишнє середовище. Рекомендується проводити обприскування стандартними форсунками при максимальній швидкості вітру 5 м/с. При використанні протизносних форсунок або системи повітряної підтримки обприскування можна проводити при швидкості вітру до 10 м/с. Витік розпилювача також може відбуватися через випаровування рідини для обприскування. Це явище виникає, коли обприскування здійснюється під час надмірно високих температур та прямих сонячних променів. Частина розпилювача випаровується в повітря. З цієї причини не рекомендується застосовувати обприскування, коли температура повітря перевищує 25 °С. Найпоширенішими причинами знесення розчину є використання невідповідних форсунок, обприскування за невідповідних погодних умов та погане налаштування обприскувача. Існують форсунки, які створюють лише дуже низьку частку крапель у своєму спектрі, діаметр яких менше 100 мкм. Такі форсунки називають низькозносними.

Поєднуючи використання таких форсунок та правильне регулювання висоти розпилювачів, можна звести знесення розчину до мінімуму.



Рисунок 1.18 – Знесення розпилювача на сусідню ділянку

Підходящим та ефективним рішенням для зменшення знесення є використання системи прямої повітряної підтримки. Ця система ефективно допомагає краплям потрапляти на цільову ділянку рослини. Система працює за принципом вентилятора, який створює сильний повітряний потік, що розподіляється по всій ширині робочої зони обприскувача через брезентовий рукав. З цього рукава виходить стиснений потік повітря, який розбиває краплі

та переносить їх до цільової ділянки. Ця повітряна підтримка зазвичай розташована в задній частині рами обприскувача. Окрім економії хімічного розпилення, ця система має ще одну перевагу, яка полягає в можливості застосування з вищою швидкістю руху та, таким чином, підвищення продуктивності машини. Такі обприскувачі зазвичай використовують класичні щілинні форсунки.

1.5. Характеристика системи точного землеробства

Точне землеробство було створено на основі бажання підвищити ефективність управління в сільськогосподарському секторі. Ідея точного землеробства базується на тому, що всі операції виконуються за правильних умов, тобто у правильний час, у правильному місці та в правильній дозі добрив, насіння чи хімічних речовин. Сьогодні все більше уваги приділяється захисту навколишнього середовища. Це є одним з аргументів застосування точного землеробства на практиці. На практиці це прагнення максимально зменшити внесення добрив у ґрунт. Наприклад, дози добрив, пестицидів, усунення проходів по ґрунту технікою, в результаті чого ми запобігаємо надмірному ущільненню ґрунту. Це опосередковано запобігає зменшенню інфільтраційної здатності ґрунту і, не в останню чергу, ми зменшуємо споживання палива. Все це відображається у зменшенні забруднення ґрунту та вирощуваних культур.

Для того, щоб точне землеробство було ефективним та змістовним, необхідно отримати кількість вхідної інформації. Якщо агрогосподарник має достатньо даних про свою землю та врожай, він може обрати відповідну техніку та технологію.

Точне землеробство визначається як система управління, яка використовує сучасні технології для збору інформації з метою прийняття правильного рішення щодо використання правильної та ефективної технології. Основними причинами впровадження точного землеробства є економічний фактор та зниження екологічних ризиків. Переваги точного

землеробства включають вищу врожайність з гектара, а отже, вищий прибуток, вищу якість продукції, нижчу витрату палива, нижчі вимоги до уваги оператора, знижений ризик надмірного удобрення землі, знижений ризик забруднення ґрунту добривами або пестицидами. Це призводить до непрямого захисту навколишнього середовища. Недоліки точного землеробства включають більші інвестиції в технології, необхідність підтримки технології в належному технічному стані, необхідність вищої кваліфікації операторів та необхідність впровадження кваліфікованого управління. З історичної точки зору, точне землеробство не є новою ідеєю. Люди вже в давнину виявили, що родючість ґрунту не однакова, а різна в різних місцях. Такі знахідки та досвід передавалися молодшим поколінням. Наприклад, люди давно знали, що в деяких місцях потрібно більше добрив або поливу, де спостерігається підвищена кількість шкідників або де майже нічого не потрібно робити з ґрунтом.

У багатьох випадках великі підприємства зараз керують землею, не дотримуючись традицій обробітку, які були раніше встановлені для певного місця. Як наслідок, підприємству необхідно повторно отримати найточнішу інформацію про ґрунт на певній ділянці. Сучасні технології, що використовуються в точному землеробстві, можуть допомогти нам у цьому. Впровадження такої технології в компанії є фінансово вимогливою справою, і необхідно враховувати, чи є вона прибутковою та перспективною для даної компанії. Принцип точного землеробства може застосовуватися в різних умовах, незалежно від того, чи використовує господарство традиційні чи ґрунтозахисні технології. Малі підприємства можуть мати проблеми з впровадженням сучасних точних технологій, головним чином через фінансову складність. Прибутковість точних землеробств дуже індивідуальна. Неконтрольованим параметром прибутковості сільського господарства є погода. Використання точного землеробства може заощадити фермеру найбільше коштів на добривах та хімікатах. Економічна стійкість точного землеробства також залежить від оброблюваної площі. Різні дослідження

представляють різні результати. Наприклад, угорське дослідження «Сприйняття фермерами технології точного землеробства серед угорських фермерів» зазначає, що мінімальна площа оброблюваної землі для економічної стійкості точного землеробства становить 250 гектарів. Данські експерти стверджують, що мінімальна площа становить 500 гектарів. Британські вказали 80 га. У Німеччині дослідники у своєму дослідженні 2019 року зосередилися на визначенні зацікавленості у впровадженні точного землеробства. Результат показав, що більше половини опитаних впровадили б точне землеробство, якби мали достатньо коштів. Сьогодні ми живемо в час, коли впровадження точного землеробства тісно пов'язане з його прибутковістю.

Мінливість ґрунту. Мінливість ґрунту є важливим параметром ґрунту. Без її знання неможливо надійно застосовувати точне землеробство. Мінливість ґрунту поділяється на часову та просторову.

При часовій мінливості контрольована ознака змінюється з часом. Це включає параметри, що формують вхідні та вихідні дані, тобто кількість азоту, вологи тощо. Просторова мінливість відстежує параметри, які змінюються в межах площі ділянки. Це включає, наприклад, вміст органічної речовини. До параметрів з найбільшою мінливістю належать підґрунтя, структура ґрунту, рН, схил, забур'яненість, щільність, вологість.

Вимірювання властивостей ґрунту. Існують прямі та непрямі методи вимірювання властивостей ґрунту. Ця інформація надає господарствам важливу інформацію про їхнє сільське господарство.

Прямі методи – це традиційний спосіб отримання інформації про ділянку шляхом взяття зразків ґрунту. Якість вихідної інформації залежить від кількості та розміру взятих зразків, що призводить до високих фінансових та часових вимог. Тому на практиці приймається менша кількість зразків, що звичайно, призводить до зниження ефективності та точності отриманих оцінок ґрунту та подальшого впровадження точного землеробства. Тому почали впроваджувати напіваавтоматизований або автоматизований відбір проб.

Непрямі методи – непрямі методи можуть бути використані для визначення, наприклад, провідності ґрунту, тобто здатності ґрунту проводити електричний струм. На провідність ґрунту також впливає вміст ґрунтових мінералів, вологість та температура. Непрямі методи використовують як інвазивні, так і неінвазивні способи вимірювання властивостей ґрунту. Інвазивний метод порушує поверхню ґрунту за допомогою інвазивних електродних датчиків для вимірювання електричного опору. Це ефективний метод, але вимірювання можуть бути ускладнені, якщо ґрунт сухий або кам'янистий. Неінвазивний метод використовує рефлектометри часової області для вимірювання електромагнітної індукції в ґрунті. Ці прилади важко калібрувати, але вони також можуть працювати в сухих або кам'янистих ґрунтах.

Вимірювання стану рослинності. Вимірювання стану рослинності є більш вимогливим заходом, ніж вимірювання властивостей ґрунту, оскільки існує багато факторів, які впливають на ріст рослин. На якість рослинності впливають такі фактори:

- вміст поживних речовин у ґрунті;
- вологість ґрунту;
- фаза росту;
- тип сорту;
- обприскування посівів та інші.

Ці фактори можуть швидко змінюватися, тому важливо вимірювати їх кілька разів протягом вегетаційного періоду.

Вимірювання стану рослин може проводитися прямим або непрямим методом. Прямий метод базується на зборі біомаси та її подальшому лабораторному аналізі, який визначає безпосередню концентрацію поживних речовин у рослині. Біомаса утворюється нерівномірно. Рослини найбільш вимогливі до поживних речовин у фазі росту. Перед збором врожаю потреба в поживних речовинах зменшується. Тому проби біомаси слід відбирати на критичній стадії росту рослин. Цей метод базується на припущенні, що вміст

поживних речовин відображає ситуацію в ґрунті. Крім того, можна безпосередньо аналізувати наявність шкідників та хвороб на рослині. Чим більше проб взято, тим вища точність та надійність результатів. Це також означає, що час та фінансові зусилля, необхідні для отримання результатів, вищі.

Непрямий метод зондування стану рослинності базується на зондуванні за допомогою датчиків. Ці датчики використовують різні фізичні принципи. Таким чином, ми можемо визначити густоту рослинності, її забур'яненість або пошкодження.

Вимірювання спектральних властивостей рослин. Спектральна властивість – це здатність рослини відбивати світло в певному колірному спектрі, зокрема, в зеленому спектрі. Ступінь відбиття пов'язаний зі станом та здоров'ям рослини. Це означає, що якщо рослина в поганому стані, вона відбиває менше світла. Для такого вимірювання спектральних властивостей використовуються прилади, здатні визначити стан рослини. Однак вони не визначають причину небажаного стану рослин. Такі прилади працюють онлайн або офлайн.

Онлайн-системи виконують усі операції за один крок. Таким чином, аналіз та оцінка відбуваються під час руху техніки по ділянці. Наприклад, для цього використовується датчик Yara N-sensor, який зазвичай розміщується на даху трактора.

Офлайн-системи працюють не безперервно, а розділені в часі. Спочатку відбувається вимірювання на ділянці, а лише потім оцінка. Це робиться за допомогою портативних пристроїв, які можна використовувати для визначення властивостей рослин, таких як продукт чеської компанії Photon Systems Instruments під назвою Plant pen.



Рисунок 1.19 – Прилад Plant pen

Найпростішою операцією, що виконується в сільському господарстві, є посів. Це один з перших видів діяльності, який спрощується завдяки сучасним технологіям. Важливо визначити кількість насінин на гектар та глибину посіву. Сьогодні можна використовувати технології для контролю кількості насінин, що проходять через сівалку, тим самим визначаючи та контролюючи норму висіву. Для цього ми можемо використовувати оптичний датчик. Перевагою є можлива економія насіння та зниження витрат на посів.

1.6. Сучасні технології навігації та геодезичного дослідження

Супутникова навігація є одним із стовпів точного землеробства, який має значний вплив на якість робіт, що виконуються на сільськогосподарських угіддях. Вона є основою для належного функціонування точного землеробства. Дистанційне зондування – це складна система, яка не тільки отримує зображення земної поверхні, але й створює та обробляє аналіз земної поверхні. Запис отримується з супутників, який далі обробляється двома типами методів.

Традиційний метод та нетрадиційний метод. Традиційні методи вже використовувалися на зародженні дистанційного зондування. Недоліком цього є низька якість аналогових фотографій, які мають недостатню роздільну здатність порівняно з нетрадиційним методом.

