

ДНПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

П о я с н ю в а л ь н а з а п и с к а

до дипломної роботи

освітнього ступеня «Магістр» на тему

**Підвищення ефективності вирощування
сільськогосподарських культур шляхом
впровадження мостової технології землеробства**

Виконав: студент 2 курсу, групи МГАІ-3-23

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Коцюбенко Максим Дмитрович

Керівник: _____ Бойко Владислав Борисович

Рецензент: _____

Дніпро 2024

**ДНІПРОВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНО-ЕКОНОМІЧНИЙ
УНІВЕРСИТЕТ**

Інженерно-технологічний факультет

Кафедра тракторів і сільськогосподарських машин

Освітній ступінь: «Магістр»

Спеціальність: 208 «Агроінженерія»

ЗАТВЕРДЖУЮ

В.о. завідувача кафедри
тракторів і сільськогосподарських машин

(назва кафедри)

ДОЦЕНТ

(вчене звання)

Теслюк Г.В.

(підпис)

(прізвище, ініціали)

«_____» _____ 2024 р.

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

Коцюбенку Максиму Дмитровичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур шляхом впровадження мостової технології землеробства

керівник роботи Бойко Владислав Борисович к.т.н., доцент

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

затверджені наказом вищого навчального закладу від

«12» листопада 2024 року № 3784

2. Строк подання студентом роботи 8.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові рішення кафедри ТСГМ з даної тематики. Вихідні дані господарства та огляд конструктивних та теоретичних рішень з підвищення ефективності механізації овочівництва впровадження мостової технології землеробства.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Стан питання і завдання досліджень. 2. Теоретичні дослідження. 3. Експериментальні дослідження. 4. Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях. 5. Економічна ефективність роботи. Висновки. Список використаних джерел

5. Перелік демонстраційного матеріалу

1. Мета і задачі досліджень. Аналіз (2 аркуші, А4). 2. Теоретичні дослідження (3 аркуші, А4). 3. Експериментальні дослідження (3 аркуші, А4) 4. Охорона праці (1 аркуш, А4) 5. Економічні показники (1 аркуш, А4). 6. Висновки (1 аркуш, А4)

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1-5	Бойко В. Б., доцент		
нормоконтроль	Золотовська О.В., доцент		

7. Дата видачі завдання: 5.09.2024р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 14.09.2024 р.	Виконано
2	Теоретичний	до 15.10.2024р.	Виконано
3	Експериментальний	до 14.11.2024 р.	Виконано
4	Охорона праці	до 19.11.2024 р.	Виконано
5	Економічний	до 26.11.2024 р.	Виконано
6	Демонстраційна частина	до 8.12.2024 р.	Виконано

Студент

_____ (підпис) Коцюбенко М.Д.
(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис) Бойко В.Б.
(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Коцюбенко М.Д. Підвищення ефективності вирощування сільськогосподарських культур шляхом впровадження мостової технології землеробства/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності механізації вирощування овочевих культур завдяки впровадженню мостової технології землеробства з використанням агромотрових машин.

Впровадження мостової технології вирощування овочевих культур дозволить реалізувати автоматизацію основних технологічних процесів від посіву до збирання, знизити ущільнення ґрунту та практично повністю відмовитися від використання ДВЗ в якості основних енергетичних установок засобів механізації.

Завдяки науковим роботам проведеним на кафедрі ТСГМ по обраній тематиці було використано отриманий досвід з проектування та дослідження мостових систем на вирощуванні сільськогосподарських культур.

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень отримано значення реакцій, що діють на остов мостової машини під час виконання технологічних операцій. Встановлено значення оптимальних розмірів КТС та довжини мостових машин на вирощуванні овочевих культур.

Розроблено заходи по охороні праці при експлуатації агромотрових машини. Проведені економічні розрахунки підтвердили ефективність заміщення класичних засобів механізації мостовими машинами

Ключові слова: мостова технологія землеробства, агромотровая машина, колісні рушій, координатно-транспортна система (КТС), агротехнічна зона, ущільнення ґрунту.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	11
1.1. Аналіз впливу рушіїв на родючий шар ґрунту	11
1.2. Загальноприйняті шляхи зниження ущільнення ґрунту рушіями	12
1.3 Альтернативні підходи до вирішення проблеми зниження ущільнення ґрунту рушіями мобільних енергетичних засобів	16
1.4. Особливості впровадження мостового землеробства	22
1.5 Висновки	25
1.6 Мета і завдання досліджень	26
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	27
2.1 Теоретичні передумови актуальності впровадження мостової технології землеробства	27
2.2 Обґрунтування вибору конструкції агромостової машини	30
2.3 Сили та реакції, що виникають при експлуатації одноконсольної мостової машини	34
2.4 Теоретичне дослідження параметрів мостової машини та КТС	39
2.5 Висновки	47
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	48
3.1 Програма експериментальних досліджень	48
3.2 Розробка прототипу агромоста для виконання досліджень КТС	48
3.3 Експериментальне дослідження щільності ґрунту за різних технологій землеробства	51
3.4 Експериментальні дослідження раціональних параметрів КТС	54
3.5 Висновки	58

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	59
4.1 Організація охорони праці	59
4.2 Аналіз виробничого травматизму	61
4.3 Охорона праці при експлуатації агромостової машини з електричним приводом	64
4.4 Висновки	67
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ	68
Висновки	74
Висновки та пропозиції	75
Список використаних джерел	77
Додатки	81

ВСТУП

Актуальність кваліфікаційної роботи. Впровадження новітніх технологій у галузі овочівництва, орієнтованих на підвищення інтенсивності виробництва, можливе завдяки комплексній механізації. Це передбачає покращення матеріально-технічної бази, впровадження передових технологічних досягнень і використання енергозберігаючих методів.

Останніми роками у сільськогосподарському виробництві, зокрема в овочівництві, спостерігається тенденція до впровадження високопродуктивних енергонасичених тракторів. Такі машини здатні виконувати різні технологічні операції за один прохід, працюючи з широкозахватними агрегатами. Більшість цих тракторів оснащені колісними рушіями, що надає їм певні переваги над гусеничними моделями, оскільки вони можуть ефективно працювати як на польових роботах, так і на транспортних завданнях. Колісні трактори мають меншу вартість і експлуатаційні витрати, що робить їх популярними — вони становлять близько 90% від загальної кількості тракторів [1].

Застосування енергонасичених тракторів, таких як CLAAS, Case, ХТЗ-17022, ХТЗ-242К, John Deere та ін., підвищує продуктивність праці, проте водночас призводить до значного ущільнення ґрунту, що зумовлює необхідність проведення додаткових агротехнічних заходів для його відновлення. Дослідження свідчать, що втрата врожайності на ділянках руху тракторів може досягати 35 %.

Рішенням цієї проблеми може стати зниження впливу колісних рушіїв на ґрунт у зонах вирощування культур через застосування альтернативних методів землеробства, наприклад мостова технологія землеробства де в кості основних засобів механізації використовують мостові трактори або агромости, що рухаються за корднатним принципом по забезпечує точне їх позиціонування на ділянці поля де відбувається вирощування сільськогосподарських культур.

Мета роботи та завдання дослідження

Метою роботи є підвищення ефективності вирощування овочевих культур завдяки застосуванню мостової технології землеробства на виробничих ділянках.

Досягти дану мету можливо завдяки вирішенню таких задач:

- виконати аналіз шляхів зниження ущільнення родючого шару при вирощуванні овочів;
- провівши аналіз мостових машин обрати оптимальний варіант мостової машини на вирощуванні овочів;
- провести теоретичні дослідження опорних реакцій, які діють на остов мостової машини;
- провести теоретичні дослідження для встановлення оптимальних значень координатно-транспортної системи (КТС) та розмірів агромоста;
- за результатами експериментальних досліджень встановити вплив геометричних розмірів КТС та агромоста на ефективність землевикористання;
- оцінити економічну ефективність застосування мостових технологій на вирощуванні овочевих культур.

Об'єкт дослідження: агромостова технологія землеробства на вирощуванні овочевих культур.

Предмет дослідження: мостова машина (агроміст).

Методи дослідження. Дослідження проводились з використанням лабораторного обладнання відповідно до стандартних методик, а також застосовувались відео- та фотофіксації з подальшою цифровою обробкою результатів. Теоретичні дослідження ґрунтувалися на законах механіки, теорії машин і механізмів, а також вищій математиці. Експериментальні польові дослідження аналізувалися за допомогою математичного моделювання та оброблялись із використанням персональних комп'ютерів (ПК).

Наукова новизна роботи:

- розроблено методологію розрахунку КТС для мостового землеробства.
- отримано залежність габаритних розмірів агромостової машини від форми поля та його площі.
- запропоновано метод визначення опорних реакцій, що діють на остов від дії зовнішніх навантажень, що дає можливість розраховувати конструктивні елементи.

Практичне значення отриманих результатів.

Розроблені розрахункові методики та удосконалена конструкція мостової машини мають практичне значення й можуть бути використані при проектуванні машин подібного типу.

Апробація. За результатами виконаної кваліфікаційної роботи опубліковано в збірнику тез III Всеукраїнської науково-практичної конференції молодих вчених 15 листопада 2024 «Інжиніринг технологій і технічних систем агропромислового комплексу».

1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз впливу рушіїв на родючий шар ґрунту

Сучасні технології овочівництва [1] неможливо уявити без застосування потужних тракторів, сільськогосподарської техніки, самохідних машин і транспортних засобів. Під час виконання агротехнічних операцій, таких як підготовка ґрунту, посів, збирання врожаю та транспортування продукції, техніка багаторазово проходить полями. При цьому сліди від тракторів та різноманітних ґрунтообробних і посівних агрегатів можуть займати від 32 до 85% (рис.1.1) [2, 3]. Деякі частини полів можуть піддаватися впливу техніки від 3 до 9 разів. Впровадження нових поколінь польової техніки, яка має значно більшу масу, призвело до підвищення ущільнювальних навантажень на ґрунт, що негативно впливає на його структуру та родючість. Це сприяє зниженню врожайності як у рік проведення робіт, так і в наступні роки через постійної деформації та ущільнення ґрунтів.



Рисунок 1.1 – Ущільнення ґрунту рушійними сільськогосподарської техніки [4]

На ущільнених ділянках поля втрати врожаю овочевих культур можуть сягати від 10 до 17% при одноразовому ущільненні, від 16,5 до 29% при 2-4-разовому і від 25 до 36% при 5-разовому впливі (В.О. Русланов, А.І. Пуро, М.С. Батюк та ін., 2003) [5]. Агротехнічні вимоги до допустимого тиску в шинах тракторів не завжди узгоджуються зі стандартами і не відображають повною мірою агротехнічні характеристики проходження техніки по ґрунту. Більш достовірним показником є питомий тиск на ґрунт. Його допустимі значення повинні відрізнятися залежно від виду польових робіт та типу ґрунту.

Дослідження А.О. Рапопорт та інших (1980) [6] свідчать, що допустимі навантаження на ґрунт на ранньо-весняному боронуванні зябу складають 0,2-0,45 кг/см², під час передпосівної обробки та посіву — 0,52-0,63 кг/см², а при літніх і осінніх роботах з вологою 63% — 1,1-1,48 кг/см².

