

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ

Завідувач кафедри

Технічного сервісу та інженерного

(назва кафедри)

менеджменту імені М.П. Момотенка

Іван РОГОВСЬКИЙ

(підпис)

(ПІБ)

«___» _____ 2025 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

на тему «Розробка технології машиновикористання наземного агродрон-
обприскувача»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Сівак Ігор Миколайович

(ПІБ)

Керівник дипломного проекту бакалавра

К.Т.Н., доц. каф.

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Дев'ятко Олена Сергіївна

(ПІБ)

Виконав

(підпис)

Гоменюк Дмитро Павлович

(ПІБ)

КИЇВ – 2025

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

Механіко – технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри Технічного сервісу та _____
інженерного менеджменту імені М.П. Момотенка _____

Д.Т.Н., проф. _____ Іван РОГОВСЬКИЙ
(науковий ступінь, вчене звання) (підпис) (ім'я, ПРІЗВИЩЕ)

« ____ » _____ 2025 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання дипломного проекту бакалавра студенту

Гоменюку Дмитру Павловичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

(код і назва)

Тема дипломного проекту бакалавра «Розробка технології машиновикористання наземного агродрон-обприскувача»

затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» листопада 2024 р. № 2098 «С»

Термін подання завершеної роботи на кафедру _____
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра Нормативно-методична література; науково-технічна література; типові технологічні карти

Перелік питань, які потрібно розробити:

1. Огляд можливостей агродронів
2. Обґрунтування структури машинно-тракторного парку
3. Конструктивна частина
4. Охорона праці
5. Економічний розрахунок

Перелік графічних документів: 1- Тема дипломного проекту; 2 – Актуальність теми; 3 - Об'єкт та предмет дослідження; 4 – Мета та задачі дослідження проекту; 5 – Технолічна карта на збирання та вирощування; 6 – Схема конструктивного удосконалення; 7 – Деталювання; 8 – Заходи безпеки при експлуатації конструкторського рішення; 9 – Економічний розрахунок; 10- Висновки

Дата видачі завдання «26» вересня 2024 р.

Керівник дипломного проекту бакалавра _____ Дев'ятко О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Гоменюк Д.П.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Автор роботи – Гоменюк Дмитро Павлович

Тема роботи - «Розробка технології машиновикористання наземного агродрон-обприскувача»

Робота виконана на кафедрі технічного сервісу та інженерного менеджменту імені М. П. Момотенка

Керівник роботи - Дев'ятко Олена Сергіївна

Структура роботи. Робота складається зі вступу, 5 розділів, висновків, переліку використаних джерел, додатків. Загальний обсяг текстової частини – сторінки, на яких є рисунки. Додатки розміщені з сторінки. Графічна частина складається з аркушів.

Актуальність теми. Одним з основних показників якості технічної експлуатації є можливість виконання технологічних заходів без впливу на оператора шляхом застосування наземних агродронів.

Відносно характеристики щодо їх використання перевагою є виконання різних технологічних операцій на віддаленій відстані від оператора через можливість зміни обладнання, яке встановлюється на платформі наземного дрона.

Основним показником якості здійснення робіт по виконанню технологічних операцій є час, за який відбувається виконання робіт поруч з використанням машинно-тракторних агрегатів.

Перспективним шляхом використання колісних наземних агродронів є можливість завчасно встановити маршрут та траєкторії його руху без участі оператора, що є актуальним в даний час.

Мета і завдання досліджень. Метою дослідження є підвищення ефективності використання енергетичних засобів шляхом розробки технології машиновикористання наземного агродрон-обприскувача залежно від агротехнічних термінів.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

- провести аналіз перспективи використання агродронів;

- обґрунтувати структуру машинно-тракторного парку з врахуванням альтернативних можливостей при формуванні сівозміни;
- проаналізувати показники впливу на роботу наземного агродрону для встановлення графіку машиновикористання;
- дати техніко-економічну оцінку результатів теоретичних досліджень.

Об'єкт досліджень – технологічні процеси технології машиновикористання та можливості застосування наземних агродронів в умовах сільськогосподарського виробництва.

Предмет досліджень – встановлення закономірності впливу технології машиновикористання на ефективність виконання технологічної операції обприскування в умовах сільськогосподарського виробництва.

Практичне значення отриманих результатів. Обґрунтовано графік машиновикористання наземного агродрон-обприскувача та параметри конструктивного рішення, які дозволяють зберегти ефективність виконання технологічних операцій.

Ключові слова: агродрон, обприскувач, машиновикористання.

Зміст

Вступ.....	7
1. ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АГРОДРОНІВ.....	8
1.1 Можливості агродронів у сільському господарстві.....	8
1.2 Переваги використання агродронів при вирощуванні сільськогосподарських культур.....	9
1.3 Організація агродронів, складові елементи.....	12
2. ОБГРУТУВАННЯ СТРУКТУРИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ.....	14
2.1 Формування сівозміни, щодо умов та місця роботи машинно-тракторних агрегатів.....	14
2.2 Альтернативи можливостей використання машинних агрегатів на виконанні технологічних операцій.....	17
2.3 Проектований склад комплексів машин для вирощування і збирання сільськогосподарських культур.....	19
2.4 Визначення показників впливу на роботу наземного агродрону..	20
2.5 Розрахунок швидкості внесення засобів захисту рослин наземним агродроном.....	22
2.6 Технологічна операція обприскування наземним агродроном....	27
3 КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА.....	31
3.1 Підбір засобів, що призводять до руху коліс платформи наземного агродрону.....	31
3.1.1 Контролер керування мотор-колесом та його основні параметри.	31
3.1.2 Блок повороту колеса та його основні параметри.....	32
3.2 Конструкція і розрахунок параметрів привідного модуля наземного агродрону.....	33
3.3 Спроекована модель конструкції наземного агродрону обприскувача.....	37

4	ОХОРОНА ПРАЦІ.....	45
4.1	Нормативні шляхи безпечного використання агродронів під час виконання робіт та використання засобів захисту рослин.....	45
4.2	Вимоги до роботи під час обробки полів.....	46
4.3	Заходи з охорони праці при виконанні обприскування.....	47
5	ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК.....	49
	ВИСНОВКИ.....	55
	СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	57
	ДОДАТКИ.....	61

Вступ

Можливості агропромислового комплексу розкриваються з позицій задоволення потреб суспільства та планового спрямування уваги на працівників, що задіяні при виконанні сільськогосподарських робіт. Особливий напрямом зосереджено на умови за яких вони відбуваються та пошук шляхів їх покращення завдяки впровадженню у технологію вирощування нової сучасної техніки.

Визначними аспектами агропромислового комплексу, які його формують виступають ефективні рішення, що розкриваються у впровадженні інноваційних технологій і надають можливість отримати більшу врожайність, яка розширить межі промислової діяльності країни як на внутрішньому так і на зовнішньому ринку.

Зростання рівня виробництва продукції є головною метою в сучасних реаліях для працівників сільського господарства. Задоволення встановлених вимог передбачає пошук альтернативних рішень, щодо використання машинно-тракторних агрегатів, які дозволять забезпечити виконання технологічних операцій і зменшення навантаження на виконавця з одночасним зниженням витрат, як приведених так і експлуатаційних.

Покращення застосування машин отримують завдяки використанню нових технічних рішень на виконанні технологічних операцій в полі, які дозволяють їх проведення з меншими затратами часу та відповідальності виконавців.

Резервами щодо поліпшення використання тракторів та сільськогосподарських машин, є мотивування відповідності згідно до нормативних рівнів за показниками інтенсивності їх використання.

Головною метою технічного забезпечення щодо роботоздатності машин розкривається в найменших затратах, які дозволять в достатній кількості мати нормальне функціонування машинно-тракторного парку відповідного господарства.

1 ПЕРСПЕКТИВИ ВИКОРИСТАННЯ АГРОДРОНІВ

1.1 Можливості агродронів у сільському господарстві

Використання агродронів у сільському господарстві надало великі можливості збереження зусиль щодо завантаженості агропромислової техніки та розкрило перспективи відносно витривалості даної ніші. Перш за все це стосується, як великих підприємств так і фермерських господарств, адже запровадження у технологію вирощування сільськогосподарських культур разом з наземною технікою агродронів дозволяє прискорити виконання робіт і зменшити затрати в часі виконання, навантаженні на ґрунт у разі використання авіадронів та витраті пального, що загалом змінило підходи до процесу виробництва і впливу на врожайність культури, яка вирощується.

По-друге, використання агродронів разом з можливостями інтернету забезпечують і створюють обставини поліпшення для людини щодо спостереження та адміністрування полів. Завдяки їх застосуванню відбувається своєчасність здобуття ситуаційних показників щодо сходів і росту посіяних культур та складнощів з якими стикаються під час їх вегетації та росту. Доречність агродронів і інтернету надає доступність і своєчасність відносно пунктуальних рішень для попередження і виключення непоправних наслідків. Особливістю застосування агродронів є роздільна здатність, яка є значно вищою за дані супутникової мережі. Використання агродронів проти комашні, дозволяє застерегти її поширення шляхом використання хімічних засобів, що не мають впливу у вигляді контакту на виконавців операції. Дане використання агродронів у поєднанні з інтернет можливостями зменшує строки і витрату засобів на перевірку і ухвалу рішення по вирішенню нагального питання та попередження поширення небезпеки на інші ділянки поля.

По-третє використання сенсорних пристроїв, що розміщуються на ділянках поля дозволяють з точністю отримувати інформацію в реальному часі відносно стану ґрунту за вологістю, показниками температури й вмістом

речовин. Дані сенсорні пристрої поширюють можливості вирощування сільськогосподарських культур орієнтуючись на необхідність застосування своєчасності машин для поливу у разі необхідності та підживлення ґрунту для росту культури. Наведений механізм поєднання агродронів та сенсорних пристроїв сприяє заощадженню рідини і добрив, що є досить актуальним для регіонів в яких наявна нестача запасів та скорочення вартості витратних матеріалів.

Звісно є й питання, що виникають при використанні агродронів щодо забезпечення запасними частинами у разі появи поломки та умов зберігання даного виду техніки. Також застосування агродронів є досить вартісним і їх використання для картографії чи на обширних ділянках є затрудненим, тому в цьому випадку перевага віддається супутниковим даним.

Окупність агродронів для підприємства чи фермерського господарства залежить від інтенсивності їх застосування та площі на яку їх заплановано використання, в такому випадку час окупності може варіюватися в межах від періоду (місяців) за рік до значної кількості років [1].

1.2 Переваги використання агродронів при вирощуванні сільськогосподарських культур

Агродрони за своїми показниками використання поділяються на наземні та літальні апарати. Саме літальні апарати є найкращим вирішенням процесу вирощування сільськогосподарських культур. Їх використання на електродвигунах надає можливості щодо моніторингу площ посівів, що риняються до 200 тисяч гектар. Літальні агродрони використовують для транспортування вантажів таких як отрутохімікати. Наразі, єдина країна Європи, що застосовує і має дозвіл офіційно на використання дронів при виконанні технологічної операції щодо захисту культур є Швейцарія.

Переваги останніх розкриваються в наступних складових:

- присутність суцільних посівних площ без наявності технологічних колій;
- маневреність та дієвість;
- заощадження рідини;
- своєчасність і рапортування;
- виконання технологічного заходу.

Зазначені вище переваги більш детально показують наступні можливості використання агродронів.

Присутність суцільних посівних площ без наявності технологічних колій доводить, що при вирощуванні сільськогосподарських культур з використанням в технологічних картах агродронів можна наростити площу для посіву в межах від 2% до 5% на одній ділянці поля і збільшити врожайність рослин та в загальному валовий збір врожаю з гектару.