Нетрадиційний метод використовує портативні пристрої, розміщені на

супутнику, які виробляють дуже високоякісні дані. Щоб використовувати ці дані, нам потрібно знати точне місцезнаходження, де вони були створені. Щоб визначити ці позиції, нам потрібна глобальна навігаційна супутникова система (GNSS). Ця система також використовується в супутниковій навігації. Наприкінці Першої світової війни людство намагалося знайти сфотографовані місця на Землі. Для цього використовувалася фотограмметрія. Це центральна проекція фотографії та перетворення координат зображення в геодезичні координати. Спочатку цю технологію використовували уряди для картографування територій. Однак пізніше її також почали використовувати з метою зйомки ландшафтів та сільськогосподарських угідь. Цей метод є дуже технологічно вимогливим.

Під час Другої світової війни в цій галузі відбувся великий технологічний прогрес. Окрім видимого світла почали використовувати інфрачервоний спектр. Після війни з'явилися нові технології та авіація, що допомогло розвинути дистанційне зондування Землі. Дистанційне зондування почало використовуватися для картографічних цілей наприкінці 1950-х років

Супутникові навігаційні системи. Жодна сучасна технологія точного землеробства не обходиться без супутникової навігаційної системи. Система GPS – це американська система далекоміра, що складається з супутників, нерівномірно розподілених на орбітах Землі.

Система ГЛОНАСС – це пасивна система далекоміра, розроблена країнами колишнього Радянського Союзу. Вона використовує нижчі орбіти, ніж американська система GPS.

Система Galileo розробляється Європейською космічною радою разом з Європейською комісією. Незважаючи на те, що система GPS є дуже складною та детально розробленою, її постачальником є армія США і інформація з неї надається користувачам без гарантій. З цієї причини система Galileo була схвалена у 2000 році. Це ініціатива Європейського Союзу. Перший супутник Galileo був запущений на орбіту Землі у 2011 році, а повна активація системи була запланована на 2020 рік. На відміну від попередніх систем, Galileo не є

військовим проектом, і його використання для цивільного людства гарантовано навіть у разі надзвичайної ситуації.

Американська система дистанційного зондування. Для дистанційного зондування в космос були запущені американські супутники Tirios 1, Landsat 1-9 та Terra 1. Супутник Tirios 1 був запущений у 1960 році та відповідав за метрологічний та кліматичний моніторинг. У той же час вперше був використаний термін дистанційне зондування і уряд США зробив деякі прилади дистанційного зондування доступними для громадськості. Через десять років було опубліковано звіт про результати дослідження щодо лісового та сільського господарства. Ще через десять років у 1980 році було розроблено нове покоління приладів дистанційного зондування. Роздільна здатність зображень була збільшена з площі 30 метрів до площі менше 1 метра, що сприяло значному зрушенню в картографічній галузі.

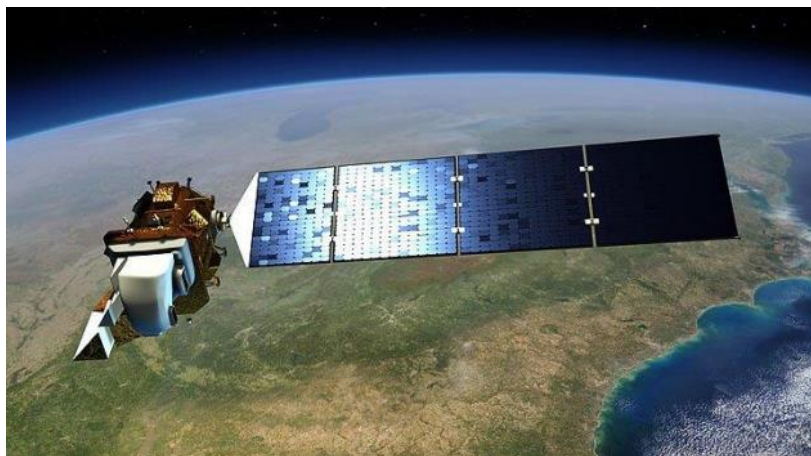


Рисунок 1.20 – Супутник Landsat 8

Перший супутник Landsat було запущено в 1972 році з метою багаторазового визначення поверхні Землі. Вхідні дані склалися із зображень поверхні Землі в різних спектрах, але з відносно низькою роздільною здатністю. Цю проблему було поступово вирішено з появою оцифрування та розробкою нового програмного забезпечення. Наразі програма Landsat є найдовшим проектом дослідження Землі. Супутник Terra 1 дозволив спостерігати за природою в глобальному масштабі. 2005 рік став знаменним, коли Google Earth зробив зображення Землі доступними для громадськості.

Європейська система дистанційного зондування. Європа також запустила свої супутники з метою дистанційного зондування Землі. Вони отримали назву Sentinel 1-6 програми Copernicus. Ця програма була розроблена Європейським космічним агентством (ЄКА), яке підпорядковується Європейській Комісії. Інформація, отримана в результаті цієї програми, мала служити керівникам ЄС та науковим групам з питань морського середовища, атмосфери, безпеки, кризового управління та зміни клімату.

1.7. Характеристика дронів

Термін «дрон» стосується безпілотного літального апарату, яким керують з місця, відмінного від палуби, або напіваавтоматично чи автоматично. Ці пристрої, як супутники чи літаки, сканують земну поверхню. Згідно з сучасними дослідженнями, дрони є точнішими, оскільки вони літають нижче над землею і тому знаходяться ближче до поверхні, що сканується, і є економічно доступнішими. Ця технологія була розроблена для військових цілей, але сьогодні вона є доступним інструментом для цивільного населення.

Дрони найчастіше поділяють за своєю конструкцією на літаки, гелікоптери та мультикоптери.

Літак – цей тип дрона має форму, що нагадує літак. Його силовим агрегатом може бути двигун внутрішнього згоряння або електричний двигун. Деякі літаки можуть мати реактивну турбіну, яка рухає їх вперед, але сила плавучості утримує їх у повітрі. Літак є повністю автономним дроном і використовується для картографування великих ділянок місцевості, оскільки має найбільшу дальність польоту порівняно з іншими типами. Недоліком літаків є нижча якість зображення через вищу необхідну швидкість польоту.



Рисунок 1.21 – Літак

Гелікоптер – дрон також може мати форму гелікоптера, який здатний літати завдяки силі плавучості. З конструктивної точки зору, він має горизонтальний пропелер, тому йому не потрібно постійно рухатися вперед. Він також має вертикальний пропелер на хвості, який служить для корекції бічних рухів або запобігання небажаному обертанню. Джерелом живлення служить електродвигун або двотактний двигун внутрішнього згоряння. Гелікоптер – це тип дрона, яким складніше керувати. Дрон гелікоптерного типу від японського виробника Yamaha може злітати з вантажем 28 кг і літати зі швидкістю до 100 км/год. Ціна гелікоптера значно вища, ніж літака або мультикоптера.



Рисунок 1.22 – Дрон-гелікоптер Yamaha RMAX

Мультикоптери – це пристрої з парною кількістю роторів. Вони використовують підйомну силу для зльоту, але напрямок руху контролюється зміною швидкості одного з роторів. Половина роторів обертається ліворуч, а інша половина – праворуч. Напрямок польоту визначається результатом

ротора. Мультикоптери використовуються для обстеження менших територій у сільському господарстві через їх меншу дальність польоту.

Поділ дронів за кількістю роторів є наступний:

- квадрокоптери (4 ротори);
- гексакоптери (6 роторів);
- октокоптери (8 роторів);
- додекакоптери (12 роторів);
- гексадекакоптери (16 роторів).



Рисунок 1.23 – Гексакоптер

Використання дронів у сільськогосподарському секторі має великий потенціал. Сучасні «агродрони», що використовуються для обприскування, можуть обприскати 1 гектар землі приблизно за 10 хвилин, використовуючи лише 10 літрів розчину. Перевага таких дронів-обприскувачів полягає в можливості формування дуже дрібних крапель, що дозволяє їм працювати набагато екологічніше, ніж стандартні обприскувачі. Ще однією перевагою обприскування дроном є можливість нанесення спрею після дощу, коли земля ще не прохідна для тракторів. Дрони можуть автономно уникати перешкод, що виключає ризик пошкодження машини. На практиці це працює так, що оператор облітає периметр землі з дроном, сканує місцевість, перешкоди, а потім дрон працює автономно, регулярно прилітаючи на свою базу для підзарядки акумуляторів та поповнення запасів рідини для обприскування. Під час своєї роботи дрон не пропускає навіть 1 квадратного метра. Дальність польоту такого дрона становить 5 кілометрів. Орієнтовна ціна дрона коливається від 10 до 15 тисяч євро.

Висновки за розділом

Для захисту сільськогосподарських культур використовуються різні види хімічних препаратів, залежно від мети, для якої ми хочемо їх використовувати. Для того, щоб ці препарати використовувалися ефективно, важливе своєчасне та якісне нанесення на рослину.

Якість обприскування може змінюватися залежно від кількох факторів. Важко визначити відповідний час нанесення. Багато агрономів на практиці мають труднощі з визначенням правильного часу нанесення обприскування, оскільки їм доводиться визначати відповідну погоду та агротехнічну дату для обприскування. Завжди втручається людський фактор та технічні можливості машини.

На даний час важливим є створення теоретичного огляду технологій, що використовуються в захисті рослин, ознайомись з технологією, що використовується в дистанційному керуванні технікою за допомогою супутників та супутників.

Доцільно передбачити оцінку та порівняння якості роботи різних типів обприскувачів за заданих робочих параметрів та визначити, який з них має менш шкідливий вплив на здоров'я оператора та навколишнє середовище та є ефективнішим з точки зору дії пестициду на обприскувані рослини.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ПРОВЕДЕННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Характеристика господарства

Фермерське господарство «Сяйво-Стрий» було засновано у 1991 році. Наразі господарство має загалом 55 співробітників та управляє землею площею приблизно 2400 гектарів. Земля розташована в зоні Передкарпаття, де є як пологі схили, так і рівнини. Тому навколишнє середовище досить суворе та різноманітне.

Ці землі в основному обробляються під пшеницю на площі 600 гектарів, ярий ячмінь на площі 300 гектарів, тритикале на площі 110 гектарів, кукурудзу на площі 350 гектарів, соняшник на площі 60 гектарів, ріпак на площі 250 гектарів, цукровий буряк на площі 65 гектарів, люцерну на площі 100 гектарів, а решта складається з менших площ вівса, сорго та інших.

Господарство оснащене машинною базою, яка складається з сучасних тракторів марок Deutz-Fahr потужністю від 200 до 270 кінських сил, Lamborghini потужністю 185 кінських сил та Zetory Forterra потужністю 140 кінських сил. Також господарство використовує ґрунтообробну техніку Horsch та Lemken, а саме глибокорозпушувачі Terrano та Rubin. Оранка чергується з суцільним глибоким розпушенням ґрунту. Зернові культури висіваються совковою сівалкою Horsch Sprinter, кукурудзу та соняшник – дисковою сівалкою Kinze. В господарстві є також два зернові комбайни, а саме Claas Lexion 550 та Claas Lexion 670, самохідний обприскувач Matrot Maestria з вильотом 24 метри та причіпним Horsch Leeb моделі LT, також з вильотом 24 метри, що забезпечує необхідний хімічний захист рослин.

Керівництво фермерського господарства складається з голови, заступника голови, агронома, інженері та бухгалтера. Кількість працівників в сфері механізації становить 14 осіб. Господарство має власні ремонтні майстерні, де працює 5 працівників. Воно також має післязбиральною лінією для очищення зерната, власні склади для продукції рослинництва.