На дернових суглинних ґрунтах північних областей України, підготовлених до сівби, граничний питомий тиск знаходиться на рівні, який не спричиняє шкідливого ущільнення і становить: за вологості ґрунту 24-32% — 0,76 кг/см², при вологості 16-21% — 1,27 кг/см², а на сухих ґрунтах (за вологості 7-14%) — 1,65 кг/см². Я.Б. Шлемп і О.А. Лях (1978) [5] зазначають, що середні допустимі питомі тиски універсальних тракторів при польових роботах не повинні перевищувати 1,1 кг/см². ДСТУ 20952-96, розроблений у 1996 році, регулює максимальний тиск коліс і гусеничних рушіїв на ґрунт під час польових робіт протягом вегетаційного періоду.

1.2. Загальноприйняті шляхи зниження ущільнення ґрунту рушіями

Питання зниження негативного впливу техніки на ґрунт стало об'єктом наукових досліджень із моменту початку експлуатації мобільних енергетичних машин із колісним рушієм. Одним із способів зниження питомого тиску на ґрунт колісними рушіями та підвищення тягових характеристик, на універсально-просапних тракторах із шинами 12P38 являється встановлення легких гусениць

на задні ведучі колеса та додаткові напрямні що монтуються попереду основних обладнанні механізмом натягу (рис.1.2). Таке конструктивне рішення дозволяє збільшити площу контакту з ґрунтом, що покращує зчеплення і зменшує середній питомий тиск з 97 до 66 кПа, а максимальний — з 222 до 155 кПа [7].



Рисунок 1.2 – Використання легких гусениць на універсально-просапних тракторах

Також відомою є модель трактора 9RX 640 від компанії Джон Дір (рис. 1.3) [8, 9]. Трактор обладнано дизельним двигуном потужністю 502 кВт та має загальну масу близько 25 тонн. Питання зниження ущільнення ґрунту вирішено за рахунок використання гусеничних рушіїв на кожному з бортів. Таке рішення дозволяє збільшити площу контакту в порівнянні з колісним варіантом моделі на 120 % та на 45 % з варіантом використання тільки двох гусениць. Шарнірно зчленована рама забезпечує необхідну маневреність трактора за загальної довжини близько 6 метрів. За рахунок збільшення площі контакту питомий тиск рушіїв не перевищує 420 г на см^2 за ширини гусениці 0,91 м. За таких параметрів трактор досить впевнено почувується при роботі на нестійких вологих або пухких ґрунтах. Максимальна швидкість трактора на транспортних роботах при переміщенні по дорогах з твердим покриттям становить близько 40 км/годину. Це стало можливим завдяки інноваційній пневмопідвісці AirCushion та ефективній гальмівній системі. Легкість керування таким трактором забезпечується завдяки гідропідсилювачу рульового керування.



Рисунок 1.3 – Трактор серії 9RX 640 від Компанії Джон Дір

Вітчизняні виробники теж не відстають у цій галузі. До початку нападу агресора на базі Харківського тракторного заводу у співпраці з ХНТУ ім. П.М. Василенка та Кременчуцького заводу з виробництва коліс проведено польові випробування гусеничного рушія встановлено на кожному з чотирьох бортів трактора ХТЗ-280 замість коліс. Дослідженнями доведено зниження ущільнення ґрунту на 53% в порівнянні з колісним рушієм, що позитивно вплине на приріст урожаю завдяки зниження питомого тиску в два рази (рис.1.4) [10].



Рисунок 1.4 – Польові випробування трактора ХТЗ-280 з легкими гусеницями замість коліс

Використання додаткових пристроїв, таких як напівгусеничні рушії та здвоєні шини, покращує тягові характеристики техніки і знижує ущільнення ґрунту. Однак ці рішення мають обмежену універсальність, збільшують складність конструкцій і експлуатаційні витрати. Трактор Buhler Versatile зі здвоєними шинами (рис. 1.5) є прикладом техніки, яка демонструє покращення продуктивності на 4-8% завдяки підвищенню тягових властивостей [11].



Рисунок 1.5 – Приклад використання здвоєних шин на тракторі Buhler Versatile

Представлені варіанти не дозволяють повністю вирішити проблему пов'язану з увільненням ґрунту рушіями завдяки тяговому принципу їх роботи в агрегаті з сільськогосподарськими машинами. Тобто для переміщення машино-тракторного агрегату (МТА) тягач тобто трактор повинен ущільнити колію щоб потім відштовхнутися з наряддям, при цьому в подальшому витратити енергію на розущільнення колії. Використання тягової концепції, як класичної технології для виконання ґрунтообробних та інших операцій на вирощуванні сільськогосподарських культур вичерпало можливості подальшого розвитку та вдосконалення і тільки реалізація нових підходів в механізації землеробства дозволить усунути негативні проблеми, які створюють рушії мобільних машин.

1.3 Альтернативні підходи до вирішення проблеми зниження ущільнення ґрунту рушіями мобільних енергетичних засобів

Як уже говорилося вище основна проблема тягової концепції це ущільнення ґрунту при формуванні колії тягачем для реалізації необхідного тягового зусилля (рис. 1.6), що призводить до непродуктивних витрат палива близько 20-30 % на ущільнення ґрунту та наступне розущільнення колії ґрунтобробними машинами.

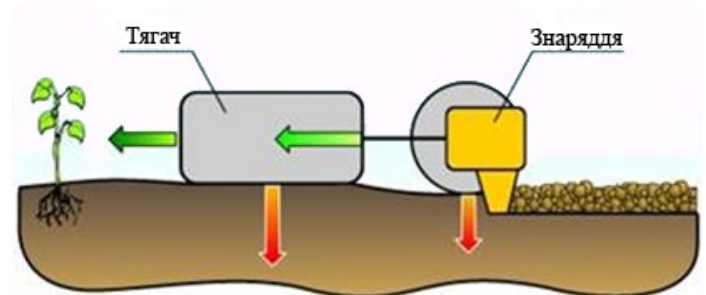
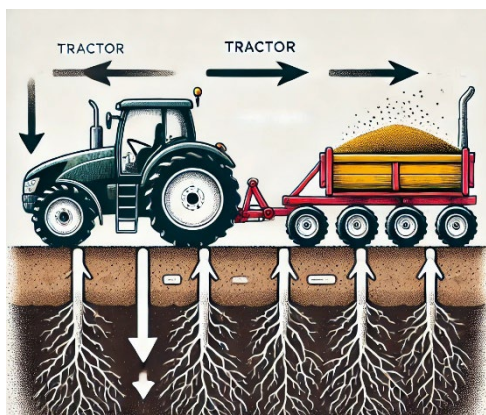


Рисунок 1.6 – Недоліки тягової концепції [12]

Протягом останнього століття концепція землеробства зазнала мінімальних змін і наразі досягла свого етапу насичення, де можливості для подальшого вдосконалення майже вичерпані. Водночас все більше постає екологічних, енергетичних та соціальних проблем, пов'язаних із впровадженням новітніх технологій у рослинництві. Підвищення впливу механічних та агрохімічних факторів спричиняє значне погіршення стану ґрунтів.

У зв'язку з цим, наприкінці 20 століття виник новий підхід до вирощування сільськогосподарських культур – точне (персоналізоване) землеробство. Ця концепція передбачає значне зменшення використання хімічних засобів у виробничому процесі та зниження механічного впливу на ґрунти від рухомих частин техніки.

На сьогоднішній час використання мостових машин являється одним із альтернативних рішень для зниження навантаження на ґрунти, що створюють ходові системи мобільних енергетичних засобів.. За такої технології землеробства використовуються мостові машини що рухаються відносно КТС доставляючи робочі органи в необхідну точку поля та виконуючи весь комплекс технологічних операцій [13-15]. Вирощування овочевих культур може здійснюватися в автоматичному режимі. Ходова частина мостових машин рухається по постійним рейкам або коліям, що відносяться до технологічної зони, таким чином за такого підходу усувається негативний вплив рушіїв на агротехнічну зону де відбувається вирощування овочевих культур. В різні часи даному напрямку землеробства присвячені роботи таких науковців та дослідників як А.К. Дідебулідзе, В.Т. Надикта, М.І. Хабрата, В.О. Улексіна, В.П. Кувачова, Бойко В.Б. та ін.

Значні досягнення в цьому напрямку спостерігалися і за кордоном. У 1975 році англійський інженер Д. Доулер розробив мостовий трактор фронтального типу із шириною прогінної частини 12 м (рис. 1.7) [17].. Для роботи такої техніки поле розділяється на технологічну та агротехнічну зони. Переміщення гідрофікованих колісних рушіїв мостового трактора здійснювалося по постійним коліям (технологічна зона) виключаючи ущільнення ґрунту в агротехнічній зоні.



Рисунок 1.7 – Мостова технологія землеробства Д. Доулера

Дослідження, проведені в Австралії, Нідерландах та Великобританії з використанням мостового агрегата Доулера, який пересувається по технологічним коліям, продемонстрували зниження вартості вирощування овочевих культур на 42%, а енергозатрати при обробці ґрунту скоротились на 53%. Також суттєво покращилася якість обробки та відновлення структури ґрунту.

За результатами плідної роботи науковців та винахідників з різних куточків світу від далекої Бразилії, США, Швеції, Ізраїля, України та ін., встановлено що прогінна частина може мати довжину від 6 до 24 метрів. Приведені цифри є оптимальними, як з точки зору матеріалоемності конструкції так і чисто технологічно враховуючи особливості вирощування овочевих культур. Нижче приведемо приклади різних варіантів мостових тракторів їх параметри та особливості конструкції.

Вирощування цукрової тростини відбувається в вологих регіонах Бразилії, що потребує особливої уваги по підтриманню оптимальної щільності ґрунтів, тому рух енергетичних засобів по постійним доріжкам це один із способів вирощування тростини в умовах високої вологості. Для виконання даних умов Бразильською компанією СТВЕ розроблено конструкцію порталного мостового трактора з прогінною частиною 9 м (рис. 8), здатного рухатися по постійним технологічним доріжкам не ущільнюючи ґрунт зони вирощування тростини.



Рисунок 1.8 - Портальний трактор ЕТС СТВЕ (Бразилія)

Використання запропонованої конструкції мостового порталного трактора дозволило знизити ущільнення ґрунтів на 85 %, що дозволило збільшити врожайність цукрової тростини на 32 %, та скоротити витрати на пальне до 18 %..

Багаторічна робота Шведських науковців по розробці порталного трактора увінчалася успіхом та створенням порталного трактора BIOTRAC. Трактор дозволяє підтримувати технологію ICF (точне землеробство) завдяки точній внутрішній навігаційній системі в тандемі з GPS навігацією.



Рисунок 1.9 – BIOTRAC порталний трактор компанії «Biovelop AB»

Вітчизняними науковцями запропоновано конструкцію 3 метрового порталного модуля (рис. 1.10) [17] з потужністю на приводі до чотирьох кВт, за таких показників машина дозволяє реалізувати тягове зусилля близько 6000 Н. Перш за все машину спроектовано для механізації основних операцій в закритому ґрунті, але за розширення прогінної частини даного типу машини можуть експлуатуватися і в умовах відкритих ґрунтів.