Маневреність та дієвість при застосуванні агродронів в межах підприємства розкривається в можливостях за часом та площах з обробітку сільськогосподарської культури. Особливо використання агродронів має перевагу у місцевості де змінний рельєф ділянок поля та метеорологічні умови. Дієвість проявляється у можливостях роботи даних машин і в темну пору доби при дозволених показниках температури завдяки самостійності виконання функційних обов'язків на завчасно встановленому маршруті.

Заощадження рідини проявляється у вартісному виразі, адже її використання у вигляді розчинника потребує затрат на доставку та формування розчину для обробітку сільськогосподарської культури. При використанні звичайної технології вирощування витрати рідини (води) є значно вищими ніж з використанням агродронів. Обробіток рослин агродроном передбачає, що захід виконується з нижчою витратою рідини а розподіл витратного матеріалу на ділянці поля буде більш рівномірним, завдяки тому, що на агродронах містяться регулятори за нормою обробітку. Вигода в заощадженні рідини при обробітку агродронами може сягати до 95%.

Своєчасність і рапортування містить переваги у використанні застосунку програми для задоволення мети роботи у формуванні детальної карти поля. Враховуючи, що всі відомості зостаються на сервері, стає можливим відображення технологічної лінії, яка була задіяна з вказівками всіх параметрів для можливості своєчасного реагування та редагування у випадку наявних форс мажорних обставин та змін при вирощуванні відповідної сільськогосподарської культури на заданій ділянці поля.

При цьому пересувна команда, що керує агродронами, має можливість відразу зреагувати на появу вказаних вище обставин і скорегувати дії відносно забезпечення безпекової ситуації на відповідній ділянці поля.

Виконання технологічного заходу розкривається в технологічній діяльності агродронів, щодо:

- виконання обробітку,
- наявності пошкоджених посівів та ґрунтового покриття;
- нагляд за інфікуванням посівів;
- коректності подачі засобів захисту.

Виконання обробітку агродронами є досить актуальним на стадії вегетації сільськогосподарської культури. Саме в цей час для рослини виконання наземною технікою за звичайної технології даного виду обробітку є непростю задачею через її зростання.

Наявність пошкоджених посівів та ґрунтового покриття може бути у випадку, якщо захід виконується звичайною технікою, а рельєф ділянки поля і стан ґрунту є насичений рідиною (рясні дощі, рання весна). При застосуванні агродронів зазначений вид пошкодження посівів та ґрунту буде рівнятися до нуля.

Нагляд за інфікуванням посівів при застосуванні агродронів надає можливість виконати захисний захід винятково лише впродовж середовища ураження та усуває необхідність опрацювання суцільного обробітку площі ділянки поля.

Коректність подачі засобів захисту розкривається в точності подачі продукту у задану точку на ділянці поля з можливим невеликим відхиленням. Даний технологічний захід надає в достатній кількості засіб захисту та не завдає шкоди для ґрунтової поверхні.

Точність та коректність подачі за такого внесення захисних препаратів за допомогою агродронів при вирощуванні сільськогосподарських культур дозволяє забезпечити їх економію. Даний вид обробітку має менші ризики щодо знесення робочої рідини препарату поривами вітру повітряних мас і можливості її надходження на ділянки, які розташовані поруч [2].

1.3 Організація агродронів, складові елементи

Як вже встановлено застосування агродронів для обробітку посівів є ефективним заходом ніж застосування наземної техніки, однак його вартісні показники значно вищі, хоча термін окупності їх залежить від частоти застосування.

Агродрон сформований з наступних складових частин:

- рами;
- двигуна;
- регулятора;
- контролера;
- форсунок;
- насос;
- вимикач;
- акумулятора.

Головна особливість при складанні агродрону є сумісність всіх частин, що його формують. Крім цього, для виконання необхідної технологічної операції слід орієнтуватися на останню, наприклад, для виконання обприскування необхідним є вірний вибір форсунок.

Особливість форсунок проявляється в їх здатності створювати краплі діаметр яких матиме форму пілоподібної структури, а також регулювання подачі крапель з форсунки під різним кутом для вентиляторних обприскувачів, щоб мати можливість контролю площі перекривання. Це дозволить унеможливити повторний обробіток, щойно обприсканих сільськогосподарських культур [3].

Однак, слід відмітити, що розмір крапель у форсунок, може бути змінний, як у наземного обприскувача чи з використанням дискових автомайзерів.

Вони дозволяють формувати пілоподібні краплі і змінювати їх до звичайної форми оператором одночасно з виконанням технологічного заходу обробітку. Завдяки конструкційним особливостям підвищується їх продуктивність через спроможність забезпечувати безперебійну та рівномірну подачу розчину препарату без появи налипання у шлангах і домішок у ньому [4].

Кут регулювання повороту форсунок формують завдяки застосування сервомоторів, які розміщують безпосередньо у форсунках для вентиляторних обприскувачів. Останні через шланги під'єднані до ємності (бачка) в якій перебуває робоча рідина. Об'єм такої ємності складає від 5 л до 7 л.

На самій ємності розміщують насоси та вимикач, що приєднаний до приймача. Він дозволяє дистанційно контролювати позицію насосів у ввімкнутому чи вимкнутому стані. Робота вимикача здійснюється від акумуляторної батареї.

Переміщення агродрона за вказаним маршрутом відбувається завдяки тому, що до його складу входить док-станція, яка дозволяє його рух за зазначеним оператором GPS даними [3].

2. ОБГРУТУВАННЯ СТРУКТУРИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ

2.1 Формування сівозміни, щодо умов та місця роботи машинно-тракторних агрегатів

Сівозміна для поля є важливим показником забезпечення врожайності. Згідно з ДСТУ 4691:2006 «Землеробство. Терміни та визначення понять. З поправкою» [5] сівозміна є фундаментом для організації виконання технологічних операцій при формуванні технологічних карт за відповідної технології вирощування культури.

Особливістю вірно підібраної сівозміни є переваги для поля в першу чергу для ґрунту. Культура, що вирощувалася на полі створює для нього певні умови, які є сприятливими для вирощування наступної рослини і дозволить зберегти на високому рівні чи підвищити можливості отримати кращу врожайність [6].

Сівозміна поділяють за своїми характеристиками за типом (рис. 2.1).

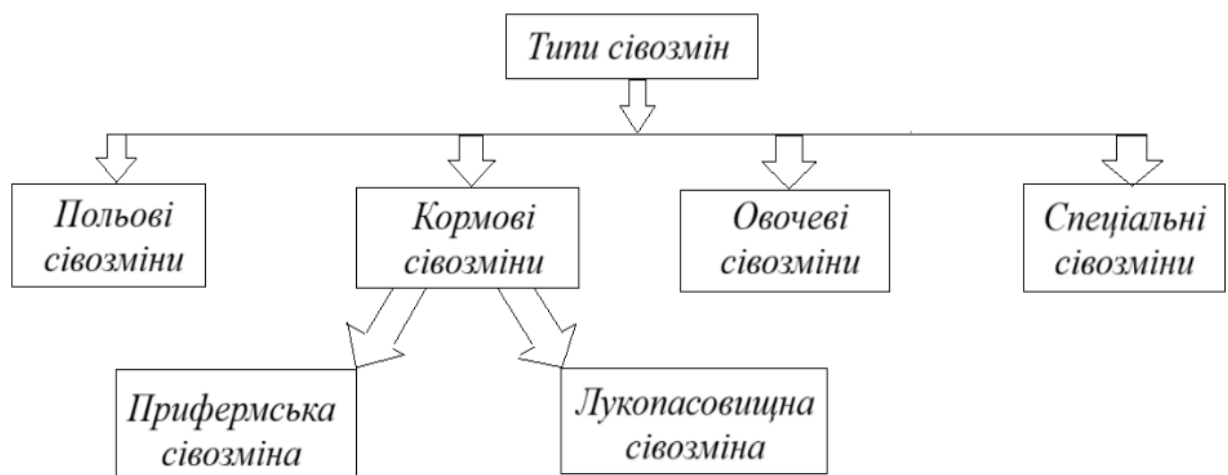


Рис. 2.1 Розподіл сівозмін за типами [6]

Як бачимо з рис. 2.1 основними є чотири типи сівозміни, однак можливо також їх комбінування. Але крім типів сівозміни діляться також на види (рис. 2.2).

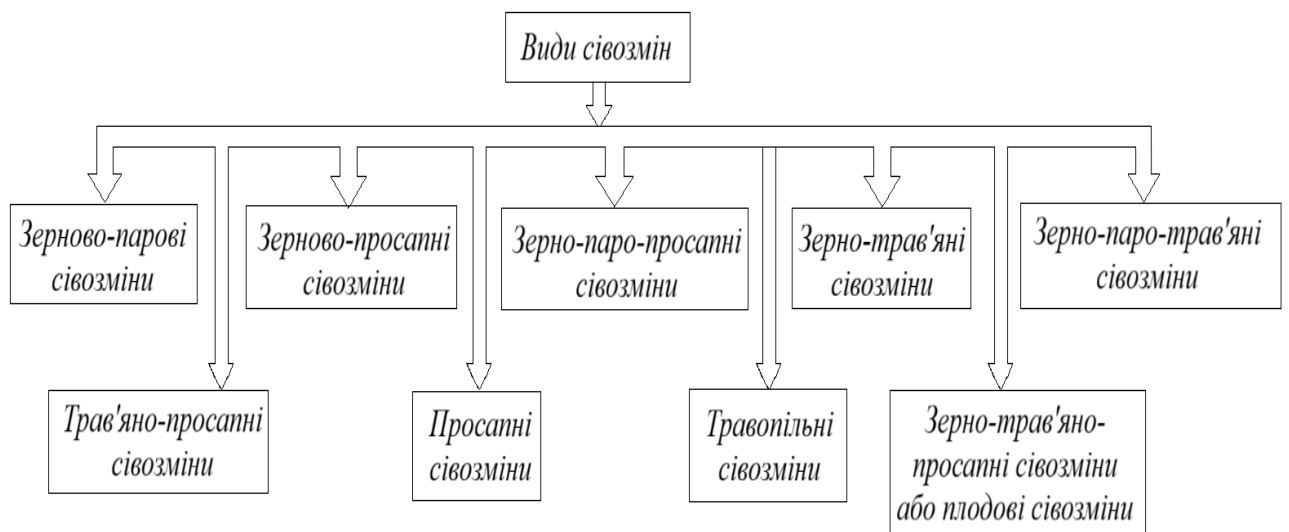


Рис. 2.2 Розподіл сівозмін за видами [6]

З рис. 2.2 видно, що розподіл сівозмін за видами має досить широке розгалуження.

Окрім видів у сівозміні може використовуватися культури проміжного характеру (рис. 2.3), які використовують площу вільну від основних культур сівозміни, це дозволяє більш повно задіювати можливості земельної ділянки.