Господарство працює стабільно, поступово оновлюючи обладнання,

покращує територію, виробничі будівлі та догляд за землею з огляду на сучасну сільськогосподарську практику.

2.2. Вибір місця проведення досліджень

Для досліджень використовувалась земельна ділянка, що належить фермерського господарства «Сяйво-Стрий» і знаходиться в селі Лисятичі. Експеримент проводився на земельній ділянці площею 26,4 гектара. Культурою, що посіяна на ділянці, був олійний ріпак, де на момент експерименту він знаходився у фазі цвітіння, а поточна середня висота рослин сягала від 0,80 до 1,0 м. Насадження не було ідеально однорідним. Ділянка мала невеликий похилий рельєф. Під час експерименту погодні показники були наступними: температура повітря 16 °С; хмарно; швидкість вітру в середньому становила 4 м/с.



Рисунок 2.1 – Розташування ділянки, де проводився експеримент



Рисунок 2.2 – Зображення ділянки, де проводився експеримент

Перша частина вимірювання була спрямована на порівняння коефіцієнта покриття рослин окремими обприскувачами та оцінку якості їхньої роботи. Це вимірювання проводилося шляхом впровадження абсорбуючого паперу в посіви рослин, які були прикріплені на різній висоті – 15 см, 40 см та 70 см. Швидкість обприскувача становила 10 км/год. Замість робочої рідини застосовували чисту воду. Цю процедуру ми повторили так само і за тих самих умов з двома протестованими обприскувачами.

Результатом досліджень стали фото зразків, які ми оцінили за допомогою програмного забезпечення Image color summarizer.

Друга частина експерименту була спрямована на визначення швидкості знесення обприскувальної рідини до частини кабіни у зв'язку з безпекою працівника через вплив розташування розпилювачів. Зокрема, ми вибрали дверну ручку та сходи до кабіни машини. Ці місця обрали з огляду на те, що оператор щоразу, коли входить до кабіни, вступає у фізичний контакт з певними частинами машини. Роблячи це, ми хотіли визначити ступінь забруднення частин машини, до яких оператор може торкнутися та які потенційно можуть спричинити ризик інтоксикації організму хімічними препаратами.

2.3 Методологія лабораторних досліджень

Для фотографування експериментальних місць проведення досліджень використовувався смартфон Apple iPhone 11 Pro Max з роздільною здатністю 12 Мп. Зображення завжди методично робилися перпендикулярно до встановлених паперових зразків.

Як поверхню впливу розпилювача використовували абсорбуючий папір від Syngenta довжиною 10 см та шириною 2,5 см. Ці лакмусові папірці повинні імітувати листок рослини, який обприскують. Вони кріпилися до рослини скріпкою. Після обприскування папірці знімали та поміщали їх у захищений контейнер, щоб запобігти контакту з іншими рідинами. Потім їх фотографували та проводили аналіз зображення, щоб визначити покриття поверхні. Також додаткові лакмусові папірці розміщали у визначених місцях кабіни обприскувача, з якими контактуватиме оператор. Вони також були піддані аналізу зображень, а результати були оцінені за допомогою програмного забезпечення Image Color sumarizer. Далі отримані результати піддавались аналізу.



Рисунок 2.4 – Процес оцінки покриття вибірки

2.4. Об'єкт дослідження

Для обраного експерименту було використано два типи обприскувачів.

Перший – самохідний обприскувач французького виробника Matrot Maestria та причіпний обприскувач німецького виробництва Horsch Leeb 5 LT. Обидві машини є власністю фермерського господарства «Сяйво-Стрий»..

Самохідний обприскувач Matrot Maestria був виготовлений у 2008 році. Цей обприскувач є специфічним за конструкцією розпилювальних штанг, які розташовані в передній частині машини.



Рисунок 2.5 – Обприскувач Matrot Maestria

Перевага такого розташування штанг полягає в тому, що під час об'їзду перешкод оператор має комфортний огляд з кабіни та не повинен повертати голову назад. Maestria оснащена пневматичною підвіскою з амортизаторами та функцією Stabilis, яка служить для усунення нахилу кабіни на похилій місцевості. Рух вперед забезпечується гідроприводом з одним гідравлічним насосом та одним гідродвигуном, який розподіляє зусилля рівномірно на всі чотири колеса. Недоліком є недостатня потужність при підйомі на круті схили. Панорамна кабіна водія розташована в передній частині машини за штангами. Вона забезпечує огляд важелів та передніх коліс. Ми вважаємо такий огляд перевагою під час роботи в полі, але недоліком під час руху по дорозі, оскільки складені штанги перешкоджають гарному огляду дороги. Тому оператору потрібно звикнути до більш точної оцінки.

Оператор захищений триступеневою фільтрацією повітря через пиловий, паперовий та вугільний повітряний фільтр.

Описаний обприскувач має дизельний двигун Deutz потужністю 170 к.с.

В нього регульована колія коліс у діапазоні від 1,80 метра до 2,70 метра. Дорожній просвіт від 1 до 1,30 метра. Робоча ширина становить 24 метри. Дозування розпилювального матеріалу забезпечується відцентровим насосом продуктивністю 750 л/хв та тиском 5 бар. Об'єм бака становить 4000 літрів.

Розмір шин – 300-95 R52. Форсунки – прорізні від виробника Teejet AIXR 11005. Вони розташовані на відстані 50 см одна від одної. Їх можна регулювати вручну, повертаючи тримач, в якому закріплено чотири різних форсунки.



Рисунок 2.6 – Обприскувач Matrot Maestria в роботі

Причіпний обприскувач Horsch Leeb 5 LT, який ми використовували в процесі дослідження, був виготовлений та придбаний у 2019 році. Цей обприскувач оснащений сучасною технологією регулювання дози залежно від робочої швидкості, що забезпечує рівномірне обприскування.



Рисунок 2.7 – Трактор Lamborghini в агрегування з
обприскувачем Horsch Leeb

Він може плавно регулювати та підтримувати встановлену висоту штанг від рослин під час руху за допомогою кількох датчиків, розташованих на самих штангах. Сучасне програмне забезпечення дозволяє автоматично перемикає форсунки відповідно до робочої швидкості машини та встановленої дози обприскування. Форсунки захищені від механічних пошкоджень алюмінієвим екраном, який розташований на штангах і запобігає дотику форсункою будь-якої перешкоди на місцевості. Форсунки, що використовувалися під час досліджень, були інжекторними типу з маркуванням IDKN 12003 від виробника Lechler.

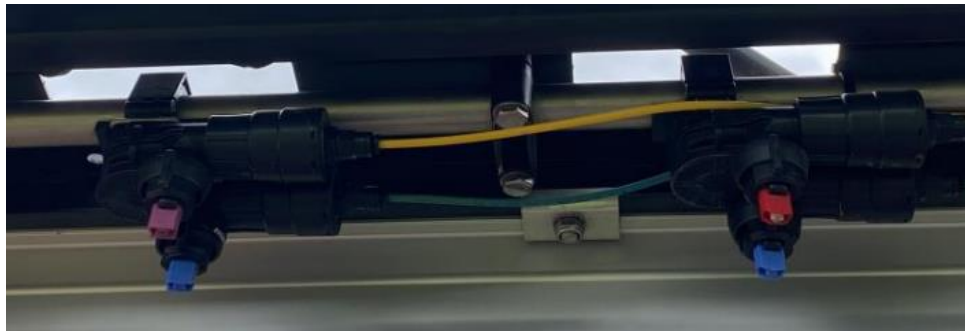


Рисунок 2.8 – Форсунки обприскувача Horsch Leeb LT 50

На обприскувачі Horsch Leeb форсунки розташовані на відстані 25 см одна від одної. Для аналогії обприскування з обприскувачем Matrot Maestria відстань між використаними форсунками в дослідженнях становила 50 см.

Обприскувач Horsch оснащений GPS-навігацією з точністю 2 сантиметри і у разі небажаного перекриття площі вимикає необхідні секції. Це може заощадити значну кількість розпилювального матеріалу.

Недоліком конструкції штанги обприскувача є те, що оператор повинен візуально перевіряти штанги та будь-які перешкоди під час руху з повернутою головою назад. Це вважається дискомфортом. Остання секція на кожному кронштейні може уникати переміщень в напрямку руху в разі зіткнення з перешкодою, якою може бути, наприклад, гілка дерева на краю ділянки або

електричний стовп.

Машина оснащена ширшими шинами, ніж самохідний обприскувач Matrot Maestria. Колеса Horsch оснащені шинами 520/85 R42, які забезпечують менший тиск на ґрунт і таким чином мінімізують його ущільнення. Нижня частина обприскувача гладка та без гострих країв, що виключає пошкодження рослинності у разі контакту з машиною. Бак обприскувача виготовлений з поліетилену та має об'єм 5000 літрів. Дорожній просвіт машини становить 85 см. Насос у цьому обприскувачі є роторним продуктивністю 600 л/хв, який може розвивати робочий тиск до 8 бар. Цей обприскувач агрегатується з трактором Lamborghini Spark потужністю 180 кінських сил.



Рисунок 2.9 – Трактор Lamborghini в агрегування з обприскувачем Horsch Leeb LT

Висновки за розділом

1. Для визначення ефективності роботи сучасних обприскувачів доцільно проводити дослідження в оцінненні якості обприскування.
2. Оцінку якості роботи окремих обприскувачів здійснювали за результатами порівняння коефіцієнта покриття рослин кожним з них. Для цього запропонована методика вимірювання покриття робочою рідиною абсорбуючого паперу, який встановлювали в посіви на різній висоті за висотою рослин.
3. Запропоновано методику проведення експерименту, спрямованого на визначення швидкості знесення обприскувальної рідини на частини кабіни

(дверну ручку та сходи) у зв'язку з безпекою оператора обприскувача.

РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Результати перевірки обприскувача перед експериментом

Метою випробування було перевірити, чи відповідає обприскувач основним функціональним параметрам, визначених його технічними характеристиками.

Випробування обприскувачів проводяться один раз на певний період,

зазвичай після технічного обслуговування або ремонту відповідно до чинних законодавчих норм.

Усі випробування проводяться з чистою водою, за винятком перевірки ефективності змішувального пристрою. В рамках випробувань ми перевіряємо:

а) *регулювальний клапан та манометр*. Правильність роботи перевіряється шляхом порівняння даних з калібрувальним манометром.

Дані робочого манометра не повинні відрізнятися від калібрувальних більше, ніж на значення точності вимірювання, зазначені на манометрі.

б) *об'ємний потік через форсунки* (витрата) визначається для всіх форсунок на рамі машини за можливістю одночасно (якщо у нас є спеціальне обладнання для цього) або групами протягом 60 с. Вимірювання повторюється 3 рази.

Потік для окремих форсунок може коливатися в межах $\pm 5\%$ від середньоарифметичного значення потоку через усі форсунки на рамі машини.

в) *кут розпилення*

Його значення не повинно перевищувати $\pm 5^\circ$ від середньоарифметичного значення значень усіх форсунок на машині.

г) *поперечна рівномірність розпилення*. Вона визначається на спеціальному пазовому приладі з трьома повтореннями щоразу через 60 с.

Поперечна рівномірність, виражена коефіцієнтом варіації, не повинна перевищувати 15%. Виражається абсолютними максимальними відхиленнями від середнього арифметичного всіх вимірювань у межах усього охоплення машини в межах 20%.