Рисунок 1.10 – Портальний модуль ТДАТУ

Словацьким винахідником аматором Джоном Слінські ще в 1995 році було збудовано перший прототип мостової машини (агромоста) кругової дії. Мостова машина кругової дії дозволяє відмовитися від складних і вартісних навігаційних систем завдяки жорсткій прив'язки агромоста до вісі обертання. Підбираючи необхідне передаточне відношення при обороті агромоста відбувається зміщення каретки з навісним обладнанням необхідним для виконання відповідних операцій з заданим кроком міжряддя сформованим по спіралі. Така система отримала назву «AGROKRUN» (рис. 1.11) [11]. Відповідно під таку систему землеробства облаштовано поле загальною площею близько двох гектар, на якої розміщуються до 15 круглих ділянок. Для вчасного виконання необхідних операцій по вирощуванню овочів експлуатується 5 машин кругової дії.

За словаи автора він намагався, якомога більше автоматизувати процеси вирощування овочів та дотримуватися положень органічного землеробства для отримання екологічно чистої продукції, без використання хімічних засобів захисту та стимуляції росту. Одна установка кругової дії споживає не більше 1 кВт електричної енергії, що дозволяє відмовитися від використання палив нафтового походження та знизити відповідно витрати на вирощування продукції землеробства. Коефіцієнт землевикористання становить близько 86 %. Не використану площу, автор засіває квітами, що захищають овочеві культури від шкідників відлякуючи їх.

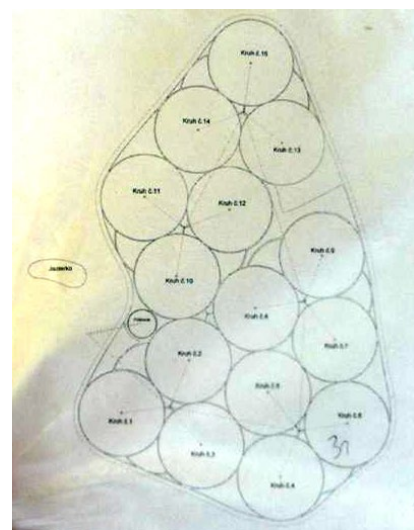


Рисунок 1.11 –«AGROKRUN» мостова машина кругової дії

Впровадженням мостового землеробства присвячені роботи та розробки кафедри ТСГМ ДДАЕУ так за останні 20 років на базі кафедри розроблено лабораторну установку мостової машини . [14-17] (рис 1.12) довжиною 9 метрів і потужністю привода 2000 Вт. Розроблено необхідні знаряддя до неї, а саме активний копач, гідравлічна сівалка точного висіву, оприскувач, картопле саджалка, сапа-культиватор з активними робочими органами на ін. Впровадження даної технології потребує допомоги багатьох науковців це і агрономів, програмістів, агроінженерів, електронщиків та ін. Тільки за такої умови можливо реалізувати технологію мостового землеробства.



Рисунок 1.12 – Експериментальна установка агромоста ДДАЕУ

Найбільша ефективність мостового землеробства відзначається під час вирощування овочів. Для підвищення ефективності механізації овочівництва у даній кваліфікаційній роботі буде встановлено раціональні розміри мостової машини в залежності від розмірів земельної ділянки та визначено відповідно коефіцієнт землевикористання.

1.4. Особливості впровадження мостового землеробства

Запровадження мостового землеробства розпочинається з розподілу поля на ділянки однакового розміру з підведеними комунікаціями для живлення агромоств, що на них встановленні електричною енергією. Приклад поля облаштованого під мостове землеробство наведено на рисунку 1.13.

Для забезпечення логістики між ділянками на полі спроектовано координатно-транспортну систему (КТС), яка забезпечує надійний підвіз необхідних матеріалів та вивезення збіжжя. За такого підходу для впровадження мостового землеробства поле розділяється на агротехнічну та технологічну зони. Відповідно кожна агротехнічна зона представлена ділянкою (загінкою) на якій здійснюється вирощування овочевих культур. Переміщення рушіїв агромоста та технологічного транспорту здійснюється по доріжкам координатно-транспортної системи (технологічна зона)

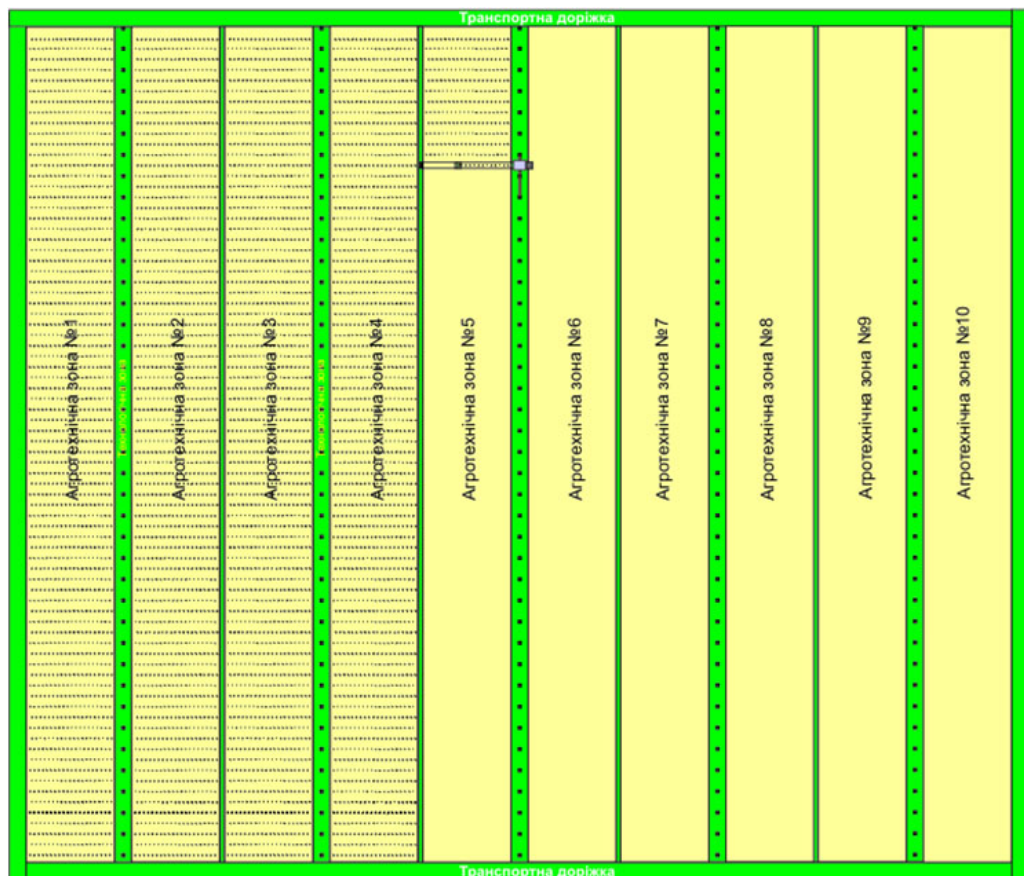


Рисунок 1.13 – Поле облаштоване під мостове землеробство

Завдяки жорсткій прив'язці агромоста до координатно транспортної системи спрощується процес керування та автоматизації основних технологічних процесів що виконує мостова машина з робочими органами.

Конструкція ферми агромоста взята за прототип з баштових кранів де так само вздовж ферми рухається каретка, що приводиться від тросової електролебідки. На каретці розміщується необхідне обладнання з робочими органами для виконання технологічних операцій. Така конструкція дозволяє точно відслідковувати положення каретки з навісним обладнанням та керувати його переміщенням в двох напрямках за допомогою каретки та переміщення мостової машини вздовж ділянки (загінки). В порівнянні з попередньою розглянутою машиною «AGROKRUN» запропоноване конструктивне рішення дозволяє отримати максимальні значення коефіцієнта землевикористання, що коливатиметься у межах 89...92%.

Завдяки використанню КТС (рис. 1.14) каретка агромоста з навісним обладнанням розміщується в координатах (X_{po}, Y_{po}) відносно поверхні загінки.

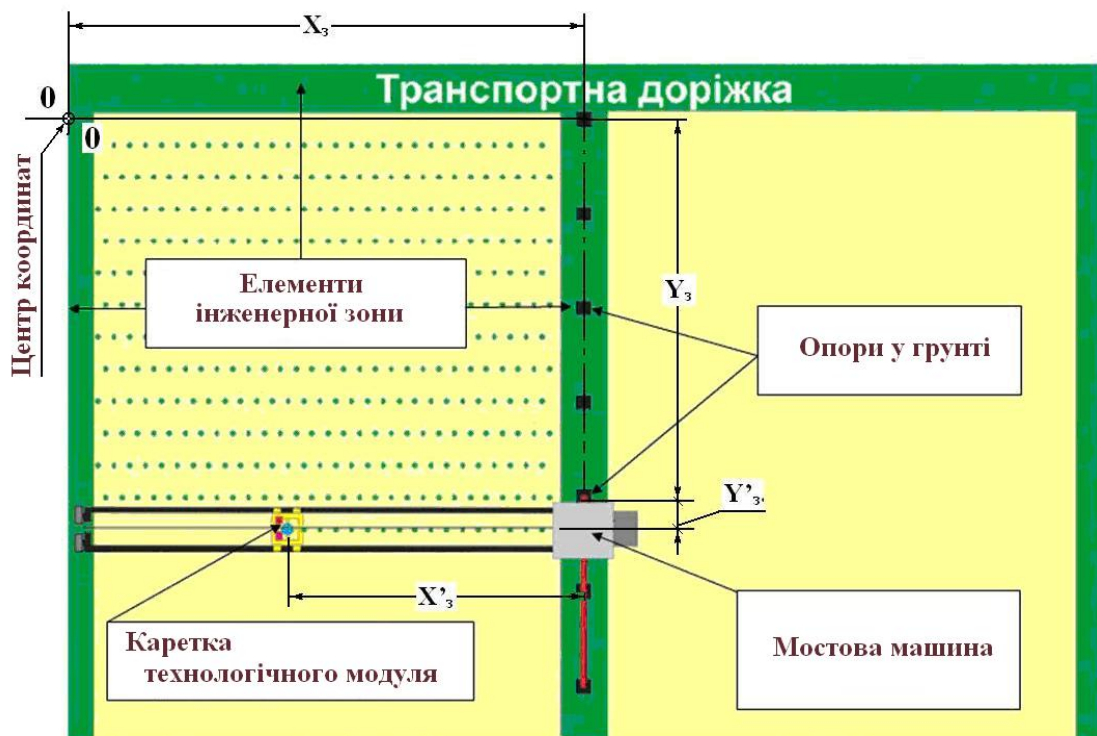


Рисунок 1.14 – Координація мостової машини в межах КТС

При цьому необхідно врахувати положення мостової машини відносно загінки (X_3) та координати поточної опори (Y_3), на якій знаходиться мостова машина.

$$X_{po} = X_3 + X'_3 \quad \text{та} \quad Y_{po} = Y_3 + Y'_3. \quad (1.1)$$

де Y'_3 – відстань осі ферми мостової машини відносно поточної опори;
 X'_3 – відстань від каретки до осі опор мостової машини.