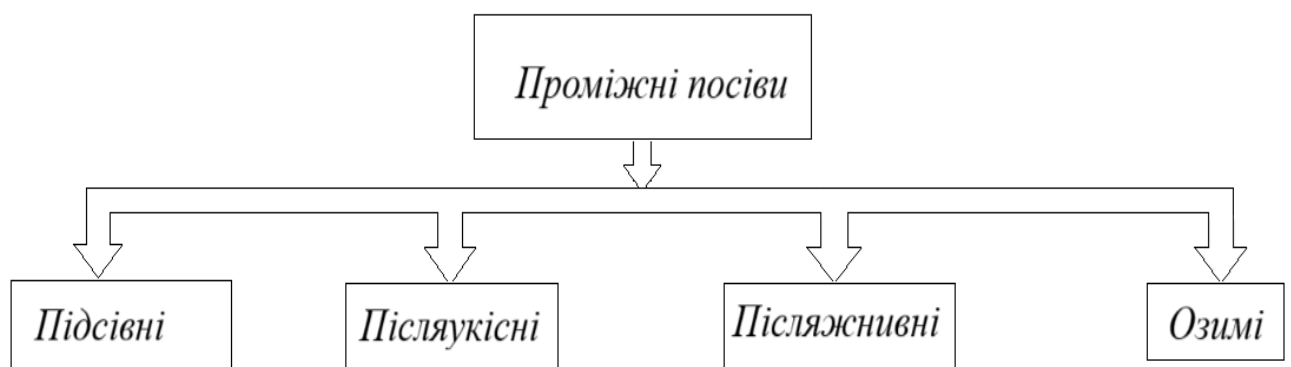


Рис. 2.3 Проміжні посіви культур [6]

Таким чином важливим питанням залишається формування сівозміни, щодо умов та місця роботи машинно-тракторних агрегатів, а саме враховувати слід розміщення сівозміни в межах території України. Залежно від кліматичного поясу, застосування пов'язують з наступними зонами:

- Степ;
- Лісостеп;
- Полісся;
- Гірські та передгірські райони Криму;
- Гірські та передгірські райони Карпат

В зоні Полісся її умовно ділять на декілька підзон та вона формуються з східної та західної. Територіальна приналежність східної підзони розподіляється за Житомирською територіальною громадою, Київською, Сумською та Чернігівською. До складу західної входять райони полісся територіальних громад Рівненщини, Львівщини та Волині.

Зона Лісостепу поділяє східний та західний лісостеп, зона Степу по аналогії ділиться на підзоні – південну та північну [7].

Впорядкування сівозміни відбувається завдяки чергуванню культур та самого пару. Використання роздільному підходу щодо попередників формує чітке розуміння в потребах, які матиме ґрунт після збору відповідної культури.

Використання чистого пару у сівозміні створює можливість відновлення структурних показників землі за вмістом корисних елементів. Його в сівозміні передбачають після культури, що ослаблює баланс ґрунту. Такими культурами може виступати суданська трава і соняшник, інколи просо, ярі колосові культури чи кукурудза. Він є чудовим фоном для висіву озимої пшениці.

Посів озимих культур в сівозміні передбачає необхідність орієнтації на культуру, яка була на даному полі, в той час, як ярі культури є менш вибагливими в цьому питанні. Впливають на посів озимих культур терміни в які була зібрана попередня культура, адже час її збору створює переваги щодо забезпечення якісних показників ґрунту враховуючи кількість опадів та стан обробітку. При несвоєчасному збиранні, дані отримати кращий врожай озимих культур є

нижчими. Тому найкраще залежно від території де буде здійснюватися захід орієнтуватися на їх розміщення в сівозміні:

- після чистого пару;
- після зайнятого пару;
- попередником є не пар.

Після чистого пару посів озимих найкраще задіювати у степовій зоні. При змінних опадах їх посів відбувається після непарових культур або за зайнятим паром у зоні Лісостепу. В зоні Полісся озимі культури висівають за попередника – кукурудзи на зелений корм чи льону-довгунці.

Місце ярих культур у сівозміні визначається їх здатністю дії на баланс ґрунту. Актуальним питанням їх використання в зонах де недостатньо вологи використання цих культур в сівозміні оцінюється за залишками вологи на глибині формування кореневої системи культури [6].

2.2 Альтернативи можливостей використання машинних агрегатів на виконанні технологічних операцій

Розглянувши інформацію щодо формування сівозміни актуальним залишається питання здійснення технологічних операцій щодо вирощування сільськогосподарської культури, яка встановлена в сівозміні.

Надійне і своєчасне виконання технологічної операції зафіксоване в технологічній карті, структура якої зазначає перелік операцій необхідних для вирощування та збирання вибраної сільськогосподарської культури. Особлива увага при цьому приділяється дотриманню агротехнічних строків виконання відповідної операції та вірно підбраному машинно-тракторному агрегату за тяговими показниками.

Підбір операцій передбачає знання про фізичний обсяг площі Q_{ϕ} , яку необхідно виділити для вирощування сільськогосподарської культури. Щоб мати можливість здійснювати облік за всіма операціями, що формують технологію вирощування орієнтуються на умовні еталонні гектари $Q_{ум}$. Успішність

дотримання технологічних заходів визначається агротехнічними строками початку виконуваних робіт та їх тривалістю.

Вдалий підбір складу машинно-тракторного агрегату є головним чинником, що створює можливість відносно забезпечення показників виконання технологічного заходу за точно підбраною енерго- та сільськогосподарською машиною з вірно встановленою кількістю n_a і узгодженості їх роботи за основними параметрами.

Виконувані роботи проводяться протягом доби і кількість годин, які були затрачені на виконання T_d , визначають коефіцієнт змінності $K_{зм}$, що вказує зайнятість машинно-тракторного агрегату протягом доби на технологічному заході. Одночасно встановлюють його годинну продуктивність W_r і на її основі визначають добову продуктивність підбраного машинно-тракторного агрегату W_d .

В розрахунок включають прямі експлуатаційні витрати, які формуються з витрат на амортизацію A , оплату праці $S_{зп}$, відрахування на технічне обслуговування і поточні ремонти $S_{ТО}$ та вартість паливно-мастильних матеріалів $S_{пмм}$.

Підтвердження, що підібраний машинно-тракторного агрегату для технологічної операції забезпечує можливості визначають коефіцієнт використання тягового зусилля трактора η_u .

Встановлюють витрату палива G машинним агрегатом, як на виконанні одиниці роботи так і на весь обсяг робіт та аналогічно затрати робочого часу H [7].

Крім машинно-тракторних агрегатів, наразі, стає можливим застосування для виконання технологічних операцій у великих господарствах так і в фермерських підприємствах, такого виду техніки, як авіа агродронів так і наземних агродронів. Переваги авіа агродронів щодо використання розкриті в розділі 1, а використання наземних агродронів найбільш актуальним є на операціях щодо внесення пестицидів без участі людини та технологічній операції

транспортування, оператор здійснює віддалене керування зазначеним агродроном.

Використання наземних агродронів по аналогії з авіа агродронами за конструктивними особливостями так само мають можливість коригування розміру краплі, але об'єм ємності в них є значно вищим до 150 літрів. Розпилення відбувається по колу, що надає можливість нанесення на препарат на рослину по повноті зросту. Захват нанесення препарату на сільськогосподарську культуру, в наземних агродронах, за шириною рівний до 12 метрів [8].

2.3 Проектований склад комплексів машин для вирощування і збирання сільськогосподарських культур

Завдяки розробленим типовим технологічним картам по вирощуванню сільськогосподарських культур, стало можливим є сформувати графік машиновикористання потреби в сільськогосподарських машинах.

Його формування відбувається на основі даних отриманих після розрахунків технологічної карти на вирощування відповідної культури. На графіку зазначають назви та марки машин, що задіяні на виконанні відповідної технологічної операції.

Далі вказують навпроти конкретної сільськогосподарської машини лінію, довжина якої відповідає періоду за який відбувалося її використання відповідно до кількості днів.

Над цією лінією зазначається загальне число сільськогосподарських машин цієї марки, що задіяні паралельно на виконанні технологічного заходу.

Завдяки формуванню вказаного вище графіку потреби в сільськогосподарських машинах встановлюються найбільш завантажені періоди виконання технологічних заходів, здійснюється планування щодо необхідності та можливості придбання нових машин, виявлення сільськогосподарських машин, що не використовуються.

Також на основі даного графіку здійснюється прорахунок встановлення щодо часу підготовки машин до виконання наступних заходів та розкриваються можливості відносно виконання заходів щодо технічного обслуговування та ремонту.

Сумарна потреба в сільськогосподарських машинах визначається за періодом за якого задіяна найбільша кількість та вказується даний показник у правій частині графіку.

Загальна потреба у тракторах а також комбайнах і сільськогосподарських машинах вираховується на основі графіку машиновикористання та графіку потреби в сільськогосподарських машинах.

Комплекс машин для виробництва сільськогосподарських культур за вибраною технологією вирощування зазначають у вигляді таблиці, що формується з назви сільськогосподарської техніки її марки та потреби і дозволяє обґрунтувати необхідність придбання нової техніки [7].

2.4 Визначення показників впливу на роботу наземного агродрону

Використання наземного агродрону для виконання технологічних операцій разом з енергетичними засобами має ряд переваг, адже завдяки його платформі на ній можна здійснювати різні компонування розміщуючи обладнання, яке передбачає відповідна технологічна операція, а також для моніторингу стану росту рослин на відповідних ділянках поля.

Принцип роботи, який має бути забезпечений для виконання технологічних операцій наземним агродроном визначає показники завдяки яким має зберігатися стійкість такого засобу. Навантаження на ґрунт є значно нижчим і такий вид агродронів має перевагу у застосуванні на ділянках обробітку де наявне чуттєве покриття.

Перш за все при виборі типу наземний агродрон може бути як колісний так і гусеничний. Виконуючи порівняння за перевагами, слід відмітити, що гусеничний агродрон є більш надійним для умов його застосування на пересічній

місцевості завдяки прохідності за наявності перешкод таких, як глибоке снігове покриття, присутність каміння на шляху виконання технологічної операції. Однак, через особливості конструкції гусеничний наземний агродрон має нижчі швидкісні показники, за будовою є складніший за колісний наземний агродрон а його утримання вимагає виділення значно більших коштів на виконання ремонтних робіт.

Таким чином, перспективнішим є використання колісного наземного агродрону, що має ряд переваг в порівнянні з гусеничним, а саме швидкісні показники руху є вищими, він має кращу маневреність і це забезпечує можливість переїздів між ділянками виконання технологічних операцій. Недоліками такого агродрону виступають складнощі щодо прохідності в непростих умовах. Вантажопідйомність даних агродронів є значно нижчою а рух може пошкодити покриття.

Особливими показниками, якими визначається наземний агродрон є:

- колеса, які можна замінити у разі необхідності на більші;
- кут за якого можливий в'їзд або виїзд;
- діаметр повороту наземного агродрону.

За показниками потужності, слід звернути увагу на:

- максимальну швидкість руху;
- номінальний крутний момент;
- кут максимального підйому.

Отже, для виконання технологічних операцій в чітко визначені агротехнічні терміни найкращим варіантом є використання наземних агродронів з колісною базою, так як вони дозволять забезпечити швидкісні показники виконання, завдяки своїй конструкції мають більшу маневреність, а оператор перебуває на відстані технічного засобу, особливо це є важливим аспектом при використанні в шкідливих умовах. Ємність акумуляторної батареї визначає час який буде застосовуватися такий наземний агродрон.

2.5 Розрахунок швидкості внесення засобів захисту рослин наземним агродроном

Використання наземного агродрону на технологічній операції внесення засобів захисту рослин передбачає, що будуть використані хімічні або біологічні препарати чи інші для можливості збереження рослин від шкідників, захисту від хвороб та усунення появи бур'янів у зоні росту рослини. Завдяки наведеним засобам захисту стає можливим підвищення врожайності агрокультури, збільшити її якісні показники та унеможливити появу втрат.

До засобів захисту рослин належать пестициди, їх використовують від шкідників, це препарати такі, як інсектициди, акарициди та нематоциди. Для захисту від хвороб агрокультури використовують фунгіциди, а для збереження її від появи бур'янів застосовують гербіциди.

В свою чергу слід розрізнити основні категорії засобів захисту рослин (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Категорії засобів захисту рослин

Препарат	Засіб
Гербіциди	Боротьба з бур'янами
Інсектициди	Для захисту від шкідливих комах
Фунгіциди	Боротьба з грибковими захворюваннями
Акарициди	Боротьба з кліщами
Нематоциди	Боротьба з нематодами

Крім цього слід враховувати, що засоби захисту рослин можуть мати як хімічне так і біологічне походження. Вони можуть надходити на ринок у вигляді порошків, рідинних препаратів, у вигляді гранул тощо.

В залежності від виду агрокультури для якої їх призначено, від різновиду шкідників та хвороб і забур'яненості робочої ділянки яку слід очистити від наявних факторів засоби захисту мають розподіл (табл. 2.1).