д) *змішувальний пристрій*. Якість його роботи оцінюється за допомогою відповідної суспензії (наприклад, 3% розчину Купріколу). Після запуску машини проби об'ємом 0,5 л відбираються з кількох форсунок приблизно 10 разів під час її спорожнення. Зібрані зразки поміщають у вузькі та високі мірні циліндри, і через кілька годин оцінюють об'єм осаду твердих частинок.

Відхилення об'єму осаду окремих зразків не повинно перевищувати 5%

від середнього арифметичного.

В рамках перевірки оприскувачів перед експериментом було проведено перевірку функціональності насосів, загальної функціональності регулювальних елементів, герметичності розподільчої системи, перевірку рівномірності потоку форсунок при тиску 3 бар та кута розпилення. На момент експерименту всі протестовані елементи були справними, значення витрат окремих форсунок наведено в таблиці нижче. На момент експерименту розпилювальні форсунки на обох обприскувачах використовувалися протягом 1 сезону, тому вони не були новими. Для вимірювання використовували мірну пластикову ємність об'ємом 2000 мл.



Рисунок 3.1 – Мірна пластикова ємність

Таблиця 3.1 - Потік через сопло Matrot

Насадка, с	Потік (л)	Відхилення (%)	Насадка, с	Потік (л)	Відхилення (%)
1	1,56	2,36	25	1,64	2,58
2	1,58	1,11	26	1,6	0,14
3	1,59	0,48	27	1,63	1,98
4	1,61	0,76	28	1,59	0,48
5	1,6	0,14	29	1,65	3,17
6	1,59	0,48	30	1,61	0,76
7	1,61	0,76	31	1,59	0,48
8	1,58	0,14	32	1,61	0,76
9	1,61	0,48	33	1,58	1,11
10	1,59	0,76	34	1,62	1,73

11	1,59	1,11	35	1,59	0,48
12	1,6	0,76	36	1,62	1,38
13	1,59	0,48	37	1,59	0,48
14	1,58	1,11	38	1,58	1,11
15	1,6	0,14	39	1,62	1,48
16	1,61	0,76	40	1,59	0,48
17	1,65	3,17	41	1,57	1,73
18	1,61	0,76	42	1,58	1,11
19	1,63	1,98	43	1,57	1,73
20	1,64	2,58	44	1,56	2,36
21	1,6	0,14	45	1,61	0,76
22	1,59	0,48	46	1,58	1,11
23	1,61	0,76	47	1,59	0,48
24	1,62	1,38	48	1,6	0,14

Середнє 1,59

Після вимірювання витрат окремих форсунок на обприскувачі Matrot Maestria виявлено, що середня витрата через форсунку становить 1,59 літра за хвилину. Згідно з таблицею 3.1., виробник форсунок TeeJet заявляє витрату 1,6 літра за хвилину при тиску 3 бари для даної форсунки. Таким чином, ми оцінюємо, що форсунки на обприскувачі Matrot Maestria відповідають необхідній витраті для експерименту, оскільки на машині не було форсунок з відхиленням більше 5% від діаметра всіх протестованих форсунок.

Таблиця 3.2 – Швидкість потоку форсунок Horsch

Насадка, с	Потік (л)	Відхилення (%)	Насадка, с	Потік (л)	Відхилення (%)
1	1,22	1,49	25	1,19	0,99
2	1,19	0,99	26	1,18	1,82
3	1,2	0,16	27	1,2	0,16

4	1,2	0,16	28	1,22	1,49
5	1,18	1,82	29	1,23	2,29
6	1,21	0,67	30	1,19	0,99
7	1,23	2,29	31	1,2	0,16
8	1,21	0,67	32	1,2	0,16
9	1,19	0,99	33	1,22	1,49
10	1,2	0,16	34	1,19	0,99
11	1,21	0,67	35	1,17	2,65
12	1,22	1,49	36	1,2	0,16
13	1,19	0,99	37	1,23	2,29
14	1,2	0,16	38	1,21	0,67
15	1,19	0,99	39	1,19	0,99
16	1,23	2,29	40	1,22	1,49
17	1,22	1,49	41	1,18	1,82
18	1,18	1,82	42	1,21	0,67
19	1,2	0,16	43	1,2	0,16
20	1,19	0,99	44	1,2	0,16
21	1,21	0,67	45	1,18	1,82
22	1,22	1,49	46	1,19	0,99
23	1,2	0,16	47	1,21	0,67
24	1,19	0,99	48	1,2	0,16

Середнє 1,2

Після вимірювання витрати рідини через форсунку обприскувача Horsch ми виявили, що середня витрата рідини через форсунку становить 1,2 літра за хвилину, що точно відповідає даним у таблиці від виробника форсунок 55 Lechler.

Ще одним параметром, який перевірявся для обприскувачів, був кут розпилення рідини. Для цього вимірювання ми використовували зображення струменя розпилення, за яким за допомогою транспортера виміряли кут

розпилення рідини. Усі записані кути наведено в таблиці нижче.

Таблиця 3.3 – Кути розпилення Matrot Maestria

Насадка, с	Кут розпилення, град	Відхилення (%)	Насадка, с	Кут розпилення, град	Відхилення (%)
1	106	2,79	25	110	0,87
2	108	0,96	26	108	0,96
3	107	1,87	27	108	0,96
4	109	0,04	28	109	0,04
5	108	0,96	29	112	2,64
6	109	0,04	30	107	1,87
7	109	0,04	31	109	0,04
8	112	2,64	32	110	0,87
9	110	0,87	33	112	2,64
10	110	0,87	34	111	1,76
11	108	0,96	35	109	0,04
12	109	0,04	36	110	0,87
13	107	0,87	37	110	0,87
14	110	0,87	38	110	0,04
15	110	0,87	39	109	0,04
16	109	0,04	40	110	0,87
17	107	1,87	41	111	1,76
18	108	0,96	42	109	0,04
19	109	0,04	43	108	0,96
20	110	0,87	44	108	0,96
21	110	0,87	45	109	0,04
22	109	0,04	46	108	0,96
23	110	0,87	47	107	1,87

24	110	0,87	48	107	1,87
----	-----	------	----	-----	------

Середнє 109,04

Кут розпилення, виміряний для обприскувача Matrot Maestria, становив у середньому 109,04 градуса.

Виробник TeeJet вказує, що кут розпилення для цього типу форсунок повинен становити 110°. Найбільше відхилення від діаметра становило 2,79%. Це означає, що форсунки досягають необхідної якості, і ми оцінюємо обприскувач як придатний для проведення пробного вимірювання.

Для обприскувача Horsch ми виміряли кут розпилення рідини, який становив 119,65 градуса. Найбільше відхилення становило 2,21%. Кут розпилення, заявлений виробником, становить 120°. Ми робимо висновок, що ці форсунки також відповідають необхідному стандарту.

Таблиця 3.4 – Кути розпилення обприскувача Horsch

Насадка, с	Кут розпилення, град	Відхилення (%)	Насадка, с	Кут розпилення, град	Відхилення (%)
1	120	0,30	25	120	0,30
2	120	0,30	26	119	0,54
3	119	0,54	27	118	1,38
4	121	1,12	28	122	1,93
5	120	0,30	29	121	1,12
6	120	0,30	30	120	0,30
7	119	0,54	31	119	0,54
8	120	0,30	32	120	0,30
9	120	0,30	33	120	0,30
10	118	1,38	34	122	1,93
11	120	1,12	35	117	2,21
12	120	0,30	36	120	0,30
13	119	0,54	37	120	0,30

14	120	0,30	38	118	0,54
15	120	0,30	39	120	0,54
16	119	0,54	40	119	0,30
17	120	0,30	41	119	0,54
18	120	0,30	42	120	0,30
19	119	0,54	43	119	0,54
20	120	0,30	44	120	0,30
21	119	0,54	45	121	1,12
22	120	0,30	46	120	0,30
23	121	1,12	47	118	1,38
24	118	1,38	48	118	1,38

3.2. Результати польового експерименту

Польові вимірювання проводилися з обома обприскувачами на одній ділянці, одночасно за однакових кліматичних умов. Були вибрані рослини, які знаходилися поблизу технологічної колії для легшого доступу з краю ділянки. Позначили паперові зразки та прикріпили їх до рослин на трьох різних висотах. Перший був розміщений на висоті 10 см над землею, другий - на висоті 40 см над землею та третій - на висоті 70 см над землею.

Також розмістили ще два зразки паперу на кабіні оператора машини, зокрема на сходах та на ручці відкриття дверей.

Дозу рідини для обприскування було встановлено нормою 200 л/га, використовувалася чиста вода.

Після проїзду з робочою швидкістю 10 км/год та встановлення висоти розпилювачів на 40 см над культурою, обережно знімали зразки паперу з рослини та кабінки, одягнувши рукавички, та залишили їх висихати. Потім ми помістили їх у сухий контейнер, щоб уникнути подальшого контакту з рідиною. Зразки оцінювали шляхом завантаження окремих зображень до програмного забезпечення для аналізу кольорів Image Color Summarizer, яке

оцінювало відсоток двох кольорів у вибірці.



Рисунок 3.2 – Паперові зразки, встановлені на рослинах до та після обприскування



Рисунок 3.3 – Розміщення зразків паперу на кабіні та сходах тракторів, з якими агрегатується обприскувачі Matrot Maestria та Horsch Leeb (місце позначено червоним еліпсом - колом)

3.2.1. Результати оцінки покриття поверхні обприскувачем Matrot Maestria

Після проведення аналізу зображень було визначено результати покриття, які разом із фотографіями окремих зразків наведено в наступній таблиці для Matrot Maestria.

Таблиця 3.4 – Результати покриття рослин обприскувачем Matrot Maestria

Matrot Maestria	Покриття зразку 1	Покриття зразку 2
Висота 70 см	18,85 %	17,59 %
Висота 40 см	20,15 %	19,37 %
Висота 15 см	23,88 %	16,87 %

Результати, наведені в таблиці 5 для обприскувача Matrot, спростовують гіпотезу 1.

Нижче наведено фотографії паперових зразків, знятих після обприскування рослин.

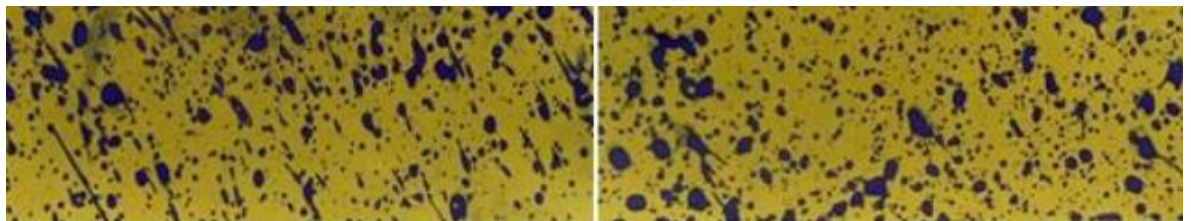


Рисунок 3.4 – Покриття рослини Matrot Maestria на висоті 70 см

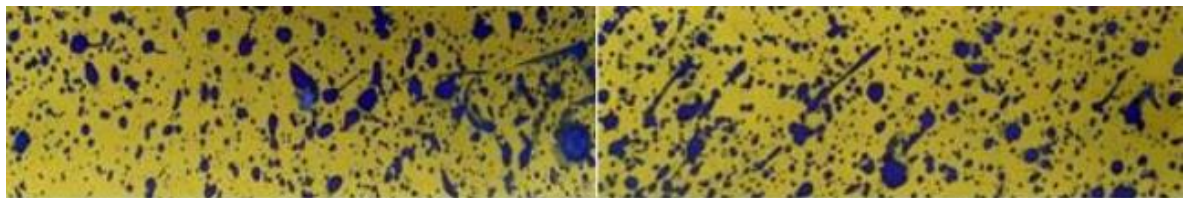


Рисунок 3.5 – Покриття рослини Matrot Maestria на висоті 40 см

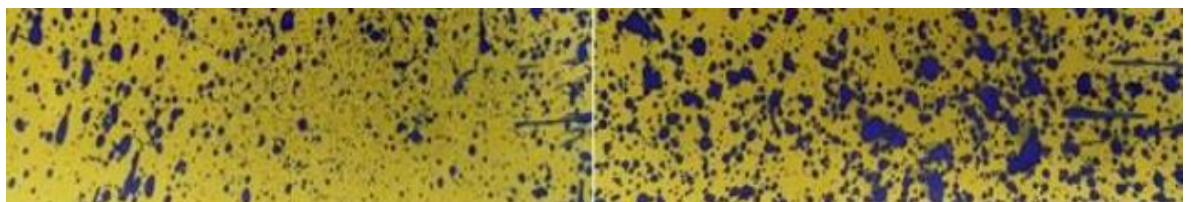


Рисунок 3.6 – Покриття рослини Matrot Maestria на висоті 15 см

3.2.2. Результати оцінки покриття зразків на кабіні машини Matrot Maestria

Результати оцінки покриття зразків на кабіні обприскувача Matrot Maestria наведені в таблиці 3.5.