Особливості впровадження мостового землеробства [16, 17]:

- поле повинно бути розділено на агротехнічну та технологічну зони та облаштоване координатно- транспортною системою.
- ходова частина мостової машини повинна рухатися по твердій поверхні;
- механізовані операції технологічного процесу вирощування овочевих культур бажано здійснювати в автоматичному режимі.

1.5 Висновки

1. Механічний вплив рушіїв енергетичних засобів призводить до переущільнення ґрунтів та зниження врожайності сільськогосподарських культур, зростають витрати палива на розущільнення ґрунтів.

2. Ущільнення ґрунтів можливо знизити використанням гусеничних рушіїв, використання здвоєних а іноді і строєних коліс, що забезпечує збільшення площі опорної поверхні а відповідно знижується тиск на ґрунт. Такі способи частково знижують тиск на ґрунт, але при цьому зростає механічна складова в зоні контакту при поворотах, що спричиняє перетирання часток ґрунту та вивітрювання його.

3. Найбільш ефективним способом вирішення проблеми ущільнення ґрунту являється рух ходових систем по постійним колям.

4. Використання КТС спрощує навігацію мостової машини з робочими органами відносно ділянок поля.

5. Завдяки використанню електроприводів стала можлива автоматизація основних технологічних операцій на вирощуванні сільськогосподарських культур з використанням мостових машин.

6. Враховуючи досвід набутий по даній тематиці науковцями кафедри ТСГМ в кваліфікаційній роботі буде досліджено питання підвищення механізації овочівництва шляхом впровадження мостового землеробства.

1.6 Мета і завдання досліджень

Метою роботи є підвищення ефективності механізації вирощування овочевих культур завдяки застосуванню мостової технології землеробства на виробничих ділянках.

Досягти дану мету можливо завдяки вирішенню таких задач:

- виконати аналіз шляхів зниження ущільнення родючого шару при вирощуванні овочів;
- провівши аналіз мостових машин обрати оптимальний варіант мостової машини на вирощуванні овочів;
- провести теоретичні дослідження опорних реакцій, які діють на остов мостової машини;
- провести теоретичні дослідження для встановлення оптимальних значень координатно-транспортної системи (КТС) та розмірів агромоста;
- за результатами експериментальних досліджень встановити вплив геометричних розмірів КТС та агромоста на ефективність землевикористання;
- оцінити економічну ефективність застосування мостових технологій на вирощуванні овочевих культур.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Теоретичні передумови актуальності впровадження мостової технології землеробства

Існує гіпотеза, що використання тягової концепції роботи машино-тракторних агрегатів де трактор слугує тягачем для переміщення начіпних і причіпних сільськогосподарських машин (рис. 2.1) немає подальшого вдосконалення в напрямку зменшення механічного впливу рушіїв на родючий шар ґрунту. Тобто на сьогодні дана технологія дійшла до максимальних своїх можливостей. Подальший її розвиток рухається в напрямку автоматизації виконання основних технологічних процесів появи все більших енергонасичених машин, що призводить до ще більшого механічного впливу на ґрунт.

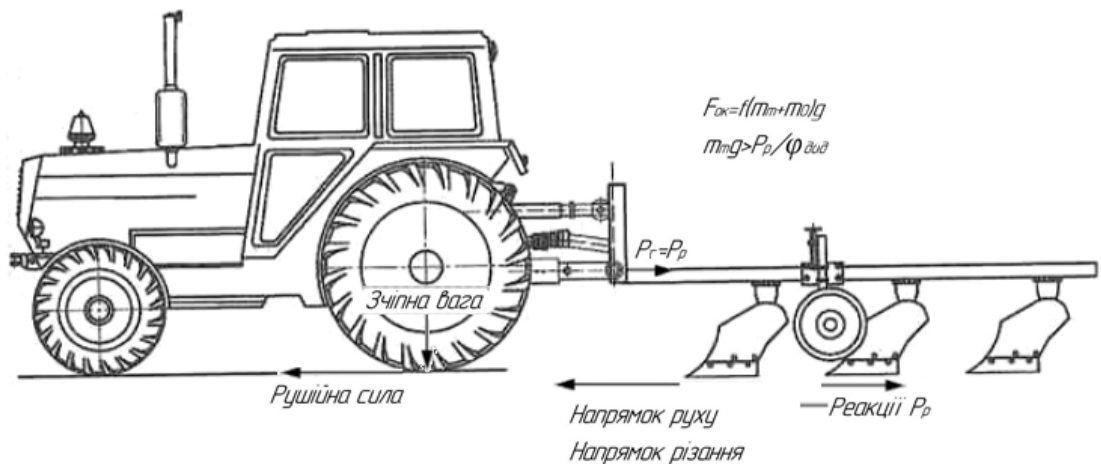


Рисунок 2.1 – Тягова концепція землеробства

Особливістю даної концепції є те, що тягове зусилля на тягачі реалізується тільки за умови відштовхування рушіїв від опорної поверхні (ґрунту).

$$P_T = \varphi_{дод} \cdot G_{зч} = \varphi_{дод} \cdot \lambda \cdot m_T \cdot g, \text{ Н} \quad (2.1)$$

де $\varphi_{дод}$ - коефіцієнт зчеплення, допустимий за умовою буксування;

$G_{зч}$ – значення зчіпної ваги трактора, Н;

λ – значення коефіцієнта навантаження на рушіїв;

m_T – маса трактору, кг;

g – прискорення вільного падіння м/с².

Значення максимального коефіцієнту зчеплення $\varphi_{\text{дод}}$ залежить від типу опорної поверхні (грунтів) і коливається від 0,52 до 0,88. Значення ж коефіцієнту λ , що враховує навантаження на рушій становить $\lambda = 1$ за умови повного приводу чи використання гусеничного рушія. За колісної формули тракторів 4x2 становить не більше $\lambda = 0,7$. Аналізуючи рівняння 2.1 найбільшим фактором, що впливає на тягові показники трактора є його зчіпна вага $G_{\text{зч}}$, що безпосередньо залежить від маси тягача (трактора).

Тоді для реалізації необхідного тягового зусилля повинна виконуватися умова:

$$m_T \geq P_T \cdot \varphi_{\text{дод}} \cdot \lambda \cdot g. \quad (2.2)$$

Виходячи з умови 2.2 значення ваги трактора повинно бути більшим за зусилля на гаку трактора це основна умова для забезпечення необхідних показників роботи МТА [18, 19] (додаток А). Загальний вплив на грунт причіпних та навісних сільськогосподарських машин в агрегаті з трактором визначимо за рівнянням:

$$G_a = (m_T + m_o) \cdot g, \text{ Н} \quad (2.3)$$

де m_o - маса сільськогосподарської машини, кг.

При переміщенні МТА по полю під час виконання технологічних операцій витрачається до 30 % енергії двигуна на формування колії та пробуксовування рушія, що являється вагомими не продуктивними витратами технології. Значення сили на перекочування трактора $F_{\text{ок}}$ визначимо за рівнянням

$$F_{\text{ок}} = f \cdot m_T \cdot g, \quad (2.4)$$

де f – коефіцієнт опору кочення, в залежності від агрофону $f = 0,07 \dots 0,15$

Враховуючи вираз 2.4 мінімальні витрати енергії можливі за умови руху колеса тільки по твердій опорній поверхні.

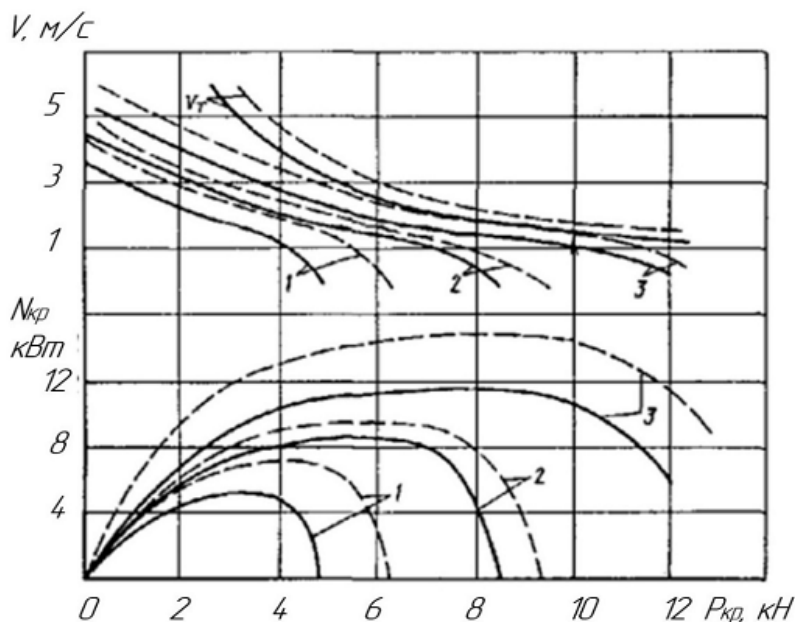
Значення буксування рушіїв тягача (трактора) визначимо, як різницю між теоретичною та дійсною швидкостями руху МТА .

$$\delta = (V_T - V_D) / V_T = 1 - V_D / V_T. \quad (2.5)$$

Значення тягового ККД трактора η_T визначимо за рівнянням:

$$\eta_T = \eta_{тр} (1 - \delta) / (1 + f / \lambda \cdot \varphi_{дод}) \quad (2.6)$$

Згідно проведених експериментальних досліджень встановлено, що буксування колісних тракторів за номінального тягового зусилля коливається від 12 до 30 %, гусеничних від 3 до 8 % в залежності від агрофону при цьому тяговий коефіцієнт знаходиться в межах від 0,55 до 0,77. Для прикладу на рисунку 2.2 представлено основні експлуатаційні показники трактора Т-25.



----- експериментальні дослідження; - - - теоретичні дослідження

1 – агрофон (поле під посів); 2 – стерня; 3 – асфальтоване шосе

Рисунок 2.2. Основні тягові показники трактора Т-25

Згідно отриманих результатів досліджень видно, що за умови руху МТА по полю підготовленому для посів втрачається найбільша частка потужності близько 30 відсотків на формування колії та перекочування, при русі по стерні показники покращуються, але все рівно становлять до 22 % .

Поява непродуктивних витрат енергії на різних опорних поверхнях агрофону в зв'язку з буксуванням рушіїв та ущільненням ґрунту призводить до перевитрати палива МТА на виконанні технологічних операцій, що знижує ефективність використання засобів механізації. Для вирішення даної проблеми необхідно впроваджувати нові технології землеробства в яких рух опорних рушіїв буде здійснюватися по напрямним коліям чи постійним доріжкам. Однією із перспективних таких технологій являється мостова технологія землеробства.

2.2 Обґрунтування вибору конструкції агромостової машини

Одним із ключових принципів мостової технології землеробства являється усунення недоліків тягової концепції. Аналізуючи інформацію з літературних та інформаційних наукових джерел відомі основні три конструктивні схеми мостових машин: двоопорна, двохконсольна та одноконсольна.