Головною умовою є точність щодо застосування засобів захисту орієнтуючись на норми їх витрати, строки за які очікується отримати позитивний результат та інших вимог.

При виконанні даних технологічних заходів використання наземного агродрону є найбільш кращим варіантом, хоча оператор його повинен працювати з розчинами на даній операції разом з засобами захисту щоб унеможливити його отруєння та появу інших наслідків негативного впливу.

Швидкість з якою відбувається внесення засобів захисту рослин залежить від тиску, що створює калібр встановленої форсунки (табл. 2.2) [9].

Таблиця 2.2

Калібр та вид форсунки залежно від розміру крапель

Калібр	Розмір краплі	Рівень зносу краплі	Застосування
1	2	3	4
Інжекторна щілинна одноплощинна ID3	надзвичайно великі	Високий рівень стабільності	Внесення карбамідо-аміачної суміші, ґрунтові гербіциди
	дуже великі		Для внесення ЗЗР з системними властивостями, з проникненням в середню та нижню частину
	великі		
	середні	Допустимий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями на плоску поверхню

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Асиметрична інжекторна двоплощинна ID TA	надзвичайно великі	Високий рівень стабільності	Внесення карбамідо- аміачної суміші, ґрунтові гербіциди
	дуже великі		Для внесення ЗЗР з системними властивостями, з проникненням в середню та нижню частину
	великі		
Одноплощинна інжекторна компактна IDK	дуже великі	Високий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями, з проникненням в середню частину рослин
	великі		
	середні	Допустимий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями на плоску поверхню
Великокрапельна одноплощинна інжекторна компактна IDKN	дуже великі	Високий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями, з проникненням в середню частину рослин
	великі		
	середні	Допустимий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями на плоску поверхню

Продовження таблиці 2.2

1	2	3	4
Двоплощинна інжекторна компактна ІДКТ	великі	Високий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями, з проникненням в середню частину рослин
	середні	Допустимий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями на плоску поверхню
Універсальний щілинний LU	середні	Допустимий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями на плоску поверхню
	дуже дрібні	Високий рівень зносу	Для внесення ЗЗР з контактними властивостями на плоску поверхню
Щілинний антизносни AD	великі	Високий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями, з проникненням в середню частину рослин
	середні	Допустимий рівень стабільності	Для внесення ЗЗР з системними властивостями на плоску поверхню

Таким чином бачимо, що розміри форсунок за спектром крапель вибирають залежно від призначення їх до застосування, а особливу увагу слід звертати і на

тиск, що необхідно забезпечити для здійснення заходу по розпиленню (табл. 2.3) [9].

Таблиця 2.3

Тиск необхідний для забезпечення процесу розпилення

Розмір краплі	розпилювач	Оптимальний тиск, бар
Надзвичайно великі	ID3	4,0...8,0
	IDTA	
Дуже великі	ID3	4,0...8,0
	IDTA	
	IDK	1,5...3,0
		1,0...3,0
IDKN	1,0...3,0	
Великі	ID3	4,0...8,0
	IDTA	
	IDK	1,5...3,0
		1,0...3,0
	IDKN	1,0...3,0
	IDKT	1,5...3,0
1,0...3,0		
AD	1,5...3,0	
Середні	ID3	4,0...8,0
	IDK	1,5...3,0
		1,0...3,0
	IDKN	1,0...3,0
	IDKT	1,5...3,0
		1,0...3,0
AD	1,5...3,0	
LU	1,5...2,5	
Дуже дрібні	LU	1,5...2,5

Як бачимо з таблиці 2.3 забезпечення процесу розпилення здійснюється за різними показниками оптимального тиску, однак процес виконання технологічної операції обприскування враховує також встановлення оптимальної швидкості внесення v засобів захисту рослини, якщо відстань між форсунками не перевищує 0,5 м, то зазначена швидкість обчислюється за формулою:

$$v = \frac{1200F}{N}, \quad (2.1)$$

де F – витрата однієї форсунки за одну хвилину часу, л;

N – необхідна норма внесення засобів захисту рослини на 1 га, л.

$$v = \frac{1200 \cdot 0,68}{95} = 8,58 \text{ км/год.}$$

Отже, максимальна швидкість внесення засобів захисту рослин в ґрунт наземним агродромом складає 8,58 км/год.

2.6 Технологічна операція обприскування наземним агродромом

Технологічна операція з обприскування агрокультур виконується наземним агродромом є можливою при внесенні пестицидів та добрив, адже, кількість рідини, яку необхідно витратити на виконання даного заходу є значно нижчою, зберігається точність по внесенню і йде напрямок на зменшення впливів у навколишньому середовищі.

Головними показниками, які вказують на перевагу застосування наземних агродромів за вказаної технологічної операції є їх ефективність, що розкривається в можливості здійснювати захід за невеликий проміжок часу при цьому площа охоплення є суттєвою.

Перевага використання наземних агродронів полягає у точності виконання операції з меншими втратами пестицидів та добрив, що дозволяє покращити ефект від захисту рослин.

Економічність наземних агродронів встановлюється за рахунок точності розкривається в менших витратах рідини, пального та зусиль оператора.

Екологічність виконання технологічного заходу обприскування надає перевагу через точність внесення потрібна кількість засобів захисту є меншою і це надає можливість скорочення негативного впливу на навколишнє середовище.

Культури, які підпадають під технологічну операцію обприскування є зернові, технічні, овочеві та плодово-ягідні.

Однак до здійснення заходу обприскування на наземному агродроні допускається лише персонал, який має відповідну кваліфікацію, так як це спеціальна техніка.

Етапами розрахунку передбачено, встановлення норми внесення N , яка є визначеною в нормативних документах.

Загальний потрібний об'єм рідини визначається конструктивними особливостями баку, необхідний об'єм рідини V обчислюється з врахуванням норми внесення N на площу поля S .

$$V = N \cdot S. \text{ л} \quad (2.2)$$

Звідси, орієнтуючись на площу, яку проходить наземний агродрон за один прохід для здійснення операції обприскування складає 5,26 га, норма внесення на один гектар складає 95 л/га, тоді:

$$V = 95 \cdot 5,26 = 499,7 \text{ л.}$$

Отже, потрібний об'єм приймаємо орієнтуючись на стандартний ряд вибираємо ємність місткістю 500 літрів.

Розмір поля на якому здійснюється виконання робочого процесу становить за довжиною 500 метрів, тоді площа захвату за один прохід агрегату буде складати:

$$C = LB, \quad (2.3)$$

де L – робоча довжина гону, м;

B – робоча ширина захвату машини, м.

Звідси:

$$C = 500 \cdot 12 = 6000 \text{ м}^2.$$

Або це рівне при переведенні в гектари 0,6 га.

Визначаємо кількість необхідних гектарів на одній повній ємності враховуючи запас рідини:

$$S = \frac{V}{N}, \quad (2.4)$$

тоді:

$$S = \frac{500}{95} = 5,26 \text{ га.}$$

Встановлюємо необхідну кількість проходів n :

$$n = \frac{5,26}{0,6} = 8,77.$$

Таким чином приймаємо кількісно $n = 8$ проходів.

Загальна довжина холостого та робочого ходу складає:

$$F = S_p + S_x \cdot m \quad (2.5)$$

Отже, загальна довжина складає 4,151 км.

Визначаємо час за який здійснюється витрата повної ємності:

$$T = \frac{F}{n}, \quad (2.6)$$

звідси:

$$T = \frac{4,151}{8} = 0,51 \text{ год.}$$

Отже, час звільнення повної ємності складає 30 хвилин.

Процес руху нашого наземного агродрону обприскувача зображено на рис.2.4.

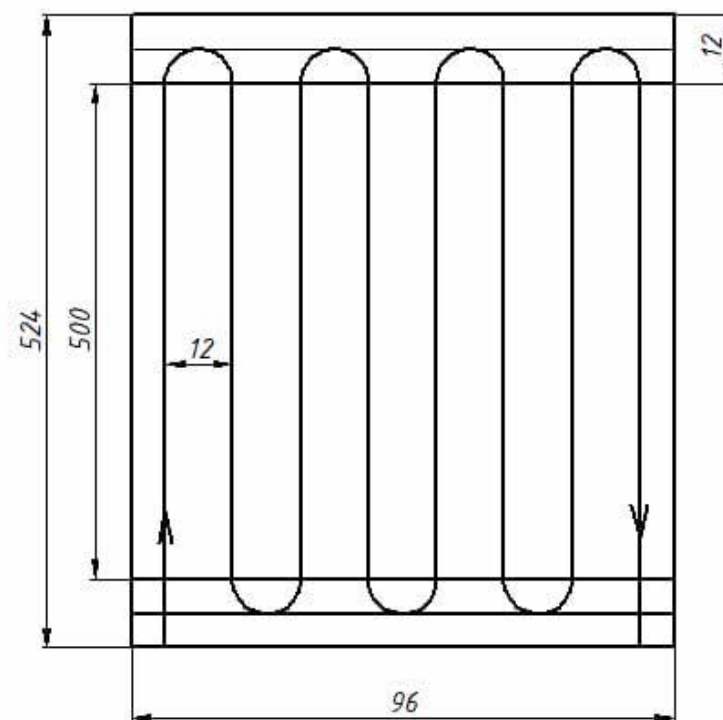


Рис. 2.4 Процес руху нашого наземного агродрону обприскувача

3.КОНСТРУКТОРСЬКА ЧАСТИНА

3.1 Підбір засобів, що призводять до руху коліс платформи наземного агродрону

Для приведення в дію наземного агродрон необхідно визначити можливості щодо його рухомості, з цією метою потрібно більш точно володіти інформацією про контролер керування мотор-колесом та обставинами його блокування.

3.1.1 Контролер керування мотор-колесом та його основні параметри

Можливості роботи мотор-колеса і управління ним передбачають підключення вказаного його до контролера. Для зручності виконання робіт перевага у виборі належала контролеру Volta 60V3000Вт. Його показники дозволяють здійснювати регулювання за швидкістю оберту мотор колеса з при чому номінальна напруга має складати 60 вольт, а потужність для реалізації має бути на рівні 9000 Ватт. Рекомендації щодо його застосування розкриваються за наступними показниками: номінальної напруги, що рівна 60 В при чому максимальна напруга має бути на рівні 84В, а мінімальна – 52 В. Однак, керуюча напруга має лежати в межах від 1 В до 4,2 В. Кут між фазами є 3х фазним і складає 120°. Стосовно максимального струму то він повинен бути на рівні 150А при цьому показники потужності мають становити на рівні номінальної 3000 Ватт, а максимальної 9000 Ватт. Вказаний пристрій необхідно використовувати за погодних умов де температура коливається від -25°C до +45°C.

Конструктивне виконання самого корпусу повинне бути вологозахисне та виконане з металевого покриття. Процес охолодження передбачає виконання дії за допомогою повітря. Розмірні параметри контролера рівні 325x143x80 мм, а довжина проводів становить 130 мм, при цьому власне вага самого контролера складає 2,9 кг.

Завдяки наявній функції в даному контролері – рекуперації, вона дозволяє генерувати прямо-привідними мотор колесами електричної напруги під час виконання руху накатом та не дозволяє появи значного електромагнітного гальмування, утворюючи струм для заряду. Через те, що наявними є 4 модулі приводу відповідно на кожний з мотор колес стало за необхідне застосування власного контролеру.