Таблиця 3.5 – Оцінка покриття зразків на кабіні оприскувача
Matrot Maestria

Сходи	0,85
Ручка дверей	0,62

Гіпотеза 2 ґрунтувалася на тому факті, що розміщені попереду штанги можуть спричинити забруднення деяких частин машини. Це підтверджується розпиленою речовиною, виявленою на паперових лакмусови зразках.

3.2.3. Результати оцінки покриття поверхні рослин обприскувачем Horsch Leeb 5 LT

Після проведення аналізу зображень зразків, взятих після проходження обприскувача Horsch Leeb 5 LT, були визначені результати покриття. Фотографії окремих зразків наведені в наступній таблиці 3.6.

Таблиця 3.6 - Результати покриття рослин обприскувачем Horsch Leeb 5 LT

Horsch Leeb 5 LT	Покриття зразку 1	Покриття зразку 2
Висота 70 см	18,85 %	17,59 %
Висота 40 см	20,15 %	19,37 %
Висота 15 см	23,88 %	16,87 %

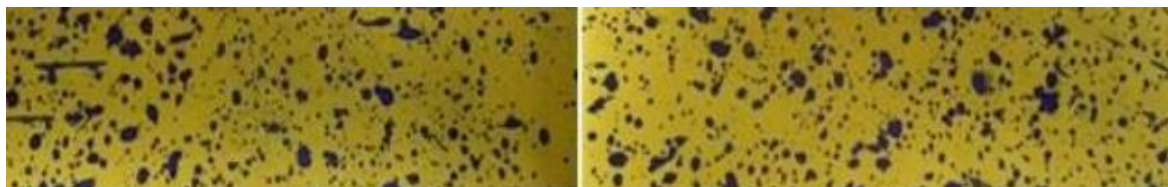


Рисунок 3.7 – Покриття рослини Horsch Leeb LT на висоті 70 см

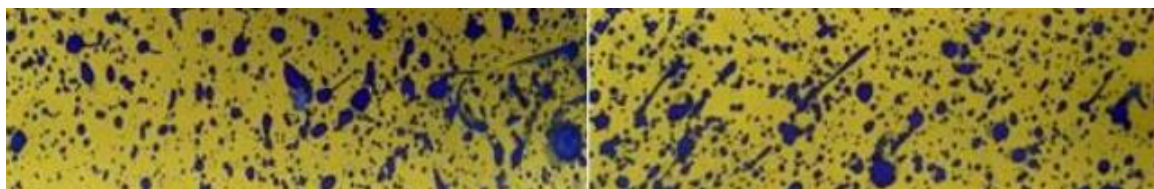


Рисунок 3.8 – Покриття рослини Horsch Leeb LT на висоті 40 см

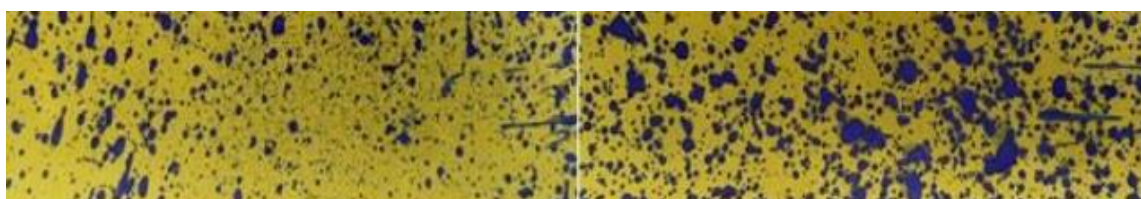


Рисунок 3.9 – Покриття рослини Horsch Leeb LT на висоті 15 см

Результати, наведені в таблиці 3.6. підтверджують гіпотезу 1.

3.2.4. Результати оцінки покриття зразків на кабіні Horsch Leeb

Результати оцінки покриття зразків на кабіні обприскувача Horsch Leeb наведені в таблиці 3.7.

Таблиця 3.7 – Оцінка покриття зразків на кабіні оприскувача
Horsch Leeb

Сходи	0
Ручка дверей	0



Рисунок 3.10 – Зафіксований дрейф на кабіні Horsch Leeb LT

Гіпотеза 2 базувалася на тому, що штанги, розташовані спереду, можуть забруднювати деякі частини машини, що підтверджується лакмусовим тестом в Matrot Maestriaю. В обприскувачі Horsch Leeb цього не виявлено (табл. 3.7). Таким чином гіпотеза 2 була підтверджена.

Перед проведенням експерименту ми припускали, що покриття рослинами буде вищим на верхніх ярусах. Ця наша оцінка була підтверджена для обприскувача Horsch Leeb LT. У насадженні з обприскувачем Matrot Maestria ми отримали протилежний результат. Середній відсоток покриття для обприскувача Matrot Maestria на верхньому ярусі рослини становить 18,22%, на середньому рівні 19,76% та на нижньому рівні 20,37%.

Ми передбачаємо, що нерівномірність густоти насадження могла вплинути на цей результат, оскільки це проблемна ділянка з вищим рівнем ґрунтових вод та частішим виникненням вологих плям на ділянці. Це пов'язано з нерівномірним проростанням рослин. У цьому випадку ми можемо трактувати, що одна половина рослини на нижньому поверсі була більш відкритою, ніж інша, тому відсоток покриття був вищим на відкритій частині. Іншою причиною може бути утворення більших крапель, які мають тенденцію зливатися та стікати по листю рослин. Таку ситуацію, звичайно, не можна вважати традиційною, але на практиці такі ситуації часто трапляються, оскільки рослинність не завжди і не скрізь однакова, а погодні умови дуже мінливі.

Ми правильно оцінили знесення рідини для розпилення на кабінку більшою мірою за допомогою самохідного обприскувача Matrot. Зі встановлених спереду штанг, які розпилюють, існує логічно вища ймовірність того, що деякі краплі потраплять на кабінку, ніж в машині, важелі якої знаходяться в кінці комплексу позаду. Цього явища можна було б запобігти або мінімізувати, якби виробник Matrot реалізував пневматичну підтримку у фронтально навішених обприскувачах.

ВИСНОВКИ

1. Покриття кожним обприскувачем на різній висоті рослин визначали окремо за допомогою зразків з лакмусового паперу, поверхня яких після контакту з рідиною ставала темно-синьою.

2. Перед експериментами було протестовано обприскувачі відповідно до заданих процедур. Вимірювання витрат форсунками показало, що доза, яка проходить через кожну форсунку, відповідає даним виробника з незначним відхиленням. Зокрема, з форсунками Teejet AIXR 11005 на Matrota Maestria середня доза склала 1,59 літра за хвилину при тиску 3 бари проти значення виробника 1,6 літра за хвилину при цьому тиску. Подібний результат був також отриманий з форсунками Lechler на обприскувачі Horsch Leeb. Значення, зазначене виробником в 1,2 літра спостерігалось з незначним відхиленням на всіх форсунках, як і кут розпилення.

3. На основі аналізу зображень зразків, взятих з рослин ми дійшли висновку, що обприскувач Matrot Maestria досяг вищого коефіцієнта покриття. На висоті 70 см від землі він досяг середнього рівня покриття 18,22%, а обприскувач Horsch Leeb 16,34%. На висоті 40 см над землею Matrot досяг середнього рівня покриття 19,76%, а Horsch Leeb – 14,81%. На найнижчій висоті 15 см від землі Matrot Maestria досяг середнього рівня покриття 20,37%, а Horsch Leeb – 14,30%.

4. На основі візуального порівняння фотографій зразків можна з упевненістю сказати, що причиною вищого рівня покриття на нижньому рівні насадження є значно більші краплі, які після впливу на листя падали на нижній рівень та утворювали більші краплі. На зразку № 1 на висоті 15 см від Matrot були помітні великі краплі з тенденцією до стікання, що принципово вплинуло на відсоток покриття. Експеримент проводився безпосередньо в насадженні, а не в модельованих умовах.

5. Обприскувач Horsch Leeb LT досяг вищої рівномірності покриття по всій висоті рослини за заданих умов. Його спектр крапель набагато дрібніший. Падаючі краплі рівномірніше розподіляються на листках рослин і не схильні

до утворення патьоків, що можна візуально підтвердити на отриманих зразках. Це також означає, що розпилений хімікат не має такої схильності до падіння з листка, що також економить розчин для обприскування. Зрештою, це впливає на рівень забруднення ґрунту.

6. З обприскувачем Matrot Maestria дійшли висновку, що краплі після потрапляння мають тенденцію до утворення патьоків у нижніх шарах рослин. Цей обприскувач досяг вищого коефіцієнта покриття в середньому 4,3% порівняно з конкуруючою машиною. На основі цих висновків можна зробити висновок, що деякі краплі, що падають на листя, також можуть падати на землю, що є небажаним явищем.

7. Ще одним аспектом, який контролювався, був знос розпилювального матеріалу на кабіну водія. Цей експеримент чітко продемонстрував, що обприскувач Horsch Leeb 5LT є більш екологічним щодо можливого забруднення кабіни, ніж Matrot Maestria, завдяки своїм задньо встановленим штангам. На самохідному обприскувачі Matrota Maestria ми виявили вплив зносу на сходи та дверну ручку із середнім покриттям 0,73% вимірної проби.

8. На тракторі, який агрегувався з обприскувач Horsch Leeb LT, коефіцієнт зносу на кабіну становив 0%. На практиці це може означати частіший контакт оператора машини з хімікатами для обприскування, особливо під час частішої посадки та висадки.

9. З кожною машиною важливо дотримуватися правил безпеки та охорони здоров'я на роботі, але з цим типом обприскувача необхідно звертати особливу увагу на використанні захисного спорядження, яке має захист оператора від забруднення хімікатами.

4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ЗАХИСТ В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1. Охорона праці на механізованих роботах під час обприскування посівів озимого ріпака

Вся сільськогосподарська техніка, що застосовується під час обприскування посівів сільськогосподарських культур повинна бути справною і повністю укомплектованою набором інструментів, засобами для обслуговування та аптечкою першої медичної допомоги. Агрегати повинні оснащуватись захисними кожухами для уникнення травматизму серед обслуговуючого персоналу.