На рисункові 2.3 представлено схему найпростішого варіанту конструкції двох опорної мостової машини з переміщенням робочих інструментів вздовж ферми агромоста за допомогою каретки 4 [16]. По краям мостової ферми 3 встановлено два симетричні електричні приводи рушіїв агромоста 1. Використовуючи різні робочі інструменти виконується весь технологічний цикл механізованих робіт на вирощуванні сільськогосподарських культур . Каретка забезпечує точне переміщення робочих інструментів вздовж рядків чи міжрядь завдяки жорсткій прив'язці агромоста до координатно транспортної системи. До переваг такої конструкції можна віднести відсутність смуги для повороту мостової машини завдяки боковому зміщенню агромоста відносно загінок, що особливо актуально в умовах обмеженого простору наприклад використання

машин в закритому ґрунті. Основним недоліком конструкції є синхронізація руху рушіїв агромоста.

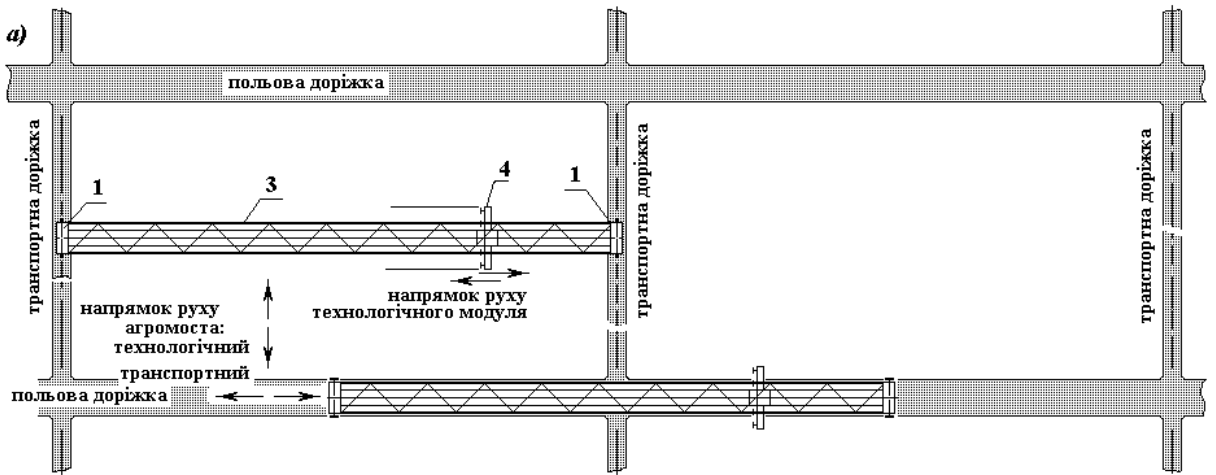


Рисунок 2.3 – Двохопорна мостова машина

Наступна конструкція, яка заслуговує на свою увагу завдяки своїй досконалості являється двохконсольна агромостова машина (рис. 2.4). На практиці двоконсольні машини використовуються для поливу, для обприскування рослин та в якості збиральних транспортерів «помічників», що встановлюються на базі універсально-просапних тракторів для збирання овочів.

Основною перевагою такої конструкції є розміщення ходової платформи з рушіями 1 в центральній частині агромоста. Для підтримки консолей 3 ферми агромоста використовуються візки 2. Переміщення робочих органів інструментів для посіву та догляду за рослинами здійснюється кареткою 4.

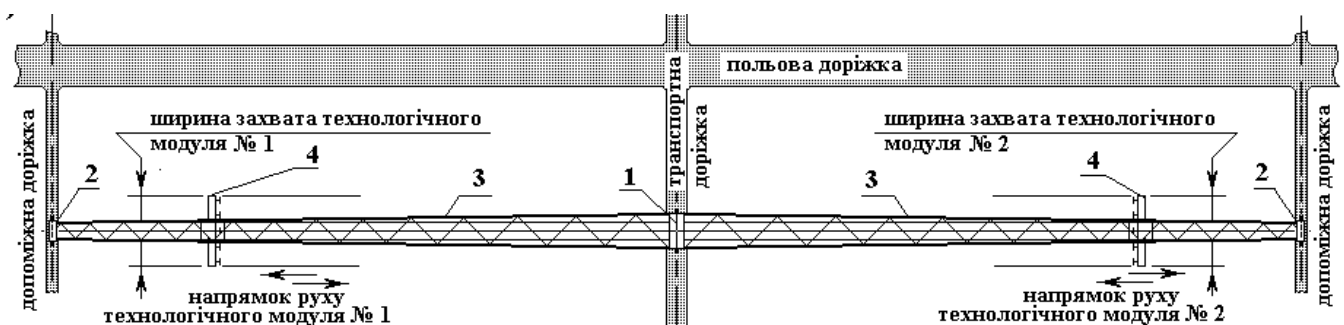


Рисунок 2.4 – Двохконсольна агромостова машина

Основним недоліком такої конструкції є зниження надійності системи. Так поломка одного з приводів кареток викликає зупинку всієї машини. Також залишається не вирішним питання з укладкою електрокабеля живлення машини.

І третім варіантом конструкції мостової машини є одноконсольний агроміст (рис. 2.5). Використання однієї консолі вирішує недоліки експлуатації мостових машин попередніх конструкцій. Баластування ферми 3 агромоста дозволяє зняти напруження з конструкції ферми при розташуванні каретки 4 з робочими інструментами на різних її ділянках. Балансування баластом 5 відбувається в автоматичному режимі в залежності від зміщення каретки 4 з робочими інструментами відносно ферми агромоста.

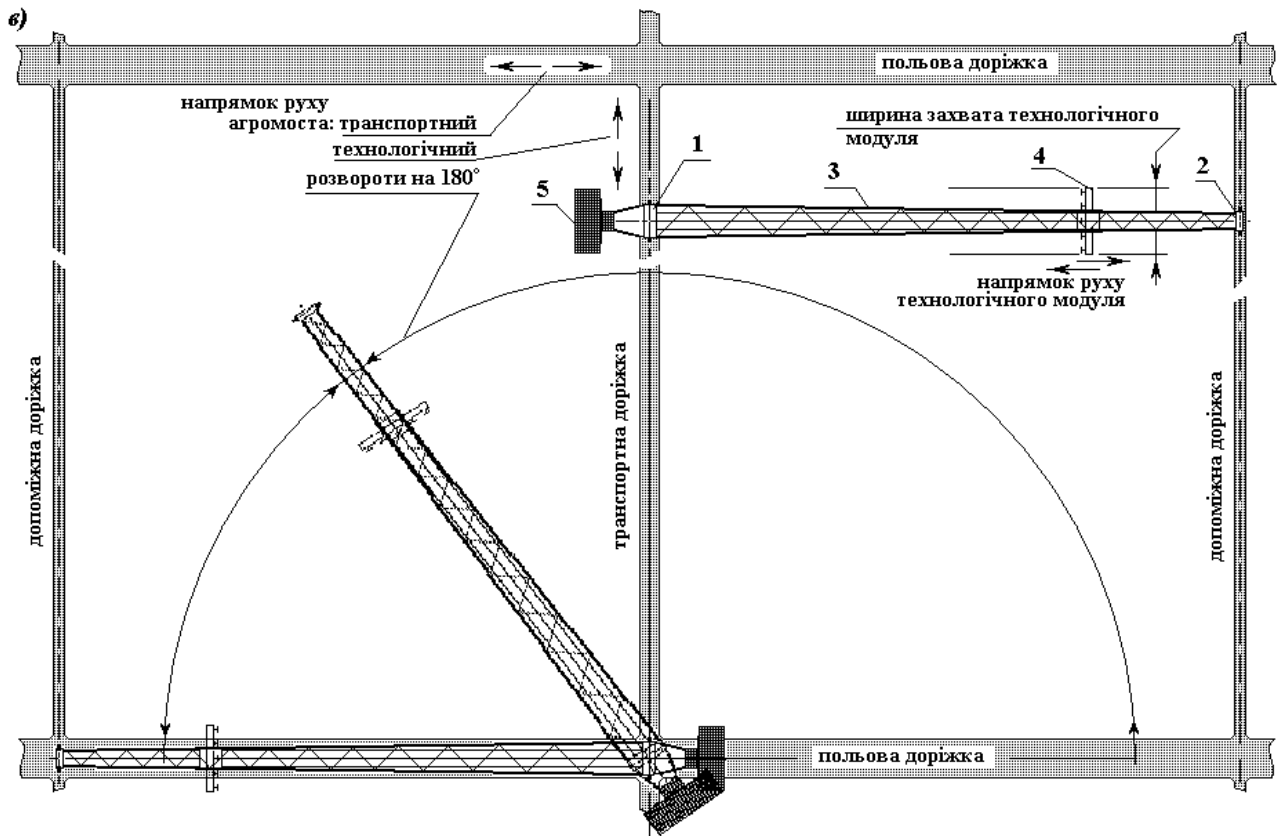


Рисунок 2.5 – Одноконсольна агромостова машина

Використовуючи одну транспортну доріжку одноконсольний агроміст дозволяє обробляти по черзі дві ділянки (загінки). Завдяки повороту консолі над рядками машина такого типу може виконувати технологічний процес на

ділянках з обмеженим простором наприклад в умовах закритого ґрунту. Використання однієї консолі значно спрощує процес укладання кабелю при переміщенні вздовж загінок.

Провівши аналіз конструктивних рішень мостових машин в якості прототипу обираємо одноконсольну просторово напружену мостову машину. Завдяки використанню одноконсольної конструкції ферми агромоста практично вдвічі знижуються витрати на матеріали, а відповідно і вартість машини. Схему розробленого одноконсольного агромоста наведено на рисунку 2.6.

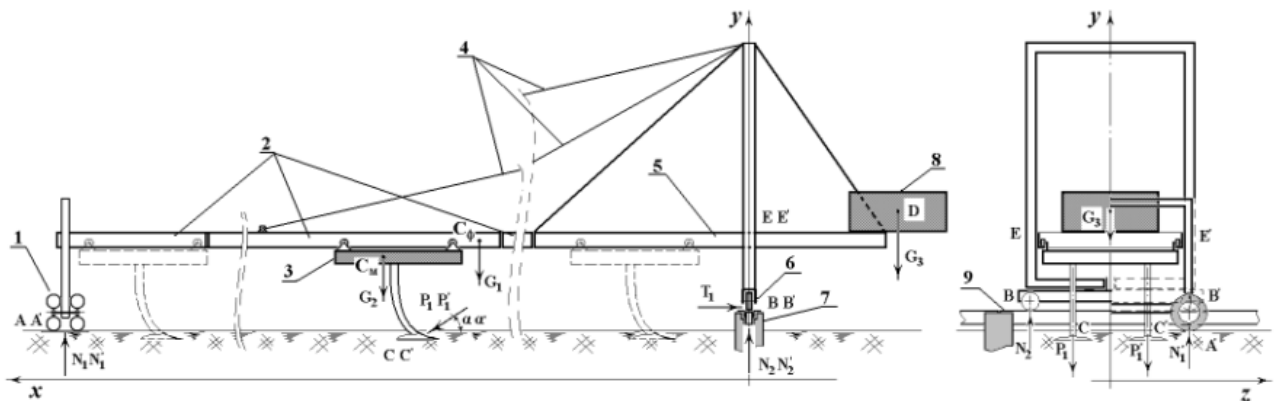


Рисунок 2.6 – Схема одноконсольного агромоста

- 1 – візок підтримки ферми; 2 – блоки ферми агромоста; 3 – платформа (каретка) з робочими інструментами; 4 – розпірні троси;
- 5 – остов ферми; 6 – привідна платформа; 7 – опорний стовпчик;
- 8 – вантаж баласту; 9 – напрямна колія

Особливістю технології являється залежність довжини рядків від значення довжини ферми агромоста, що пов'язано з напрямком рядків який збігається з напрямком розташування ферми. Відповідно що ферма, що рядки розташовуються в поперек загінок ділянки.