3.1.2 Блок повороту колеса та його основні параметри

Визначною складовою модуля приводу вважається поворотність колеса на 180° , що встановлений консольно, однак стабільність руху щоб мати можливості для маневрів передбачає його збільшення до 225° . Дані зміни дозволять платформі виконувати визначені маневри на полі без втрат часу при повороті на більший кут. Але на жаль наявність дроту до даного мотор колеса є перешкодою для виконання бажаного кута. Щоб здійснити наведений вище захід найбільш перспективним варіантом є застосування серводвигуна 180ST-M35010. Саме вказаний пристрій дозволить забезпечити показники потужності і надасть можливість виконання колеса повороту на місці. За своїми характеристиками величина потужності складає 3,7 кВт, номінальна напруга змінюється 220/380 В, величина струму рівна 16/10 А. Дивлячись на швидкість обертання, яка перебуває на рівні 1000 об/хв при цьому величина крутного моменту номінально має становити 35 Нм, максимального – 70 Нм. Звідси вага має бути на рівні 30,5 кг, а класи по ізоляції серводвигуна становлять до 130°C (клас В) в свою чергу клас безпеки на рівні IP65. Температурні показники за яких виконується робота коливаються від від -20°C до $+50^\circ\text{C}$.

Відповідно для здійснення повороту колеса двигун передбачено вимикати від драйверу. Через це останній застосовують для зміни швидкісних показників при обертанні з потужністю в межах 2,6...5,5 кВт. Використання контролеру загалом дозволяє отримувати точні позиції для руху платформи.

3.2 Конструкція і розрахунок параметрів привідного модуля наземного агродрону

Володіючи інформацією про показники, що визначають технічні параметри модуля приводу стало можливим мати чіткість відносно теорії та спробувати здійснити моделювання починаючи з рами, що міститиме блок батарей а також модулі приводу.

Процес проектування передбачає, що саму раму планують виготовити з труби сталі 20x20.

Щоб визначати параметри для блоку батарей передбачено що міжосьова відстань між колесами має становити 1300 мм, а діаметр коліс рівний 700 мм. Отже, визначення ширини для блоку батарей здійснюється за формулою:

$$Ш = \left(l - 2 \frac{D}{2} \right) 0.85, \quad (3.1)$$

де D – діаметр колеса;

0.85 – коефіцієнт запасу, для унеможливлення появи зачеплення коліс та блоку батарей.

Підставивши всі значення матимемо:

$$Ш = \left(1300 - 2 \frac{700}{2} \right) 0.85 = 510 \text{ мм.}$$

Знаючи розрахункову ширину приймаємо зі стандартного ряду ширину блоку батарей розміром 500 мм.

Звідси показник бажаної висоти для блоку батарей визначається від самої низької точки розташування блоку батарей і поверхні де переміщується платформа. Особливо є потреба встановити мінімальну висоту орієнтуючись на всі фактори впливу вона повинна бути не вище 250 мм. В зв'язку з тим, що платформу виконано модульно з'являються умови щодо корегування змін за

висотою колеса завдяки кронштейну та корегувати висоту блоку батареї, звідси мінімальною є висота блоку що рівна 760 мм. Відповідно товщина блоку повинна складати 300 мм, даний показник визначається з умов можливості конструктивного розташування в зазначеному рішенні.

Звісно габаритні розміри рами не збігаються з габаритами, що відповідають платформі через встановлення на рамі обвісу, що виконуватиме функцію захисту.

Після визначення параметрів габарити батарейного блоку становлять 500x300x760 мм. Процес формування рами блоку батареї передбачає наявність кріплень до модулів повороту, а сама рама за габаритами рівна 2000x1400x220, що накладає умови вмісту двигуна та контролера зі збереженням мінімального простору між осями 1200 мм.

Іншим корисним параметром для переміщення агродрон-обприскувача є двигун, що забезпечує виконання повороту колеса та момент здійснення повороту, який знаходять за формулою:

$$M_{\text{п}} = (M_1 + M_2 + M_3) \frac{1}{\mu_{\text{пр}}}, \quad (3.2)$$

де M_1 – момент опору направляючих коліс перекочуванню;

M_2 – момент опору коліс повороту;

M_3 – стабілізуючий момент від нахилу шворня.

Звідси момент опору направляючих коліс перекочуванню визначається за формулою:

$$M_1 = G_1 f_1 \alpha, \quad (3.3)$$

де G_1 – радіальне навантаження на колесо;

f_1 – коефіцієнт опору перекочування;

α -плече обкатки.

Таким чином за розрахунками встановлено, що радіальне навантаження приблизно складає 3000Н так як агродрон не містить підвіски, важливими є моменти за якого буде наявне зчеплення з ґрунтом тільки на інших трьох колесах враховуючи масу платформи, що не перевищує 1000 кг, тоді величина радіального навантаження встановлена вірно. Коефіцієнт опору перекочування складає $f_1 = 0,18$, тоді плече обкатки $\alpha = 0$ в зв'язку з тим, що вісь повороту сходиться з центром колеса.

За формулою 3.3 можна розрахувати величину моменту опору направляючих коліс перекочуванню M_1 :

$$M_1 = 3000 \cdot 0,18 \cdot 0 = 0 \text{ Нм.}$$

Визначення моменту опору повороту виконують за формулою:

$$M_2 = 0,14 \cdot G_1 \cdot \varphi_c \cdot r_{\Pi}, \quad (3.4)$$

де G_1 – радіальне навантаження на колесо;

φ_c – коефіцієнт зчеплення з ґрунтом;

r_{Π} – динамічний радіус направляючого колеса.

Отже, $\varphi_c = 0,5$ це теоретично встановлене значення, а динамічний радіус $r_{\Pi} = 0,35$ м і він є значно меншим в порівнянні з радіусом самого колеса.

Таким чином всі значення є відомими, тому визначаємо момент опору повороту:

$$M_2 = 0,14 \cdot 3000 \cdot 0,5 \cdot 0,35 = 73.5 \text{ Нм.}$$

На основі розрахованих значень залишається встановити стабілізуючий момент від нахилу шворня, що визначається за формулою:

$$M_3 = G_1(\alpha + r_{\text{п}} \cdot \beta_{\text{ш}}) \cdot (\beta_{\text{ш}} \cdot \sin \frac{\alpha + \beta}{2} + \gamma_{\text{ш}} \cdot \cos \frac{\alpha + \beta}{2}), \quad (3.5)$$

де $\beta_{\text{ш}}$ – поперечний нахил шворня;

$\gamma_{\text{ш}}$ – повздовжній нахил шворня.

Вказані величини кутів перебувають на рівні нуля, тоді $M_3 = 0$ Нм.

Звідси момент опору повороту $M_{\text{п}}$ передбачає встановлення його показника, що рівний $M_{\text{п}} = M_2 = 73,5$ Нм. Дані розрахунки вказують, на необхідність використання серводвигун моделі 180ST-M35010, що задовольняє умови необхідні для здійснення повороту колеса та надає можливість щодо кріплення консолі разом з двигуном й зафіксування останнього на рамі модуля повороту.

Фіксація двигуна передбачає наявність умов передачі їм крутного моменту, тому їх виготовляють зі сталеві плити з розміщенням на ній отворів та задання відповідної форми. Формують кріпильну плиту, що діє як фіксатор який поєднує консоль та двигун. Перехідний вал розміщується у корпусі кріпильної плити за допомогою роликів радіально упорних підшипників DIN 720 32910 – 50× 72 ×15:2, і прижимної кришки, яка притискає сам вал. Згодом формують консольне кріплення та зажимну маточину, що фіксують з допомогою 6 болтів і валу орієнтуючись на зажим та направляючі шпонки.

Для уникнення злому при виконанні повороту або при наїзді на перешкоду підсилення рами виконують з допомогою листовому матеріалу, що кріплять 6-ма болтами.

Кріплення мотор колеса на самій консолі здійснюють з використанням маточини, що спроектована відповідно до колеса й кріпиться 3-ма болтами, що є

на маточині. Мотор колесо фіксується через зажимний механізм маточини, що унеможлиблює його провертання.

Саме колесо підбирають разом з шиною врахувавши особливості диску за його характеристиками: за – діаметром ободу диска: 400 мм, при цьому ширина диска: 250 мм, а виліт ободу: 200 мм, кількість кріпильних отворів: 4, а діаметр розположення отворів: 100 мм, головний центральний діаметр: 73,1 мм, а тип виконання виробу – лиття з орієнтацією на матеріал: алюміній. Так як платформа є роботизованою для обробітку полів тому слід обрати шину, орієнтуючись спеціально на виконання поїздок по сільськогосподарським угіддям.

Таким чином виконані розрахунки дозволили змодельовати конструкцію наземного агродрон обприскувача.

Статистичні навантаження здійснюються для визначення витримування платформою навантаження в 900 кг, щоб не відбулося деформації з цією метою зафіксують плиту у болтових з'єднаннях, які кріпляться до рами, а до сторони що приймає на себе навантаження прикладають $900 \text{ кг} = 8825,985 \text{ Н}$ та теоретично здійснюють розрахунки. Встановлено, що найбільше навантаження на матеріал отримуємо в області кріплення до рами, та в області де прикладене саме навантаження, що до зміщення, то найбільше зміщення отримуємо у точці прикладення навантаження. Як висновок можна вважати, що плита буде легко витримувати поставлені задачі, так як максимальні дані впливу є незначними. Максимальне навантаження на матеріал становить 8,22 МПа, а зміщення в максимальному значенні дорівнює 0,0005 мм.

3.3 Спроектвана модель конструкції наземного агродрону обприскувача

За встановленими розмірними показниками з метою візуалізації нами було розроблено 3D модель конструкції наземного агродрону обприскувача, який зображено на рис. 3.1.