Під час технічного обслуговування машин у польових умовах за охорону праці відповідає механізатор, що обслуговує даний агрегат; він інструктується із всіх виконуваних ним робіт.

Технічне обслуговування трактора проводиться тільки у світловий час доби. Всі операції технологічного обслуговування, крім регулювання двигуна, виконуються після повної його зупинки. Перед тим, як виконувати роботу під машиною, її потрібно загальмувати, зупинити двигун, увімкнути одну з передач і підкласти під колеса колодки-упори. Виконуючи роботу під машиною, потрібно використовувати утеплювальні коврики. У випадку необхідності обслуговування в піднятому положенні машина повинна фіксуватись надійними підставками, щоб запобігти самовільному опусканню чи падінню. Забороняється використовувати для підставок випадкові речі, оскільки вони не відповідають технічним нормативам охорони праці.

Особливу увагу необхідно звернути на безпечне використання тракторів. Робочим місцем на тракторі є кабіна, в якій розміщене сидіння, органи керування і контролю. Кабіна повинна мати захисний каркас, що не деформується при перекиданні. Сидіння повинне обладнуватись пасом безпеки, що запобігає важким травмам механізаторів. Для поліпшення огляду при керуванні агрегатом кабіна має велику площу зашклення. Також встановлені додаткові вікна у нижній частині передньої стінки кабіни для спостереження за точністю руху коліс.

Кабіна має бути обладнана торсійним сидінням з гідроамортизатором, аптечкою, термосом для питної води, склоочисниками, притискним козирком і дзеркалом заднього виду.

Особливо безпечні умови необхідно дотримуватись при виконання операції обприскування. Операції з догляду за посівами проводять із застосуванням хімічних речовин, зокрема, отрутохімікатів для боротьби з бур'янами, шкідниками і хворобами. Ці речовини токсичні, тому при роботі з ними необхідно використовувати індивідуальні засоби захисту. Всі заходи із застосування пестицидів повинні проводитись під керівництвом осіб, що відповідають у господарстві за захист рослин від бур'янів, шкідників та хвороб рослин.

Всі працюючі забезпечуються спецодягом, взуттям та засобами

індивідуального захисту в залежності від токсичності хімічних препаратів і їх препаративних норм.

На місцях проведення робіт з пестицидами забороняється вживати їжу, пити, палити. Для цього відводяться спеціальні місця, де повинні бути вода для миття рук, мило, рушник, аптечка медичної допомоги. Під час обприскування рослин потрібно стежити, щоб струмінь розпиленого розчину не спрямовувався на працюючих. Для цього враховують напрямок і швидкість вітру. У теплу пору року всі роботи із пестицидами слід проводити у ранкові та вечірні години дня.

У першому кварталі року спеціалісти господарства повинні перевіряти готовність техніки до робіт з пестицидами разом з представниками технічної інспекції і станції захисту рослин. Перевірку здійснюють за допомогою заповнення обприскувачів водою і проведення пробних обробок.

Всі роботи (приготування робочих розчинів, заправка ними резервуарів) слід механізувати. Забороняється готувати робочі розчини вручну. Їх приготування і заправку обприскувачів необхідно здійснювати на спеціальних майданчиках - розчинових вузлах. Територія розчинового вузла має бути бетонована або асфальтована, з нахилом для стоку води, забрудненої пестицидами. Стічні води необхідно збирати в спеціально обладнану яму, повністю заповнену гідроізоляційним шаром (цементом, бетоном). При заповненні цієї ями на 2/3 стічні води треба нейтралізувати і вивести в спеціальні місця, погоджені з органами держсаннагляду.

Під час приготування розчинів потрібно суворо контролювати норми витрати пестицидів, строки обробітку об'єктів, дотримання санітарно-захисної зони від оброблюваних площ до населених місць. Робочі розчини, як правило, є неоднорідними рідинами. Тому, щоб не забивалися розбризкуючі форсунки, перед заповненням обприскувачів цими розчинами їх необхідно фільтрувати.

Для створення безпечних умов праці забороняється використовувати трактори без кабін.

4.2. Оцінка рівня небезпеки виникнення аварій і травм

Для висвітлення можливих небезпек та факторів, які призводять до небезпечної ситуації (травми, нещасного випадку тощо), проводять моделювання процесу виникнення небезпечної ситуації та її наслідків.

Для прикладу виконаємо моделювання процесу виникнення небезпечної ситуації (травми або нещасного випадку) під час виконання операції приготування робочої суміші для обприскування посівів. Для цього побудуємо логіко-емітаційну модель процесу виникнення травми у працюючого при приготуванні робочої суміші (рис. 4.1).

Ймовірність виникнення вихідної події P_{24} визначаємо з наступних математичних виразів:

$$P_4 = P_1 + P_2 + P_3 - P_1P_2 - P_1P_3 - P_2P_3 + P_1P_2P_3 = \\ = 0,3 + 0,04 + 0,3 - 0,3 \cdot 0,4 - 0,3 \cdot 0,3 - 0,4 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,4 \cdot 0,3 = 0,706$$

$$P_8 = P_5 + P_6 + P_7 - P_5P_6 - P_5P_7 - P_6P_7 + P_5P_6P_7 = \\ = 0,3 + 0,05 + 0,3 - 0,3 \cdot 0,5 - 0,3 \cdot 0,3 - 0,5 \cdot 0,3 + 0,3 \cdot 0,5 \cdot 0,3 = 0,755$$

$$P_{12} = P_9 + P_{10} + P_{11} - P_9P_{10} - P_9P_{11} - P_{10}P_{11} + P_9P_{10}P_{11} = \\ = 0,4 + 0,03 + 0,3 - 0,4 \cdot 0,3 - 0,4 \cdot 0,3 - 0,3 \cdot 0,3 + 0,4 \cdot 0,3 \cdot 0,3 = 0,706$$

$$P_{13} = P_4P_8P_{12} = 0,706 \cdot 0,755 \cdot 0,706 = 0,38$$

$$P_{16} = P_{14} + P_{15} - P_{14}P_{15} = 0,5 + 0,3 - 0,5 \cdot 0,3 = 0,65$$

$$P_{19} = P_{17} + P_{18} - P_{17}P_{18} = 0,5 + 0,3 - 0,5 \cdot 0,3 = 0,65$$

$$P_{22} = P_{20} + P_{21} - P_{20}P_{21} = 0,4 + 0,4 - 0,4 \cdot 0,4 = 0,64$$

$$P_{23} = P_{16} + P_{19} + P_{22} - P_{16}P_{19} - P_{16}P_{22} - P_{19}P_{22} + P_{16}P_{19}P_{22} = \\ = 0,65 + 0,65 + 0,64 - 0,65 \cdot 0,64 - 0,65 \cdot 0,64 - 0,65 \cdot 0,64 + 0,65 \cdot 0,65 \cdot 0,64 = 0,96$$

$$P_{24} = P_{13} + P_{23} - P_{13}P_{23} = 0,38 + 0,96 - 0,38 \cdot 0,96 = 0,98$$

Таким чином, на робочому місці під час приготування робочої суміші для обприскування посівів при наявності тих недоліків з охорони праці, які відображені у базових подіях можна очікувати 0,96 травми.

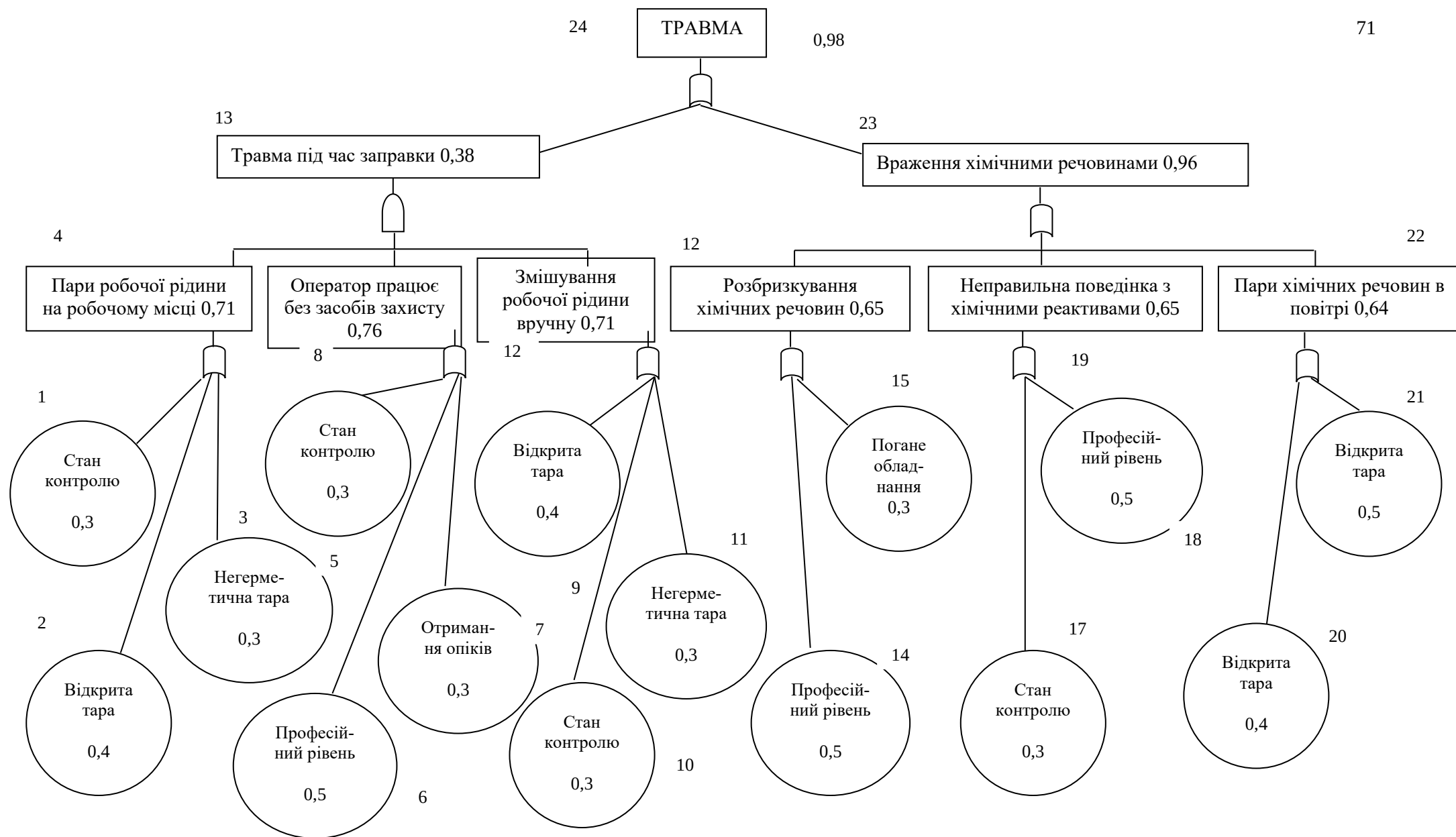


Рисунок 5.1 – Логіко-емітаційна модель процесу виникнення травми у працівника при оприскуванні посівів

В даній моделі:



- оператор «і»;



- оператор «або»;

1,2,3...- номери подій; 0,3; 0,4; 0,5 - ... ймовірність подій.

Якщо зазначені недоліки негайно усунути (підвищити професійний рівень працюючих, підвищити контроль та використовувати тару і обладнання за всіма вимогами техніки безпеки), то можна побачити на моделі шляхом повторного розрахунку, що рівень небезпеки буде наближатися до 0, а рівень безпеки до 1.