До основних частин ферми відноситься ферма що складається з остова 5 та блоків 2 розвантажених за допомогою розпірних тросів 4. Остов ферми закріплено на рухомій платформі 6, на яку діє вага рами G_1 , робочого інструменту G_2 і вага вантажа (баласту) G_3 . Не обхідно також врахувати силу P_1 та P_1' , що виникає при роботі робочих інструментів розміщених на платформі-

каретці 3. Протилежну частину ферми одноконсольного агромоста підтримує візок 1, на який частково припадає вага рами ферми G_1 . Завдяки баласту 8 в автоматичному режимі здійснюється його балансування відносно напрямних ферми розміщених протилежного боку консолі.

Привідна опорна платформа спирається на напрямну рейку 9 двома колесами B і B' . Остов ферми з платформою з'єднані через шарнір, який дозволяє виконувати технологічні повороти та коректування положення ферми відносно рядків або міжрядь в горизонтальній площині. З протилежного боку консоль підтримується за допомогою візка 1 з опорними колесами. A та A' . Відповідно між колесами і опорною частиною будуть виникати реакції N_2, N_2' і N_1, N_1' . Центр ваги ферми агромоста буде розташовано в точці з координатами $x_{Cф}, y_{Cф}$. Точка центра мас баласту D , відповідає координатам (x_D, y_D) . Значення точки центра мас каретки C_m з інструментом має змінний характер і описується координатами $x_{Cм}, y_{Cм}$.

В свою чергу навантаження, що створюють робочі органи інструментів позначимо як P_1 і P_1' , воно буде прикладене відповідно в точці C і C' під кутом α і α' .

Силу вітру, що діятиме на раму позначимо відповідно як P_w , вона залежатиме від напрямку та сили вітру.

2.3 Сили та реакції, що виникають при експлуатації одноконсольної мостової машини

Враховавши особливості роботи та конструктивну схему мостової машини розроблено розрахункову схему для аналізу сил та реакцій, що виникають при експлуатації одноконсольної мостової машини (рис. 2.7).

Сумарна сила G_1 , що враховує вагу привідної опорної платформи та підтримуючого візків, сила діє в точці $C_ф$ з координатами $x_{Cф}, y_{Cф}$ та $z_{Cф}$;

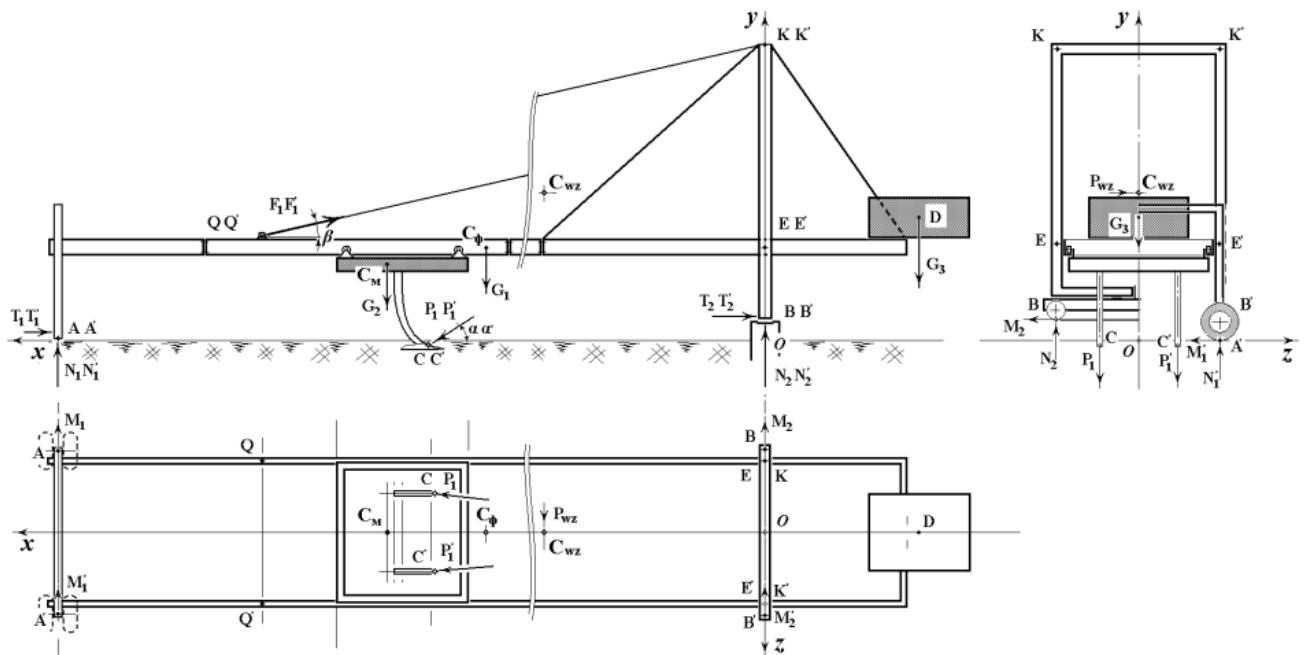


Рисунок 2.7 – Сили та реакції, що виникають при експлуатації одноконсольної мостової машини

Сумарна сила G_2 що враховує вагу платформи-каретки з робочими інструментами, сила діє в точці C_M що розташована за координатами x_{C_M} , y_{C_M} та z_{C_M} , координата x_{C_M} змінна і залежить положення платформи з робочим інструментами (вздовж осі x);

- Сила ваги баласту G_3 , діє в точці D з змінними координатами x_D , y_D та z_D ,
- Сили P_1 та P_1' що враховують взаємодію робочих органів інструментів з ґрунтом.

- Сили, що враховують інерцію мостової машини, платформи-каретки та баласту, на початку руху та гальмуванні P_{jz1} , P_{jz2} та P_{jz3} відносно осі z ;

- Інерційні сили P_{jx2} і P_{jx3} , дія яких відбувається по вісі x ;

- Сила вітру P_w , враховується тільки по осі z в інших площинах не актуальна. Силу вітру розглядаємо відносно центра парусності позначається як C_{wz} і розташовується за координатами x_{C_w} , y_{C_w} .

В результаті дії розглянутих сил в опорних точках виникають відповідні реакції:

- в точках A та A' відносно вертикальної вісі коліс візка підтримки ферми та ґрунту - реакції N_1 та N_1' ,

- в точках В і В', відносно вертикальної вісі коліс привідної платформи та рейки - реакції N_2 та N_2' ;

T_1 і T_1' , T_2 і T_2' - поздовжні складові реакцій відповідно між колесами привідної платформи та рейки і колесами візка підтримки ферми та рунтом.

M_1 та M_1' , M_2 та M_2' поперечні складові реакцій відповідно між колесами привідної платформи та рейки і колесами візка підтримки ферми та рунтом.

Виконаємо теоретичні дослідження силового аналізу в вертикальній площині за умови симетричності агромоста відносно вертикальної площини xOy [25 – 27]. За таких умов $P_1 = P_1', N_1 = N_1', N_2 = N_2', T_1 = T_1', T_2 = T_2'$, ухил поля і сили інерції, відсутні, парусність $P_w = 0$.

Тоді рівняння рівноваги агромостової машини отримає вигляд:

$$\sum X = 2 \cdot T_1 + 2 \cdot T_2 - 2 \cdot P_1 \cos \alpha = 0, \quad (2.7)$$

$$\sum Y = 2 \cdot N_1 + 2 \cdot N_2 - 2 \cdot P_1 \sin \alpha - G_1 - G_2 - G_3 = 0, \quad (2.8)$$

$$\sum MO = 2 \cdot N_1 \cdot x_A - G_2 \cdot x_{cm} + 2 \cdot P_1 \sin \alpha \cdot x_c + 2 \cdot P_1 \cos \alpha \cdot y_c - G_1 \cdot x_{cf} + G_3 \cdot x_D = 0, \quad (2.9)$$

де $P_1 \sin \alpha$ та $2 \cdot P_1 \cos \alpha$ – відповідно значення вертикальної та горизонтальної складової рівнодіючих сил взаємозв'язку робочих інструментів знарядь з шаром ґрунту;

x_c та y_c – значення координат прикладення загальної сили.

Значення реакцій на рушійх відносно вертикальної площини визначимо за рівняннями:

$$N_1 = (G_2 \cdot x_{cm} - 2 \cdot P_1 \sin \alpha \cdot x_c - 2 \cdot P_1 \cos \alpha \cdot y_c + G_1 \cdot x_{cf} - G_3 \cdot x_D) / (2 \cdot x_A) \quad (2.10)$$

$$N_2 = (2 \cdot P_1 \sin \alpha + G_1 + G_2 + G_3 - 2 \cdot N_1) / 2. \quad (2.11)$$

В зв'язку з незначними значенням бічних зусиль, які виникають при переміщенні платформи-каретки з робочим інструментом реакціями відносно вісі x міжопорними колесами візка підтримки та платформи можна також знехтувати. Ці можливо за умови відсутності вертикальних навантажень на підтримуючій частині завдяки використанню баласту:

$$T_1 = N_1 \cdot \varphi_b \approx 0, \quad (2.12)$$

де φ_b – коеф. бічного зчепл колеса з доріжкою, $\varphi_b \leq 1$.

$$\text{Тоді: } T_1 \leq N_1$$

Для підтримання рівноваги за допомогою баласту використовуємо рівняння для координати центра маси відносно горизонталі:

$$x_D = (G_1 \cdot x_{C\phi} + G_2 \cdot x_{Cm} - 2 \cdot P_1 \sin \alpha \cdot x_C - 2 \cdot P_1 \cos \alpha \cdot y_C - 2 \cdot N_1 \cdot x_A) / G_3, \quad (2.13)$$

де $N_1 \approx const$ – значення оптимального навантаження на візку підтримання ферми, Н.

В подальшому при проектуванні мостових машин отримані рівняння сил та реакцій дозволяють провести розрахунки на міцність основних складових конструкцій.

На наступному етапі виконаємо теоретичні дослідження силового аналізу в горизонтальній площині xOz

За умови, що ферма нерухома а платформа-картка переміщується на ферму будуть діяти сили, що будуть виникати при розгонах та зупинках платформи, та сили, що виникатимуть при контакті шару ґрунту з робочими інструментами розміщеними на платформі-каретці.

Значення сили розгону платформи визначимо за рівнянням:

$$F_p = -m_2 \cdot j_x = -G_2 \cdot j_x / g, \quad (2.14)$$

де F_p – сила опору розгону, Н;

m_2 та G_2 – маса, кг та вага каретки, Н ;

j_x - прискорення, платформи-каретки, м/с²;

Сила розгону F_p буде передаватися на опори платформи-каретки у вигляді реакцій.