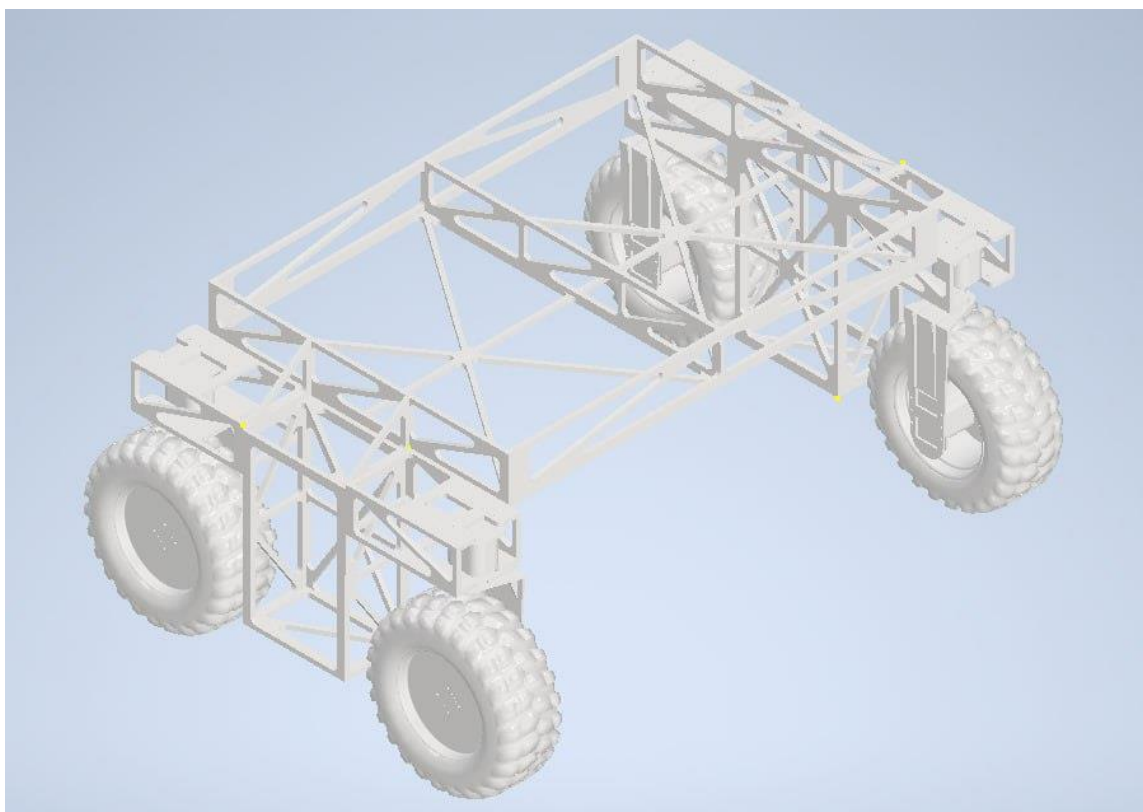


Рис. 3.1 3D модель конструкції самохідного шасі наземного агродрону обприскувача

Ширина колії конструкції наземного агродрону обприскувача вказано на рис. 3.2

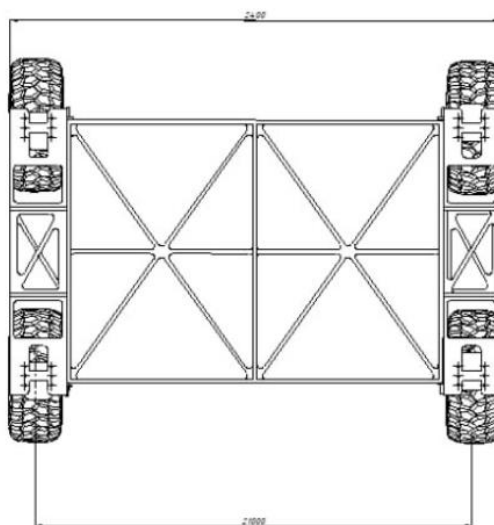
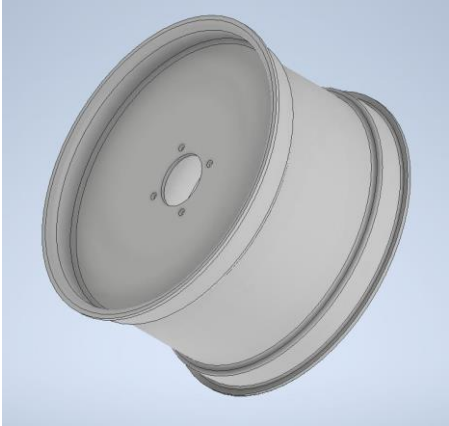




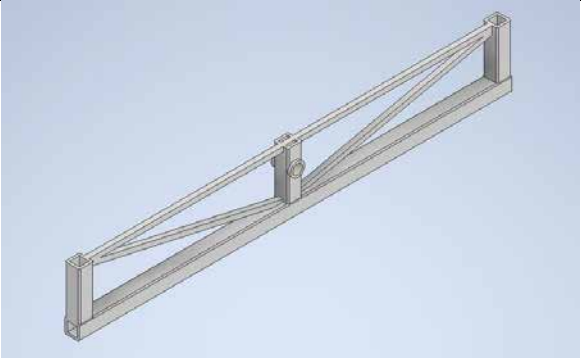
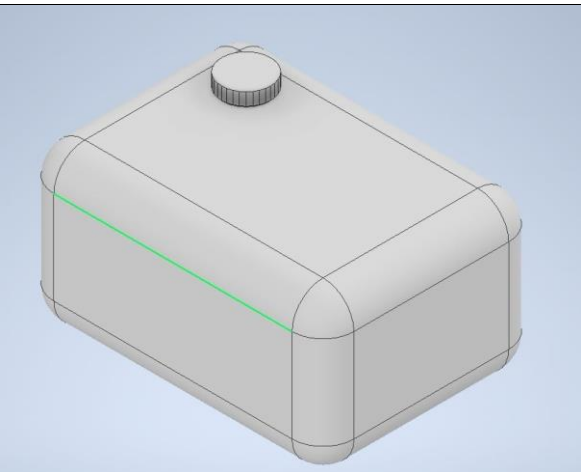
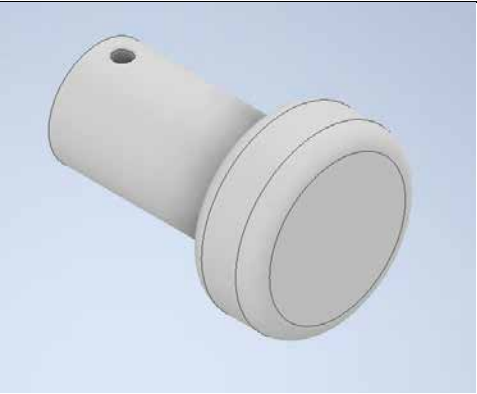

Рис. 3.2 Габаритні розміри наземного агродрону обприскувача

Процес створення моделі конструкції наземного агродрону обприскувача:

<p>Підбір диска</p>	
<p>Підбір шини за визначеними параметрами</p>	
<p>Встановлення мотору-ходу</p>	

<p>Встановлення стійки колеса</p>	
<p>Встановлення електромотору повороту осі</p>	
<p>Кріплення електричного мотору повороту осі</p>	
<p>Рама наземного агродрону</p>	

<p>Рама під електробатарей</p>	
<p>Стійка колеса</p>	
<p>Кріплення штангового обприскувача до рами</p>	
<p>Важіль трапеції обприскувача</p>	

Центральна частина штанги	
Ємність для робочої рідини	
Палець	
Штанга	

Таким нами складений процес створення моделі конструкції наземного агродрону обприскувача для виконання технологічних операцій.

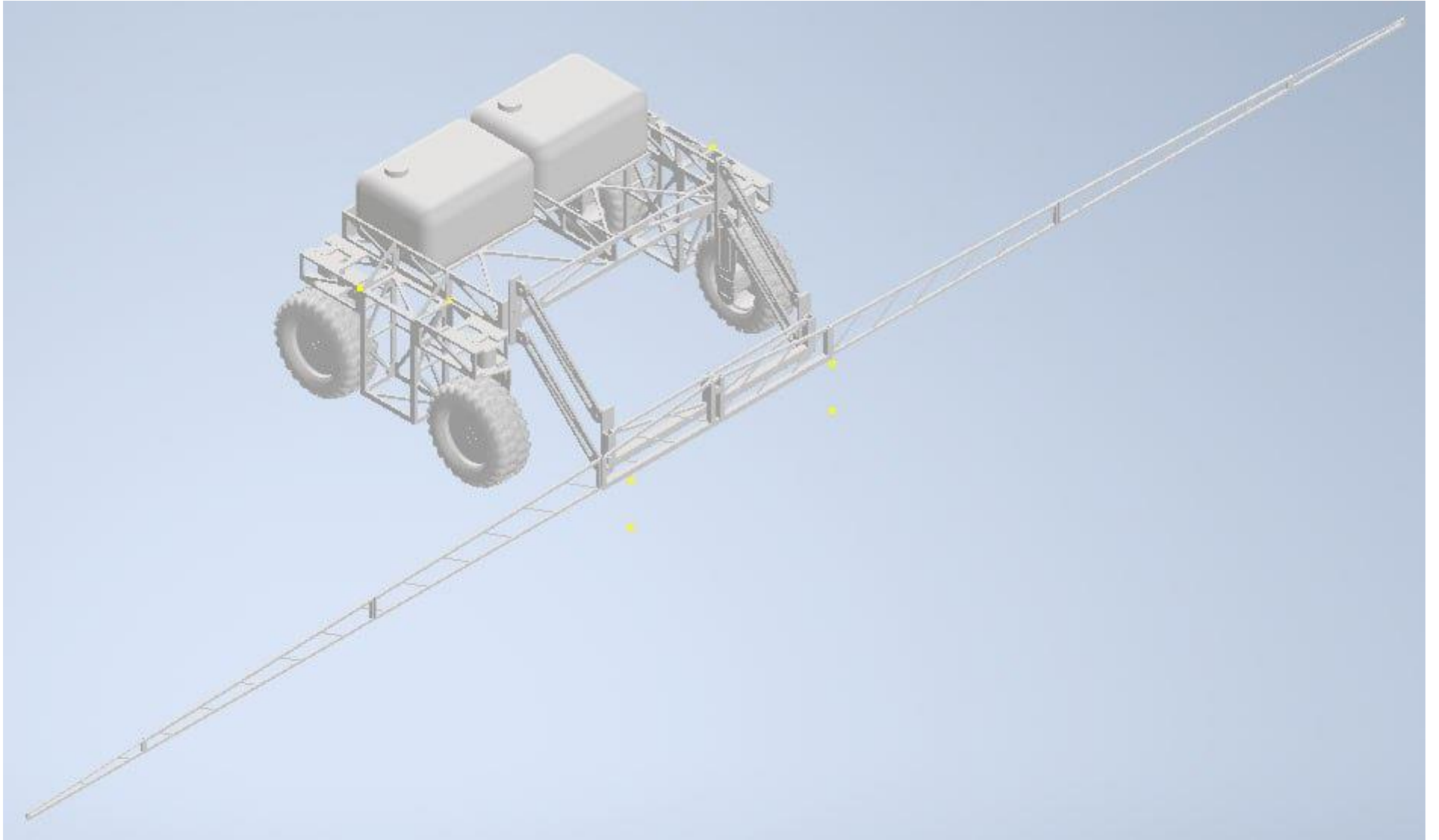


Рис. 3.5 3D модель самохідного шасі наземного агродрону з встановленим обприскувачем (вид спереду)

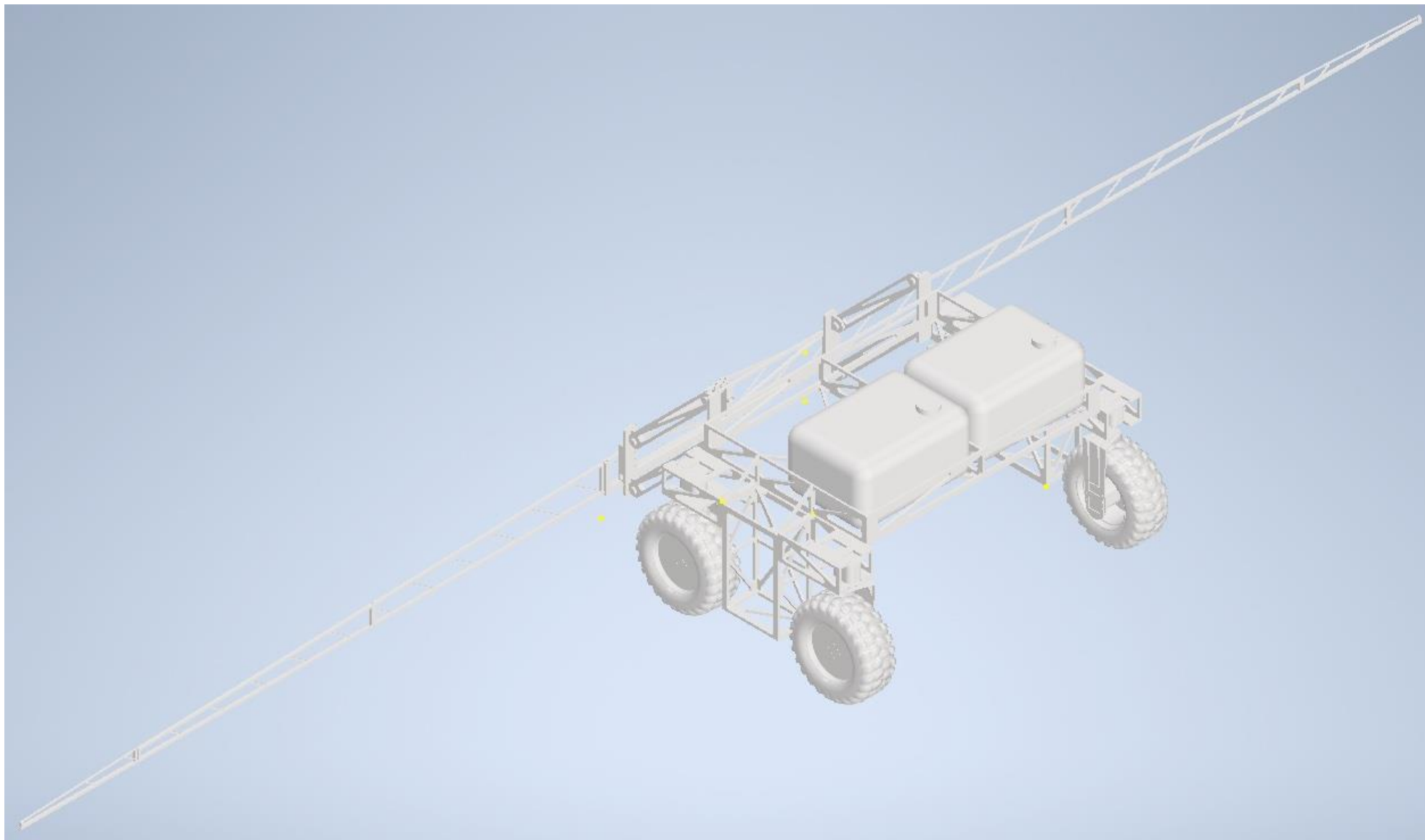


Рис.3.6 3D модель самохідного шасі наземного агродрону з встановленим обприскувачем (вид ззаду)

4. ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Нормативні шляхи безпечного використання агродронів під час виконання робіт та використання засобів захисту рослин

В сучасних реаліях буття орієнтуючись на можливості використання агродронів впливає необхідність регулювання їх застосування згідно до нормативних та законодавчих вимог для господарств де заплановано їх використання.