4.3. Пропозиції з покращення умов праці під час обприскування посівів

Проведений аналіз стану охорони праці під час виконання операції обприскування посівів показав, що ще не відповідає повністю вимогам, які ставляться в галузевих нормах. Для його покращення необхідно провести ряд заходів, зокрема:

- при роботі з пестицидами необхідно суворо дотримуватись правил особистої безпеки, не допускати потрапляння пестицидів на одяг, взуття, відкриті ділянки тіла і на землю.

- запобігати на місцях проведення робіт з пестицидами вживання їжі, пиття, паління. Для цього необхідно відвести спеціальні місця;

- всі заходи із застосування пестицидів повинні проводитись під керівництвом осіб, що відповідають у господарстві за захист рослин від бур'янів, шкідників та хвороб рослин.

- кабіна трактора повинна бути герметизована;

- кваліфікація обслуговуючого персоналу повинна відповідати характеру роботи;

- перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан машини;

- всіх працюючих потрібно забезпечити спецодягом, взуттям та засобами індивідуального захисту в залежності від токсичності хімічних

препаратів і їх препаративних норм;

- забороняється виконувати регулювальні та змащувальні операції під час руху обрисувача;

- забороняється знаходитись у процесі руху агрегату між трактором та сільськогосподарською машиною.

4.4. Безпека в надзвичайних ситуаціях

На сьогодні природно-техногенна безпека для населення і території з умовлена зростанням втрат людей, що спричиняється небезпечними природними явищами, промисловими аваріями та катастрофами. Ризик надзвичайних ситуацій природного та техногенного характеру непинно зростає, тому питання захисту цивільного населення від надзвичайних ситуацій на сьогодні є дуже важливе.

Згідно із Кодексом цивільного захисту України за організацію цивільної оборони на підприємстві відповідає керівництво. Керівництво підприємств повинно забезпечити працівників засобами захисту (індивідуального та колективного), створювати загони для ліквідації наслідків надзвичайних ситуацій.

У системі цивільного захисту підприємства необхідно забезпечити:

- інформування та організація захисту;
- можливість укриття населення у захисних спорудах;
- використання засобів індивідуального і медичного захисту;
- будівництво захисних споруд, насадження лісосмуг.

Основні положення Женевської конвенції щодо захисту жертв війни та додаткових протоколів до неї, можливого характеру воєнних дій, реальних можливостей держави щодо створення матеріальної бази захисту. З метою захисту населення, зменшення втрат та шкоди економіці в разі виникнення надзвичайних ситуацій потрібно проводити спеціальні комплекси заходів.

Інформування населення, яке досягається завчасним створенням і підтримкою в постійній готовності загальнодержавної, територіальних та

об'єктових систем оповіщення населення.

Медичний захист проводиться для зменшення ступеня ураження людей, своєчасного надання допомоги постраждалим та їх лікування, забезпечення епідеміологічного благополуччя в районах надзвичайних ситуацій.

Інженерний захист проводиться з метою виконання вимог ГГЗ із питань забудови міст, розміщення ПНО, будівлі будинків, інженерних споруд та інше.

Радіаційний і хімічний захист включає заходи щодо виявлення і оцінки радіаційної та хімічної обстановки, організацію і здійснення дозиметричного та хімічного контролю, розроблення типових режимів радіаційного захисту, забезпечення засобами індивідуального захисту, організацію і проведення спеціальної обробки.

Біологічний захист включає своєчасне виявлення чинників біологічного зараження, їх характеру і масштабів, проведення комплексу адміністративно-господарських, режимно-обмежувальних і спеціальних протиепідемічних та медичних заходів.

Висновки за розділом

В розділі наведено заходи, щодо покращення умов праці під час виконання механізованих тобїт з обприскування посївїв.

Розроблено логїко-емїтацїйну модель процесу виникнення травми у працювника під час опрїскуваннї посївїв.

Ризик надзвичайних ситуацїй природного та техногенного характеру невпинно зростає, тому охарактеризовано питання захисту цивїльного населення від надзвичайних ситуацїй.

РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

Економічну ефективність процесу обприскування визначали шляхом порівняння роботи причіпного обприскувача Horsch Leeb моделі LT та його новішої моделі Horsch Leeb AX.

З урахуванням змін у вартості техніки, паливно-мастильних матеріалів, сільськогосподарської продукції та оновлених норм оплати праці, наведені показники вважаються актуальними для умов експлуатації нового агрегату.

Розрахунок виконується згідно із затвердженою методикою в такій послідовності:

1. На підставі експлуатаційних характеристик роботи нової та базової машин, нормативно-довідкових матеріалів, а також реальних цін на трактори, сільськогосподарську техніку, паливно-мастильні матеріали тощо, формується таблиця вихідних даних для визначення економічної ефективності спеціалізованої техніки.

2. Вихідні дані станом на 01.01.2025 р. для розрахунку економічної ефективності наших агрегатів подані в таблиці 5.1. У ній враховано лише ті показники, які стосуються технологічного процесу та впливають на отриманий економічний результат.

3. Аналіз економічної ефективності здійснюється на ПЕОМ IBM-A/XT із використанням програми, написаної мовою “gwbasic”.

4. У діалоговому режимі оператор вносить у програму вихідні дані з таблиці 5.1. Після опрацювання інформації результати економічної ефективності виводяться на друкувальний пристрій.

Таблиця 5.1 – Вихідні дані для розрахунку економічної ефективності спеціалізованої ланки.

Показники	Позн.	Horsch Leeb	
		модель LT	модель AX
Продуктивність агрегату за годину змінного часу	W ₂	2,2	2,2
Балансова вартість, тис. грн			
– енергетичного засобу	Б _т	720	720

– машини	Б _м	166	170
Річне завантаження, год			
– енергетичного засобу	Т _т	1550	1550
– машини	Т _м	200	200
Чисельність виробничого персоналу, чол.:			
– основного	Л _{осн}	1	1
– допоміжного	Л _{доп}	–	–
Коефіцієнт, що враховує доплати			
– основного персоналу	К _{осн}	1,1	1,1
– допоміжного персоналу	К _{доп}	–	–
Годинні тарифні ставки, грн/люд.год:			
– основного персоналу	Г _{осн}	115	115
– допоміжного персоналу	Г _{доп}	–	–
Коефіцієнт відрахувань на реновацію:			
– енергетичного засобу	Q _{р.т}	12,5	12,5
– машини	Q _{р.м}	12,5	12,5
Коефіцієнт відрахувань на потоковий ремонт і ТО:			
– енергетичного засобу	Y _{п.т}	12,5	12,5
– машини	Y _{п.м}	12,5	12,5
Коефіцієнт відрахувань на капітальний ремонт:			
– енергетичного засобу	Y _{к.т}	12,5	12,5
– машини	Y _{к.м}	12,5	12,5
Витрати ПММ, кг/га	G	5,4	5,4
Ціна 1 кг палива з врахуванням мастильних матеріалів, що припадає на 1 кг палива, грн	Ц	55	55
Кількість кожного виду продукції, ц/га	M _п	85	105
Ціна кожного виду продукції, грн/ц	Ц _п	800	800
Затрати на зберігання, що припадають на 1 год. експлуатаційного часу, грн/га			
– енергетичного засобу	З _{зб.т}	12,5	12,5
– машини	З _{зб.м}	12,5	12,5
Нормативний коефіцієнт інтенсивності капітальних вкладень	У	0,15	
Коефіцієнт гарантії споживачу економічного ефекту	К _г	0,8	
Коефіцієнт переведення оптової ціни в балансову	К _п	1,1	

Річний економічний ефект від використання нової машини (Е_р), у грошовому вираженні, обчислюється за такою формулою:

$$E_p = (Пб - Пн + E') \dots\dots\dots (5.1)$$

де P_b та P_n – сумарні витрати на одиницю напрацювання відповідно для базової та удосконаленої машини, грн/од. напр.;

E' – економічний ефект, отриманий завдяки змінам у витратах основних матеріалів і поліпшенню якості продукції під час роботи нової машини, од. напр./рік.

$$E_p = (470,8 - 461,8 + 16000) \cdot 400 = 6403600 \text{ грн.}$$

Економічний результат від виготовлення та застосування нової машини протягом усього терміну її експлуатації (E_{ec}), грн:

$$E_{ec} = E_p (Q_u + E), \quad (5.2)$$

де Q_u – показник відрахувань на оновлення (реновацію) нової машини, а E — нормативний коефіцієнт ефективності інвестицій у основні засоби.

$$E_{ec} = 6403600 (0,125 + 0,15) = 1760990 \text{ грн.}$$

Гранична вартість нової машини (C_l), грн:

$$C_l = C_{v.m.} \cdot \tilde{O}, \quad (5.3)$$

$$C_l = 175544 \cdot 0,8 = 140435 \text{ грн,}$$

де $C_{v.m.}$ – максимальна допустима вартість нової машини, грн, а $\tilde{O}$ – коефіцієнт, що забезпечує споживачу гарантований ефект від її використання.

$$C_{v.m.} = [E_p (Q_u + E) + B_m] (1/\ddot{Y}), \quad (5.4)$$

де $\ddot{Y}$ – коефіцієнт, що використовується для перерахунку оптової ціни у балансову,

B_m – балансова вартість нової машини, грн.

Річний обсяг заощадженої праці при використанні нової машини, вимірюваний у людино-годинах, обчислюють за формулою:

$$Z_p = (Z_{lb} - Z_{ln}) \cdot v_z. \quad (5.5)$$

де Z_{lb} та Z_{ln} – трудові витрати на одиницю виконаної роботи для базової та нової машин відповідно, люд.-год./га.

$$Z_p = 0$$

Сукупні витрати на одиницю виробітку (Π), виражені в гривнях, визначають за такою формулою:

$$\Pi = U + KE,$$

де U – це прямі експлуатаційні витрати на одну одиницю виконаних робіт, грн/га.

$$\Pi_6 = 448,3 + 150 \cdot 0,15 = 470,8 \text{ грн/га},$$

$$\Pi_n = 437,9 + 159 \cdot 0,15 = 461,8 \text{ грн/га}.$$

Розмір прямих експлуатаційних витрат становить:

Z – витрати на оплату праці обслуговуючого персоналу, грн/га; Γ – витрати на паливно-мастильні матеріали, грн/га; P – витрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт, грн/га; A – витрати на реновацію, грн/га; Z_3 – витрати на зберігання, грн/га.

$$U_6 = 57,5 + 297 + 75 + 18,8 + 0,03 = 448,3 \text{ грн/га},$$

$$U_u = 57,5 + 281 + 79,5 + 19,9 + 0,02 = 437,9 \text{ грн/га}.$$

Витрати на заробітну плату обслуговувального персоналу складають:

$$Z = (1/W_{зм}) \sum \cdot Li_{ti} \cdot K_{jd}, \quad (5.8)$$

$W_{зм}$ – це обсяг роботи, який машина виконує за одну годину змінного часу, вимірюваний у га/год.

Li – кількість працівників виробничого персоналу, осіб.

ti – погодинна тарифна ставка оплати праці працівників, що здійснюють обслуговування, у грн/га.