Витрату енергії E_p для виконання розгону платформи-каретки визначимо за рівнянням:

$$E_p = m_2 \cdot (V_{mx})^2 / 2, \quad (2.15)$$

де V_{mx} – швидкість переміщення платформи-каретки, м/с.

За умови рівномірного руху платформи-каретки на неї передається сила P_1 і P_1' , взаємодії інструментів з шаром ґрунту. При цьому суму реакцій ΣF_{Tx} , які передаватимуться на опорну частину платформи визначимо за рівнянням:

$$\Sigma F_{Tx} = P_1 \cos \alpha + P_1' \cos \alpha'. \quad (2.16)$$

Значення реакцій що передаватимуться не тільки на опорну частину платформи а і на конструкцію ферми агромоста можна знизити за рахунок використання малореактивних робочих інструментів ґрунтообробних машин, які дозволяють компенсувати реакції між шаром ґрунту та робочими органами інструментів ґрунтообробних машин.

Рух платформи-каретки по напрямним ферми мостової машини зустрічає деякий опір на перекочування, але він більше стосується внутрішніх частин платформи і на опори ферми не передається.

Розглянемо варіант з переміщенням ферми агроплатформи машини при цьому платформа каретка з робочими інструментами буде знаходитися в транспортному положенні.

За таких умов відносно вісі з виникають сили розгону та гальмування всієї конструкції мостової машини. Також при переміщенні конструкції на опорні колеса платформи та візка підтримки діятимуть сили опору перекочування, які долає машина завдяки дотичній силі на ведучих колесах платформи та візка підтримки.

За результатами отриманих реакцій на опорних колесах мостової машини можна переходити до виконання розрахунків міцності, стійкості та ін., конструкції мостової машини використавши загально-прийняті методики [24-27].

2.4 Теоретичне дослідження параметрів мостової машини та КТС

Особливістю мостового землеробства являється поділ поля на інженерну та агротехнічну зони шляхом побудови координато-транспортної системи КТС. Такий підхід дозволяє чітко координувати мостову машину та усунути вплив її рушіїв на родючий шар ґрунту де здійснюється вирощування с.г. культур. Всі комунікації логістичні доріжки для руху транспорту розміщуємо в інженерній зоні площу якої визначимо за загальноприйнятою методикою [24]. За умови побудови КТС на полі правильної конфігурації площу агротехнічної зони визначимо за рівнянням:

$$F_a = F_p - F_i, \text{ га} \quad (2.17)$$

де F_p – загальна площа поля, га;

F_i – площа інженерної зони, га.

За умови облаштування КТС на полі неправильної конфігурації частину площі буде втрачено в зв'язку природними та геологічними факторами. Площу поля неправильної конфігурації визначимо за рівнянням:

$$F_{\text{пн}} = F_a + F_k + F_i, \text{ га} \quad (2.18)$$

де $F_{\text{пн}}$ – загальна площа земельного наділу (ділянки), га;

F_a – площа агротехнічної зони, га;

F_i – площа агротехнологічної зони, га;

F_k – площа недоступної земельної ділянки, га.

Знизити рівень не використаних земельних ділянок можливо шляхом використання мостових машин малої прогінної частини.

В загальному випадку площу ділянок F_n прямокутної форми згідно КТС визначимо за рівнянням:

$$F_{\text{п}} = F_a + F_i = F - F_k, \text{ га} \quad (2.19)$$

Врахувавши рівняння 2.18 та 2.19 визначимо коефіцієнту облаштування поля w_F за формулою:

$$w_F = \frac{F_a}{F_n} = \frac{(F_n - F_i)}{F_n} = 1 - \frac{F_i}{F_n} = 1 - w_i, \quad (2.20)$$

де $w_i = F_i/F_{\text{п}}$ – відносна втрата площі під інженерну зону;

Значення коефіцієнта конфігурації ділянки визначимо за рівнянням:

$$q_F = \frac{F_n}{F_{\text{пн}}} = \frac{(F_{\text{пн}} - F_k)}{F_{\text{пн}}} = \frac{1 - F_k}{F_{\text{пн}}} = 1 - q_k \quad (2.21)$$

де $q_k = F_k/F_{\text{пн}}$ – значення коефіцієнта відносної втрати площі поля.

Значення коефіцієнта землевикористання k_F розрахуємо за рівнянням:

$$k_F = \frac{F_a}{F_{ни}} = w_F \cdot q_F = (1 - w_i)(1 - q_k), \quad (2.22)$$

Як ми бачимо з отриманих рівнянь на підвищення ефективності землевикористання впливатимуть такі фактори, як довжина ферми мостової машини, площа інженерних доріжок та площа втрат, що пов'язана з неправильною конфігурацією полів. Тому в подальшому основною задачею розрахунків являється визначення оптимального значення довжини ферми мостової машини та площі інженерної зони. Для цього виконаємо аналіз конфігурації різно типу полів з впровадженням на них КСТ (рис. 2.8) (додаток Б).

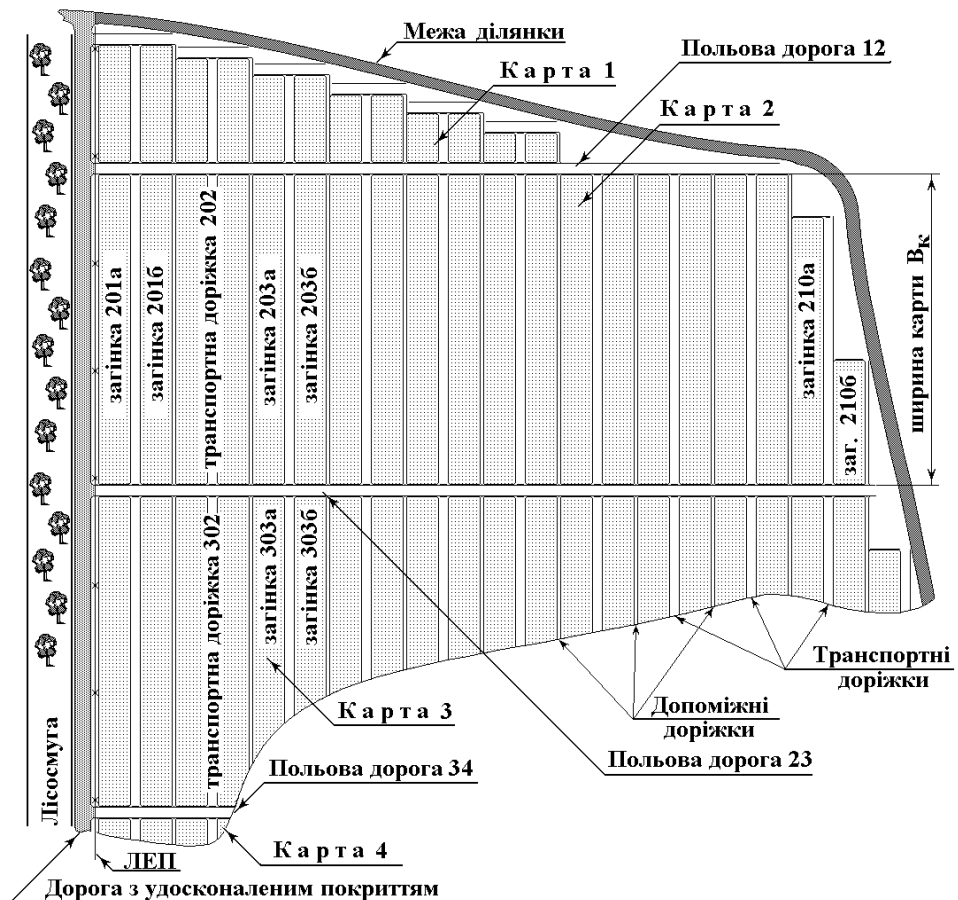
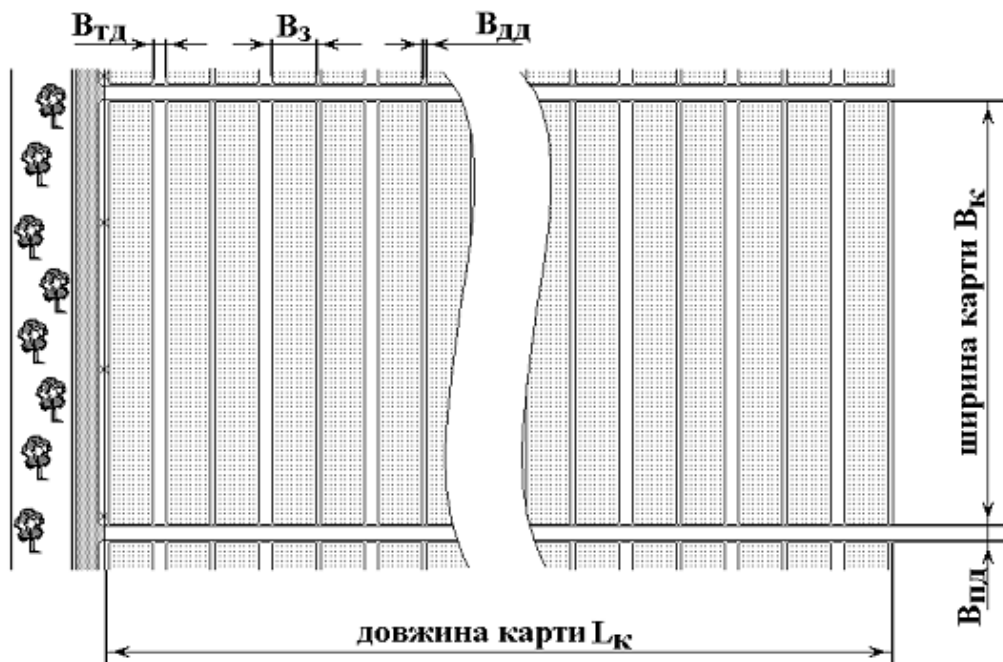


Рисунок 2.8 – Загальний вигляд поля з КСТ

Побудова КТС відбувається відносно розташування під'їзної дороги до поля з урахування розташування основних комунікацій. Довжину ділянки поля на схемі позначаємо, як L_d , а ширину відповідно B_d .

Використовуючи польові дороги розділимо поле ділиться за допомогою польових доріг на частини, що мають назву карти, довжина такої карти позначається, як L_k , а відповідно ширина B_k . В свою чергу карти ділимо на загінки з довжиною $L_z = B_k$ і шириною B_z , що дорівнює довжині прогінної частини мостової машини B_m . Для точної ідентифікації кожна карта має відповідний порядковий номер (рис. 2.8).

З метою підвищення ефективності землекористання виконаємо теоретичні дослідження впливу розмірів агромостової машини та технологічних і допоміжних доріжок на коефіцієнт облаштування поля w_F та коефіцієнт відносної втрати корисної площі w_i (рис. 2.9).



B_k – ширина карти; L_k – довжина карти; $B_{мд}$ – ширина польової доріжки;
 $B_{тд}$ – ширина транспортної доріжки; $B_{од}$ – ширина допоміжної доріжки;
 B_z – ширина загінки.