Перед запланованим заходом по використанню всіх агродронів необхідно завчасно за три дні узгодити виконання робіт вказаною технікою з керівництвом місцевої військової адміністрації, Національною поліцією, Службою безпеки України у відповідній територіальній громаді, штабом ТрО, а якщо місце використання перебуває на межі районів із кордоном, то також узгодженню підлягає даний захід із адміністрацією прикордонного району.

Показник роботи агродронів має бути відмічений за наступними елементами такими, як вид виконуваної роботи, вказується термін і години в які буде проводитися технологічна операція, наводиться точна назва місцевості.

Зазначається власник агродрону та кваліфікований оператор, що буде слідкувати за виконанням даного технологічного заходу і керувати енергетичним засобом.

Вказується маркування та тип агродрону з швидкістю на якій заплановано проведення технологічної операції.

Місцевість з точними координатами де заплановано використання агродрону зазначають чотирма координатами згідно до GPS-даних з вказівкою на карті.

Наводяться застосовні засоби захисту рослин а саме хімічні речовини якими можуть бути мінеральні добрива, що розпилюватимуться під час технологічного заходу.

Після отримання офіційного дозволу є необхідність в дотримуванні чинних обмежень.

Планування використання агродронів ні в якому разі не повинно заважати або створювати перешкоди для військової інфраструктури.

4.2 Вимоги до роботи під час обробки полів

Обробка полів передбачає використання таких препаратів, як пестициди відповідно до ДСП 8.8.1.2.001-98 Державні санітарні правила. Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві [11] виконання технологічної операції має проводитися згідно з дозволеними показниками за швидкістю, орієнтуючись на ураження рослин та наявності забур'яненості з орієнтацією на метеорологічні умови.

Попередження щодо можливих робіт відбувається завчасно за 2 доби до їх виконання з наявними відповідними нормативними узгодженнями. Надписи, що попереджають про здійснення технологічної операції повинні бути розміщені за 200м від місцевості де вона здійснюється.

Час початку робіт має бути в ранковий період або у вечірній, вранці до 10 години, або ввечері з 18 години до 22 години при чому орієнтуються на швидкість вітру. Випадки, коли виконання є можливим в період денної пори доби дозволяється за температурними показниками вище десяти градусів за Цельсієм при швидкості вітру в межах від 3...4м/с.

Відстань до населених пунктів має складати при виконанні даного технологічного заходу рівна від 300м до 500м.

Щоб унеможливити загибель бджіл обробіток медоносних рослин передбачає застосування засобів, що мають дозвіл внесення для цих агрокультур згідно до встановлених норм внесення. Використання вказаних препаратів передбачає наявність повідомлення у засобах масової інформації щодо запланованих робіт з вказівкою точної інформації відносно заходу для пасічників, що тримають вулики на відстані 10 км від ділянки обробітку.

Також слід зазначити в засобах масової інформації достовірну дату технологічного заходу, назву засобу, яким буде виконуватися обробка агрокультури, зазначають строк його дії за ступенем і токсичністю.

При розгляді препарату яким виконуватиметься обробка інформація на етикетці має містити номер його державної реєстрації та клас безпеки для бджіл. Слід мати на увазі, що інформація про встановлені пасіки разом із фізичною особою, що нею володіє є зареєстрованою.

4.3 Заходи з охорони праці при виконанні обприскування

Технологічна операція обприскування наземними агродронами передбачає, що захід виконується з використанням засобів індивідуального захисту, для операторів має бути наявне місце відпочинку та здійснення процесу вживання харчів та мають бути дотримані вимоги щодо безпеки при цьому.

Організаційними заходами, які дозволяють здійснювати проведення технологічної операції виступають обов'язкові інструктажі для виконавців, що несуть відповідальність за її виконання.

При цьому робоче місце виконавця має бути безпечним і відповідати вимогам безпеки.

Обов'язковим елементом при здійсненні організаційного заходу при виконанні технологічної операції виступають наявність наряду-допуску на його виконання.

Складовими елементами щодо особистого захисту оператора передбачено наявність та застосування спеціального одягу, окулярів для захисту, гумових чобіт а також респіраторів.

Одночасно операторам заборонено під час виконання технологічного заходу безпосередньо у контакті з речовинами вживати їжу, заборонено допускати сторонніх осіб в зону роботи.

Застосування препаратів повинно виконуватися лише згідно до вказаних рекомендацій, не використовувати їх в процесі коли агрокультура почала цвісти.

Технологічну операцію обробітку необхідно відмінити, у разі несприятливих метеорологічних умов (дощ або наявність роси).

Після контакту з препаратом оператору необхідно здійснити процедуру очищення тіла - миттям, замінити одяг.

В місцях передбачених для відпочинку виконавців має бути облаштовано можливості щодо безпечного харчування, наявні засоби медичного догляду, особливо місця з водою для очищення тіла та рушники. Розміщення місць відпочинку має бути не менше 200м від території де здійснювалася технологічна операція.

Очищення та знезараження поверхонь, які контактували з засобами захисту а також ґрунт де відбувся процес поєднання передбачають перелік заходів і їх неупереджене дотримання в нормативних вимогах.

Якщо встановлено випадок чи підозра щодо можливості отруєння виконавця необхідно звернутися за кваліфікованою медичною допомогою. Обов'язково слід надати медичному працівникові етикетку препарату та інформувати про умови за яких відбувся контакт з ним.

Використовувати повторно ємності в яких перебували засоби захисту рослин повторно неможна, а їх зберігання має бути віддалено від харчових продуктів та інших елементів, що можуть попасти в зону контакту.

Допуск на ділянки, які були оброблено здійснюється через визначений проміжок часу встановлений у нормативній документації.

5. ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗРАХУНОК

5.1 Сутність економічного ефекту від впровадження наземного агродрону

Зміст поняття економічного ефекту розкривається, як результат економічної діяльності до складу якої входять отримані доходи, прибуток та покращення які відображаються в економічних показниках.

Вираження отриманого економічного ефекту розкривається показниках кількості та якості. Кількісним прикладом показників якості виступає грошовий вираз, а якості – в підвищенні якісних показників роботи тощо.

Ефект розкривається як результат і він поділяється на загальний у вигляді прибутку та може бути виражений у вигляді національного доходу.

Економічний ефект E поділяється на попередній, очікуваний та фактичний. Визначення його здійснюється за формулою:

$$E = V_i + I_c, \quad (5.1)$$

де V_i – оцінка результатів виражена в вартості;

I_c – витрати на здійснення інвестиції.

Таким чином застосування в технології вирощування наземних агродронів передбачає можливість встановлення інтегрального економічного ефекту, який розкриває зміст в загальному від впровадження в технологічну лінію вирощування агрокультур.

Абсолютний економічний ефект більше охарактеризовує прибуток, який буде отримано від застосування в господарську діяльність нових складових елементів.

Порівняльний економічний ефект надає можливість виконати процес зрівняння вибраних варіантів щодо застосування різних технологічних прийомів при вирощування відповідної сільськогосподарської культури.

Отже, розрахунок економічного ефекту є важливим показником, що розкриває можливості щодо інвестування та впровадження нових технологічних засобів чи інноваційних рішень.

5.2 Розрахунок витрат на застосування наземного агродрону

Прямі експлуатаційні витрати коштів на одиницю виконаної роботи розраховують на кожній окремій операції.

Прямі експлуатаційні витрати на одиницю виконаної наземним агродроном роботи формуються з наступних складових:

$$C = C_1 + C_2 + C_3 + C_4, \text{ грн/га} \quad (5.2)$$

де C_1 – оплата праці обслуговуючого агрегат персоналу, грн/га;

C_2 - вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів, грн/га;

C_3 - відрахування на амортизацію трактора і сільськогосподарських машин, які входять до складу агрегату, грн/га;

C_4 - відрахування технічне обслуговування машинного агрегату, грн/га.

Оплату праці персоналу, що обслуговує наземний агродрон, визначають за формулою:

$$C_1 = \frac{m_1 P_1 + m_2 P_2 + \dots + m_6 P_6}{W_{\text{ЗМ}}}, \text{ грн./га} \quad (5.3)$$

де m_1, m_2, \dots, m_6 – кількість операторів, які обслуговують наземний агродрон, чол. $m_1 = 1$ особа;

P_1, P_2, \dots, P_6 - оплата праці за норму виробітку робітника кожної кваліфікації, грн., оплата праці за нормою виробітку наземного агродрону складає за зміну 1600 грн.

Звідси:

$$C_1 = 7,27 \text{ грн./га.}$$

Вартість витрачених паливно-мастильних матеріалів визначаємо за формулою:

$$C_2 = C_k Q, \text{ грн./га} \quad (5.4)$$

де C_k – комплексна ціна одного кілограма палива, грн.

В зв'язку з тим, що виконання технологічного заходу здійснюють наземним агродроном обприскувачем, дані витрати будуть формуватися за наступними складовими: час, який йде на заряджання однієї батареї та витрати енергії й кількістю самих батарей:

$$C_2 = 13 \text{ грн./га} - \text{швидка станція зарядки.}$$

Відрахування на амортизацію машинного агрегату визначають за формулою:

$$C_3 = \frac{B_T \alpha_T}{100 W_{\text{год}} t_T} + \frac{B_{\text{зч}} \alpha_{\text{зч}}}{100 W_{\text{год}} t_{\text{зч}}} + \frac{B_M \alpha_M n_M}{100 W_{\text{год}} t_M}, \text{ грн./га} \quad (5.5)$$

де $B_T, B_{\text{зч}}, B_M$ – балансова вартість відповідно трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини, грн. Для нашого випадку використання наземного агродрона обприскувача з вартістю 879600 грн.

$\alpha_T, \alpha_{\text{зч}}, \alpha_M$ – норми відрахувань на амортизацію відповідно трактора, зчіпки і сільськогосподарської машини, % (приймаємо кожен з них рівною 15%);

n_M – кількість сільськогосподарських машин у агрегаті. Для нашого наземного агродрона зазначені машини відсутні.

$W_{\text{год}}$ – продуктивність агрегату за годину змінного часу, га.