K_{jd} – коефіцієнт, що враховує додаткові виплати.

$$Z_6 = (1/2,2) 1 \cdot 115 \cdot 1,1 = 57,5 \text{ грн/га},$$

$$Z_u = (1/2,2) 1 \cdot 115 \cdot 1,1 = 57,5 \text{ грн/га}.$$

Витрати на паливно-мастильні матеріали:

$$F = g \cdot \Pi, \quad (5.9)$$

Витрати на технічне обслуговування, поточний та капітальний ремонт, розраховані відповідно до нормативних відрахувань від балансової вартості машини:

$$P = B (Y_T + Y_K) / W_{зм} \cdot T_p. \quad (5.10)$$

B – балансова ціна машини, грн; Y_T – показник відрахувань на проведення поточного ремонту та технічного обслуговування; Y_K – показник відрахувань на капітальний ремонт; T_p – обсяг річної роботи машини в годинах.

$$P_6 = 166000 (0,22 + 0,27) / 2,2 \cdot 200 = 75 \text{ грн/га};$$

$$P_H = 170000 (0,22 + 0,27) / 2,2 \cdot 200 = 79,5 \text{ грн/га}.$$

Витрати на відновлення (реновацію) машин:

$$A = v \cdot q / W_{зм} \cdot T_p; \quad (5.11)$$

q – показник відрахувань, що визначає обсяг коштів на реновацію машини.

$$A_6 = 166000 \cdot 0,125 / 2,2 \cdot 200 = 18,8 \text{ грн/га},$$

$$A_H = 170000 \cdot 0,125 / 2,2 \cdot 200 = 19,9 \text{ грн/га}.$$

Витрати на утримання (зберігання):

$$Z_3 = Z_{36} / W_{зм}, \quad (5.12)$$

Z_{36} – витрати на утримання машини, розраховані в перерахунку на одну годину її роботи, грн/год.

$$Z_6 = 0,065 / 2,2 = 0,03 \text{ грн/га},$$

$$Z_u = 0,045 / 2,23 = 0,02 \text{ грн/га}.$$

Капітальні інвестиції R у розрахунку на одну одиницю напрацювання становлять:

$$K = v / W_{зм} \cdot T_p \quad (5.13)$$

$$K_6 = 166000 / 2,2 \cdot 200 = 150 \text{ грн/га};$$

$$K_u = 170000 / 2,2 \cdot 200 = 159 \text{ грн/га}.$$

Затрати праці (Z_l), виражені в людино-годинах на одну операцію, що виконується машиною або працівниками під час робочого процесу.

$$Z_l = L / W_{зм}, \quad (5.14)$$

де L – число робітників, чол.

$$Z_{л.6.} = 1 / 2,2 = 0,45;$$

$$Z_{л.и.} = 1 / 2,23 = 0,44.$$

Економічний ефект (E'), отриманий у результаті зміни обсягів та якості виробленої продукції.

$$E' = (L_{ом.н} - L_{ом.6.}), \quad (5.15)$$

де $L_{ом.н}$ – $L_{ом.6.}$ – це вартість основних матеріалів при використанні нової та базової машин відповідно, грн/га.

$$E' = 84000 - 68000 = 16000 \text{ грн};$$

$$L_{\text{ом}} = \sum h_{\text{омі}} \cdot C_{\text{омі}} \cdot S, \quad (5.16)$$

де $h_{\text{омі}}$ – урожайність кукурудзи, кг/га;

$C_{\text{омі}}$ – оптова ціна одиниці основного виду матеріалів, грн/ц;

S – площа посіву культури, га.

$$L_{\text{ом.б}} = 85 \cdot 800 = 68000 \text{ грн.}$$

$$L_{\text{ом.н}} = 105 \cdot 800 = 84000 \text{ грн.}$$

Таблиця 5.2 – Економічна ефективність використання обприскувача

Показники	Horsch Leeb	
	модель LT	модель AX
Річне напруження, га	400	400
Прямі затрати на :		
– оплату праці, грн/га	57,5	57,5
– ПММ, грн/га	29,7	28,1
– ТО і ремонт, грн/га	1,88	1,99
– реновація, грн/га	7,5	7,95
Інші прямі затрати, грн/га	22,5	23,8
Всього прямих затрат, грн/га	448,5	437,9
Капітальні вкладення, грн/од. напр.	150	159
Економічний ефект від зміни кількості та якості продукції	–	440
Економічний ефект від експлуатації нової машини, грн	–	640360
Економічний ефект від виробництва і використання за строк служби нової машини, грн	–	1760990
Верхня межа машини, грн	–	175544
Лімітна ціна машини, грн	–	140435
Затрати праці в люд.год./од.напр.	0,45	0,44

Дані таблиці 5.2. свідчать, що річний економічний ефект при використанні обприскувача Horsch Leeb модель AX буде становити 6403 т.грн. за запланованої

врожайності 35 ц/га. Для впровадження даної технології сума додаткових капіталовкладень складає 159000 грн.

Висновки за розділом

1. Економічний ефект при використанні обприскувача Horsch Leeb модель АХ буде становити 6403 т.грн. за запланованої врожайності 35 ц/га.

ВИСНОВКИ І ПРОПОЗИЦІЇ

В процесі досліджень визначали покриття рослин обприскувачами – Matrota Maestria та Horsch Leeb окремо за допомогою лакмусового паперу, де контактна поверхня після контакту з рідиною ставала темно-синьою.

На основі отриманих зразків до та після оцінки за допомогою аналізу зображень можна стверджувати, що обприскувач Matrot Maestria досяг вищого коефіцієнта покриття. На висоті 70 см від землі він досяг середнього рівня покриття 18,22%, а обприскувач Horsch Leeb – 16,34%. На висоті 40 см над землею Matrot досяг середнього рівня покриття 19,76%, а Horsch Leeb – 14,81%. На найнижчій висоті 15 см від землі Matrot Maestria досяг середнього рівня покриття 20,37%, а Horsch Leeb – 14,30%.

На основі візуального порівняння фотографій зразків можна з упевненістю сказати, що причиною вищого рівня покриття на нижньому рівні насадження є значно більші краплі, які після впливу на листя падали на нижній рівень та утворювали більші краплі. На зразку № 1 на висоті 15 см від Matrot були помітні великі краплі з тенденцією до стікання, що принципово вплинуло на відсоток покриття. Експеримент проводився безпосередньо в посівах, а не в лабораторних умовах.

З наведених вище результатів можна зробити висновок, що Horsch Leeb LT досяг вищої рівномірності покриття по всій висоті рослини за заданих умов. Його спектр крапель набагато дрібніший. Падаючі краплі рівномірніше

розподіляються на листках рослин і не схильні до утворення патьоків, що можна візуально підтвердити на отриманих зразках. Це також означає, що розпилений хімікат не має такої схильності до падіння з листка, що також економить розчин для обприскування.

Ще одним аспектом, який контролювався, був знос розпилювального матеріалу на кабіну водія. Цей експеримент чітко продемонстрував, що обприскувач Horsch Leeb 5LT є більш екологічним щодо можливого забруднення кабіни, ніж Matrot Maestria, завдяки своїм задньо встановленим штангам. На самохідному обприскувачі Matrota Maestria ми виявили вплив зносу на сходинок та дверну ручку із середнім покриттям 0,73% вимірної проби.

На тракторі, який агрегатувався з обприскувачем Horsch Leeb LT, коефіцієнт зносу на кабіну становив 0%. На практиці це може означати частіший контакт оператора машини з хімікатами для обприскування, особливо під час частішої посадки та висадки.

З кожною машиною важливо дотримуватися правил безпеки та охорони здоров'я на роботі, особливо необхідно звертати увагу на використання захисного спорядження, яке має захист оператора від забруднення хімікатами.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Іванишин В.В. Про розробку і створення в Україні сільськогосподарських машин сучасного рівня. Зб. наук. праць Вінницького націон. аграрн. ун-ту. Серія: Технічні науки. 2012. Вип. 11. Т. 2 (66). С. 8–14.
2. Винокуров Л. Е.; Васильчик М. В.; Гаман М. В. Основи охорони праці. К. : Вікторія. 2001. 254 с.
3. Войтюк Д.Г., Булгаков В.М., Кропивко С.В., Онищенко В.Б. Сільськогосподарські машини. Основи теорії та розрахунку: підруч. для студ. вузів. Київ: Друк, 2005. 464 с.
4. Гунько І.В., Музичук В.І., Служалюк М.В. Дослідження технічного сервісу машин в АПК. Техніка, енергетика та транспорт АПК. 2019. №2 (105). С. 43–51
5. Кувачов В. П., Мітков В. Б. Обґрунтування критеріїв оптимальності сумісного маршрутизованого руху технологічного комплексу МТА. Науковий вісник ТДАТУ. 2012. Вип. 2, Т. 5. С. 8–15.
6. Лехман С.Д., Кубльов В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. К. : Урожай, 1993. 270 с. 40.
7. Лихочвор В.В. Мінеральні добрива та їх застосування. Львів: Українські технології, 2008. 312 с.
8. Лихочвор В.В. Петриченко В.Ф. Фізіологічна роль елементів живлення та системи удобрення польових культур. Підручник. 3-тє видання, перероблене. Львів: Растр-7, 2021. 288 с.
9. Лісовал А.П., Макаренко В.М., Кравченко С.М. Системи застосування добрив : підручник. К. : Вища шк., 2002. 317 с.
10. Обладнання для захисту рослин. Обприскувачі. Частина 1. Методи випробовування насадок для розприскування (ISO 5682-1:1996, IDT) : ДСТУ ISO 5682-1:2005. – [Чинний від 2007-10-01]. К. : Держспоживстандарт України, 2007.

13 с. – (Національний стандарт України)

11 Рибарук В. Я., Ріпка І. І Сільськогосподарські машини. Практикум з розрахунку і досліджень робочих процесів. Львів, ЛДАУ, 1998. 264 с.

12. Солоня О.В., Купчук І.М., Замрій М.А. Мехатронні системи техніки. Методичні вказівки до виконання практичних та самостійних робіт для студентів денної та заочної форми навчання другого (магістерського) освітнього рівня галузі знань 20 Аграрні науки та продовольство спеціальності 208 Агроінженерія. Вінниця: ВНАУ, 2023. 96 с.

13. Холодюк О.В. Термінологічний словник з точного землеробства для студентів денної та заочної форм навчання з дисципліни “Система точного землеробства” та науково-педагогічних працівників, магістрантів та аспірантів інженерних спеціальностей. Вінниця: Видавничий відділ ВНАУ. 2020. 42 с.

14. Яропуд В. М., Твердохліб І. В., Спірін А. В. Машини та обладнання і їх використання в рослинництві: навч. посіб. Вінниця: ВНАУ, 2020. 308 с.

15. <https://www.agronom.com.ua/pryntsypy-efektyvnogo-obpryskuvannya/>. Дата звернення 30.09.2025 р.

16. <https://agro-business.com.ua/agro/mekhanizatsiia-apk/item/17747-yak-pidvishchiti-efektivnist-obpryskuvannya-posiviv.html>. Дата звернення 30.09.2025 р.

17. <https://himagro.com.ua/efektivne-obpryskuvannya-poliv>. Дата звернення 30.09.2025 р.

18. <https://www.growhow.in.ua/obpryskuvannya-pestytsydami-nayefektyvnishe-provodyty-zranku-abo-vvecheri-naukovets/>. Дата звернення 30.09.2025 р.

13. <https://www.agronom.com.ua/pryntsypy-efektyvnogo-obpryskuvannya-2/>. Дата звернення 30.09.2025 р.

19. <https://agroexpert.ua/obpryskuvanna-na-so-slid-zvernuti-osoblivu-uvagu-0/>
<https://agroexpert.ua/obpryskuvanna-na-so-slid-zvernuti-osoblivu-uvagu-0/>. Дата звернення 30.09.2025 р.