Продуктивність за годину зміни визначається рівнянням:

$$W_{\text{год}} = 0,1 B_p v_p \tau, \text{ га/год} \quad (5.6)$$

де B_p - ширина захвату машини, м;

v_p - робоча швидкість машини(агрегату), км/год;

τ - коефіцієнт використання часу зміни:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{\text{зм}}}, \quad (5.7)$$

де $T_{\text{зм}}$ - час зміни.

$$\tau = 0,7.$$

Тоді продуктивність, буде становити:

$$W_{\text{год}} = 0,1 \cdot 12 \cdot 8,58 \cdot 0,7 = 7,20 \text{ га/год.}$$

Отже, продуктивність наземного агродрону складає 7,2 га/год.

$t_T, t_{\text{зч}}, t_M$ - нормативне або фактичне річне завантаження трактора, зчіпки і сільськогосподарських машин у годинах. Річне завантаження наземного агродрону 580 год.

Звідси, відрахування на амортизацію наземного агродрону складають:

$$C_3 = \frac{879600 \cdot 15}{100 \cdot 7,2 \cdot 580} = 31,59 \text{ грн/га.}$$

Відрахування на технічне обслуговування визначають за формулою:

$$C_4 = \frac{B_T P_T}{100 W_{\text{год}} t_T} + \frac{B_{\text{зч}} P_{\text{зч}}}{100 W_{\text{год}} t_{\text{зч}}} + \frac{B_M P_M}{100 W_{\text{год}} t_M}, \text{ грн./га} \quad (5.8)$$

де $P_T, P_{зч}, P_M$ - сумарна норма відрахувань на поточний ремонт та технічне обслуговування відповідно трактора, зчіпки і сільськогосподарських машини, % (приймаємо кожен з них рівною 6,5%);

$t_T, t_{зч}, t_M$ – нормативне або фактичне річне завантаження, годин.

Таким чином відрахування на технічне обслуговування наземного агродрону складають:

$$C_4 = \frac{879600 \cdot 6,5}{100 \cdot 7,2 \cdot 580} = 13,69 \text{ грн/га}$$

Отже, загальні прямі експлуатаційні витрати будуть складати:

$$C = 7,27 + 13 + 31,59 + 13,69 = 65,55 \text{ грн/га}$$

Приведені витрати на машинно-тракторний агрегат визначають за такою формулою:

$$P_{\text{вит}} = C + EK, \text{ грн./га} \quad (5.9)$$

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

K – величина капітальних вкладень, грн/га.

$$K = \frac{B_T}{W_{\text{год}} t_T} + \frac{B_{зч}}{W_{\text{год}} t_{зч}} + \frac{B_M n_M}{W_{\text{год}} t_M}, \text{ грн./га} \quad (5.10)$$

Для наземного агродрону величина капітальних вкладень складає:

$$K = \frac{879600}{7,2 \cdot 580} = 210,63 \text{ грн./га}$$

Звідси, приведені витрати на наземний агродрон будуть рівними:

$$P_{\text{вит}} = 65,55 + 0,15 \cdot 210,63 = 97,14 \text{ грн./га}$$

Визначені значення прямих та приведених експлуатаційних витрат можуть бути використані при розрахунку собівартості виробництва продукції рослинництва.

ВИСНОВКИ

В нашому бакалаврському дипломному проєкті теоретично обґрунтовано можливості щодо розробки технології машиновикористання з включенням у процес вирощування сільськогосподарської культури наземного агродрону-обприскувача, що дозволило підвищити ефективність виконання технологічної операції.

За аналізом відомих заходів з використання агродронів теоретично встановлено можливості їх використання у сільському господарстві, розкрито переваги їх застосування завдяки виокремленню структурної організації агродронів, яка дозволила встановити перспективи щодо їх використання.

Аналіз формування сівозміни за умовами роботи та визначення альтернативних можливостей використання машинних агрегатів створили передумови щодо теоретичного доведення та комплектування проєктованого складу машин для вирощування і збирання сільськогосподарських культур, що дозволило в загальному обґрунтувати структуру машинно-тракторного парку.

Аналітично встановлено показники впливу на роботу наземного агродрону-обприскувача за швидкістю внесення засобів захисту рослин 8.58км/год з визначенням затрат часу на виконання одного технологічного циклу, що складають 0,5 год.

Встановлено, що найбільше навантаження на матеріал конструктивного рішення отримуємо в області кріплення до рами, та в області де прикладене саме навантаження, щодо зміщення, то найбільше зміщення отримуємо у точці прикладення навантаження. Розраховано, що ширина блоку батарей рівна 500мм.

Охарактеризовано нормативні шляхи безпечності використання агродронів під час виконання робіт та використання засобів захисту рослин. Визначено вимоги до роботи під час обробітку полів агродронами та важливі заходи з при виконанні обприскування.

Економічний розрахунок вказує, що застосування наземних агродронів є досить перспективним за показниками прямих та приведених експлуатаційних витрат складають відповідно 65,55 грн/га та 97,14 грн/га.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Ключко А. Математика обприскування агродронами Все про вартість та рентабельність використання. *Https://kurkul.com/spetsproekty/1173-matematika-obpriskuvannya-agrodronami--vse-pro-vartist-ta-rentabelnist-vikoristannya.* URL: [https://kurkul.com/spetsproekty/1173-matematika-obpriskuvannya-agrodronami--vse-pro-vartist-ta-rentabelnist-vikoristannya.](https://kurkul.com/spetsproekty/1173-matematika-obpriskuvannya-agrodronami--vse-pro-vartist-ta-rentabelnist-vikoristannya)
2. Техніка Агродрони для ресурсощадних технологій: рахуємо переваги. *Https://www.growhow.in.ua/ahrodrony-dlia-resursooshchadnykh-tekhnologiy-rakhuiemo-perevahy/.* URL: <https://www.growhow.in.ua/ahrodrony-dlia-resursooshchadnykh-tekhnologiy-rakhuiemo-perevahy/>
3. Агролайфхак: інструкція по конструюванню дрона-обприскувача. *Https://propozitsiya.com/news/ahrolayfkhak-instruktsiya-po-konstruyuvannyu-drona-obpryskuvacha.* URL: [https://propozitsiya.com/news/ahrolayfkhak-instruktsiya-po-konstruyuvannyu-drona-obpryskuvacha.](https://propozitsiya.com/news/ahrolayfkhak-instruktsiya-po-konstruyuvannyu-drona-obpryskuvacha)
4. Агродрони: революційний перелом у сільському господарстві. *Https://drontech.com.ua/kvadrokptery/agrodroni/?srsltid=AfmBOopqCkDNh4S8bITLiWgC39abq-y2Ni6hcKIPFDizNoJe5NMLcRx2.* URL: [https://drontech.com.ua/kvadrokptery/agrodroni/?srsltid=AfmBOopqCkDNh4S8bITLiWgC39abq-y2Ni6hcKIPFDizNoJe5NMLcRx2.](https://drontech.com.ua/kvadrokptery/agrodroni/?srsltid=AfmBOopqCkDNh4S8bITLiWgC39abq-y2Ni6hcKIPFDizNoJe5NMLcRx2)
5. ДСТУ 4691:2006 Землеробство. Терміни та визначення понять. З поправкою. URL: [https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54255.](https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=54255)
6. КЛАСИФІКАЦІЯ І ОРГАНІЗАЦІЯ СІВОЗМІН. URL: [http://www.tsatu.edu.ua/ros1/wp-content/uploads/sites/20/lekcija-8.klasyfikacija-i-orhanizacija-sivozmin.pdf.](http://www.tsatu.edu.ua/ros1/wp-content/uploads/sites/20/lekcija-8.klasyfikacija-i-orhanizacija-sivozmin.pdf)
7. Operation of machines and equipment: educational manual / Yaroslav Mykhailovych, Olena Deviatko, Michael Tuziuk – Kyiv: NUBiP of Ukraine, 2023 p.- 212 p.

8. ХАГ R150 2022 Безпілотна наземна роботизована платформа. URL: <https://www.xagukraine.com/r150-2022>.
9. Калькулятор підбору форсунок для польових обприскувачів. URL: https://www.cropscience.bayer.ua/Agrosolutions/Agronomic_solutions/Nozzle_calculator
10. ДСП 8.8.1.2.001-98 Державні санітарні правила. Транспортування, зберігання та застосування пестицидів у народному господарстві URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=64415
11. Як змінюється ринок агродронів? URL: <https://aggeek.net/ru-blog/yak-zminyuyetsya-rinok-agrodroniv>
12. Silver B., Mazur M., Wiśniewski A., Babicz A. Welcome to the era of drone-powered solutions: a valuable source of new revenue streams for telecoms operators: Communications 2017. Review. URL: <https://www.pwc.com/gx/en/communications/pdf/communicationsreview-july-2017.pdf> 28.01.2023
13. Lysenko V., Bolbot I., Romasevych Y., Loveykin V., Voytiuk V. Algorithms of Robotic Electrotechnical Complex Control in Agricultural Production. In Control Systems: Theory and Applications. 2018. P. 271–289.
14. Miller J. O., Adkins J. Types of drones for field crop production. University of Delaware: Fact sheets and publications. 2018. URL: <https://www.udel.edu/academics/colleges/canr/cooperative-extension/fact-sheets/types-of-drones-for-field-crop-production> 15.01.2023.
15. Rogovskii I., Titova L., Sivak I., Berezova L., Vyhovskyi A. Technological effectiveness of tillage unit with working bodies of parquet type in technologies of cultivation of grain crops. Engineering for Rural Development. 2022. Vol. 21. P. 884–890. <https://doi.org/10.22616/ERDev.2022.21.TF279>.
16. Rogovskii I.L. Models of formation of engineering management alternatives in methods of increasing grain production in agricultural enterprises. Machinery and Energetics. 2021. Vol. 12(1). P. 137–146.

17. Rogovskii I.L. Resource of removal expenses for strong agricultural period of volume of operations. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12. Issue 2. P. 123–131. <https://doi.org/10.31548/machenergy2021.02.123>.
18. Rogovskii I.L. Influence of operating failure of agricultural machines on efficiency of their machine use. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12(3). P. 157–166.
19. Rogovskii I.L. Analyticity of complex criteria for evaluation of grain production in agricultural enterprises intensification of engineering management. *Machinery and Energetics*. 2021. Vol. 12(4). P. 129–138.
20. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Borak K.V., Lavrinenko O.T., Bannyi O.O. Research on a grain cultiseeder for subsoil-broadcast sowing. *INMATEH. Agricultural Engineering*. Bucharest. 2021. Vol. 63. No 1. P. 385–396. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-63-39>.
21. Kuzmich I.M., Rogovskii I.L., Titova L.L., Nadtochiy O.V. Research of passage capacity of combine harvesters depending on agrobiological state of bread mass. *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science*. 2021. Vol. 677. P. 052002. <https://doi.org/10.1088/1755-1315/677/5/052002>.
22. Umanskiy M.O. Features of use of agricultural drones in crop production technologies. *Technical service of agriculture, forestry and transport*. №25' 2024. P. 174-181. <https://doi.org/10.37700/ts.2024.25.174-181>.
23. Nadiia Reznik, Ivan Rogovskii, Volodymyr Havrylyuk, Inna Riepina, Volodymyr Khodakyvskyy, Tetyana Demchenko, Valerii Kotliarov. (2025). Engineering and security management of technological transformation trends of agtronics. *Studies in Big Data*. Springer. volume 164. pp 289–298 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75095-3_23. Scopus. WoS. https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-3-031-75095-3_23.
24. Ivan Rogovskii, Valerii Kotliarov, Valerii Bondarenko, Volodymyr Havrylyuk, Chen Gaojiang & Li Zehao. (2024). Engineering and security management of Smart technology of agtronics of crop production. *Contributions to Finance and*

Accounting. Springer, Cham. Part F4082. pp 93–102 https://doi.org/10.1007/978-3-031-75960-4_10.

25. <https://fpvua.org/resources/categories/agrodroni.21/>

26. <https://continent-agro-drone.com.ua/>

27. <https://eos.com/uk/blog/tochne-zemlerobstvo/>

ДОДАТКИ