Рисунок 2.9 – Основні параметри КТС

Завдяки парній кількості заїнок на карті вирішується питання з усуненням холостих переїздів машини. Так на дві заїнки приходить одна транспортна та дві допоміжні доріжки. Значення кількості парних заїнок на одній карті визначимо за умовою:

$$n_{32} \leq \frac{(L_{\kappa} - B_{\text{од}})}{[2 \cdot B_3 + (B_{\text{мод}} + B_{\text{од}})]} \quad (2.23)$$

Значення розрахункової довжини карти L_{κ} визначимо за формулою:

$$L_{\kappa} = [2 \cdot B_3 + (B_{\text{мод}} + B_{\text{од}})] \cdot n_{32} + B_{\text{од}}. \quad (2.24)$$

За умови перевищення теоретичної довжини L_{κ} довжини фактичної поля відбувається втрата корисної частини поля в зв'язку з складністю його конфігурації.

Значення відносної втрати площі однієї карти визначимо за рівнянням:

$$w_{i1} = \frac{B_{\kappa} \cdot [(B_{\text{мод}} + B_{\text{од}}) \cdot n_{32} + B_{\text{од}}] + B_{\text{нод}} \cdot L_{\kappa}}{(B_{\kappa} \cdot L_{\kappa})} \quad (2.25)$$

Враховавши що $k_{\text{нод}} = \frac{B_{\text{нод}}}{B_{\kappa}}$ вираз (2.25) отримає вигляд:

$$w_{i1} = \frac{B_{\kappa} \cdot [(B_{\text{мод}} + B_{\text{од}}) \cdot n_{32} + B_{\text{од}}]}{(B_{\kappa} \cdot L_{\kappa}) + k_{\text{нод}}}. \quad (2.26)$$

Підставимо в вираз 2.26 значення рівняння (2.25) отримаємо кінцевий вигляд рівняння визначення відносної втрати площі:

$$w_{i1} = \left\{ 1 + B_{\text{од}} / [(B_{\text{мод}} + B_{\text{од}}) \cdot n_{32}] \right\} / \left\{ [2 \cdot B_3 / (B_{\text{мод}} + B_{\text{од}}) + 1] + B_{\text{од}} / [(B_{\text{мод}} + B_{\text{од}}) \cdot n_{32}] \right\} + k_{\text{нод}}. \quad (2.27)$$

Виконаємо математичні перетворення:

$$k_d = \frac{B_{\text{од}}}{(B_{\text{мод}} + B_{\text{од}}) \cdot n_{32}} \quad (2.28)$$

тоді:

$$w_i \approx \frac{(1 + k_d)}{\left[\frac{2 \cdot B_s}{(B_{m0} + B_{o0})} + 1 \right] + k_{n0}} = \frac{(1 + k_d)(B_{m0} + B_{o0})}{(2 \cdot B_s + B_{m0} + B_{o0}) + k_{n0}}, \quad (2.29)$$

Значення коефіцієнта облаштування поля для однієї карти w_{F1} визначимо за рівністю:

$$w_{F1} = 1 - w_{i1} = \frac{1 - (1 + k_d)(B_{m0} + B_{o0})}{(2 \cdot B_s + B_{m0} + B_{o0}) - k_{n0}}. \quad (2.30)$$

Значення загального коефіцієнту облаштування з урахуванням всіх карт різних розмірів на полі визначимо за рівнянням:

$$w_F = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i \cdot w_{Fi})}{\sum_{i=1}^n F_i}, \quad (2.31)$$

де F_i та w_{Fi} – площа та коефіцієнт облаштування i – тої карти поля.

Значення втраченої площі визначимо за рівнянням:

$$F_\kappa = S_1 \cdot n_{s1} + S_2 \cdot n_{s2} + S_3 \cdot n_{s3} + S_4 \cdot n_{s4}, \quad (2.32)$$

де $S_1 \dots S_4$ – значення середніх величин площ, що недоступні для обробітку, m^2 ;

$n_{s1} \dots n_{s4}$ – загальна кількість недоступних ділянок 1...4.

Значення відносних втрат площі через складну конфігурацію поля визначимо за рівнянням:

$$q_\kappa = F_\kappa / F_{nn} = (S_1 \cdot n_{s1} + S_2 \cdot n_{s2} + S_3 \cdot n_{s3} + S_4 \cdot n_{s4}) / F_{nn} \quad (2.33)$$

Значення коефіцієнта конфігурації ділянки визначимо за рівнянням:

$$q_F = 1 - q_\kappa = 1 - (S_1 \cdot n_{s1} + S_2 \cdot n_{s2} + S_3 \cdot n_{s3} + S_4 \cdot n_{s4}) / F_{nn}. \quad (2.34)$$

Використавши отримані теоретичні положення виконаємо розрахунок впливу розмірів загінок поля на розміри мостової машини прийнявши наступні умови: площа поля для вирощування овочів – 20 га, форма загінок – прямокутна,

Визначимо довжину прогінної частини агромоста з урахуванням співвідношення $L_{\partial}/B_{\partial}$ та коефіцієнта землевикористання з врахуванням розміщення парної кількості загінок на ширині ділянки. Результати теоретичних досліджень наведено в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Результати теоретичних досліджень коефіцієнта землевикористання при впровадженні мостового землеробства

Площа поля, га	відношення $L_{\partial}/B_{\partial}$							
	1		2		3		6	
	ширина загінки та довжина прольоту агромоста, м							
	Вд	Вмах	Вд	Вмах	Вд	Вмах	Вд	Вмах
0,250	51	22,8	33,4	15,18	26,87	11,93	18,41	7,71
0,50	71,2	32,7	51,2	22,50	38,82	17,91	25,87	11,93
0,750	85,5	41,6	60,2	27,12	48,1	22,50	34,36	15,18
1,0	102	47,8	69,6	31,86	56,4	24,37	41,82	17,91
1,50	123	57,6	84,3	40,80	68,1	29,86	52,05	21,50
2,0	140,3	67,3	100	46,50	79,5	36,32	55,74	25,37
3,0	172,01	84,2	119,32	57,74	101,1	45,50	67,71	31,86
4,0	204	97,52	140,1	67,21	113,5	53,24	79,65	37,32
Площа поля, га	Коеф. облаштування поля за $B_z = B_{max}$, $B_{m\partial} = 2,2$ м, $B_{\partial\partial} = 0,45$ м та $B_{n\partial} = 2,6$ м							
	Коеф. облаштування поля за $14 < B_z < 26$ м, $B_{m\partial} = 2,2$ м, $B_{\partial\partial} = 0,45$ м та $B_{n\partial} = 2,6$ м							
0,250	0,5930		0,57		0,55		0,54	-
0,50	0,623	0,68	0,66		0,63		0,61	
0,750	0,827	0,809	0,8016	0,79	0,78		0,72	
1,0	0,935	0,89	0,8906	0,85	0,87	0,85	0,85	
1,50	0,945	0,901	0,9214	0,88	0,90	0,915	0,88	
2,0	0,964	0,93	0,9479	0,91	0,91	0,91	0,93	0,885
3,0	0,97	0,94	0,9555	0,93	0,942	0,92	0,948	0,908
4,0	0,98	0,95	0,9601	0,935	0,95	0,90	0,95	0,91

На рисунку 2.10 та 2.11 відповідно наведено залежності довжини прогінної частини агромостової машини від площі поля та коефіцієнту землевикористання від довжини прогінної частини агромостової машини.

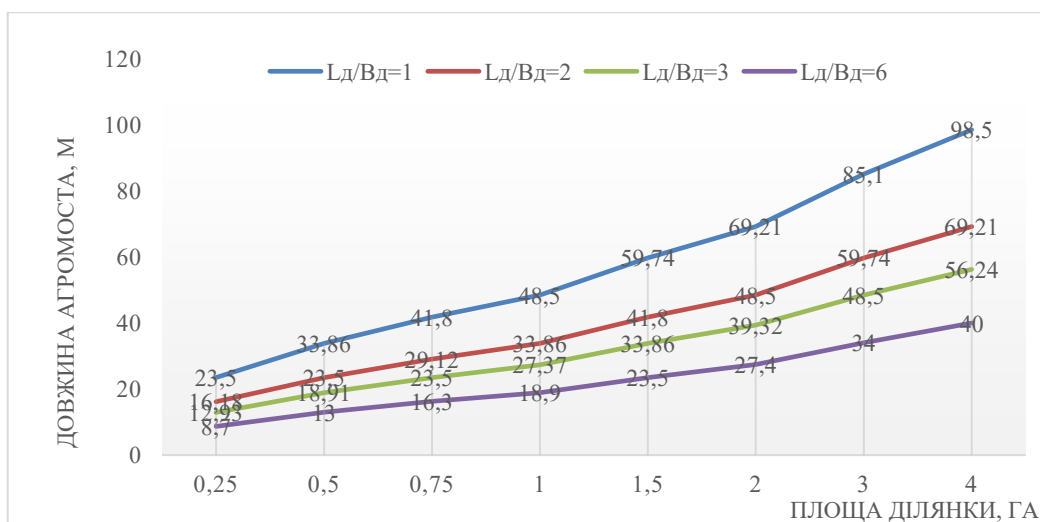


Рисунок 2.10 – Результати теоретичних досліджень довжини прогінної частини агромостової машини від площі поля

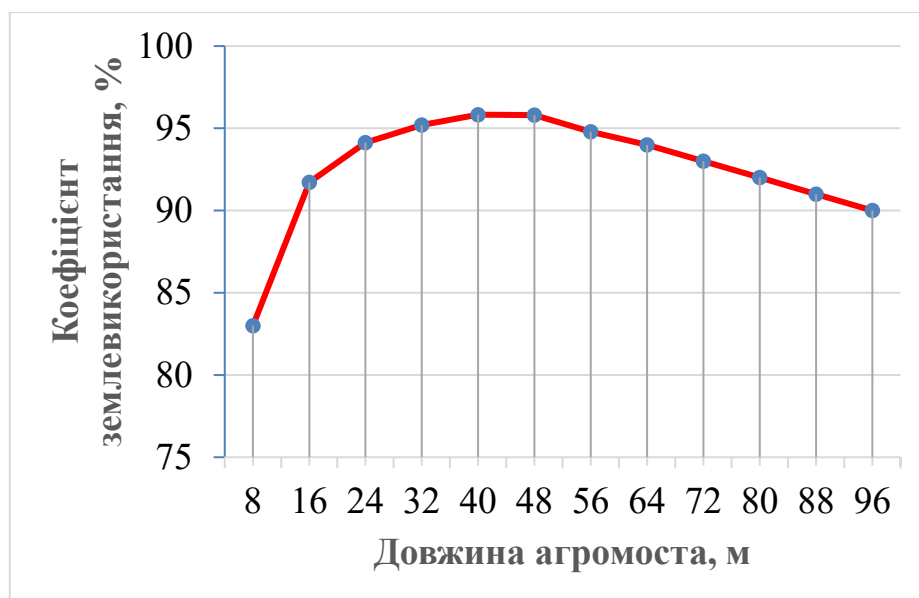


Рисунок 2.11 – Вплив довжини прогінної частини мостової машина на ефективність використання площі поля

Провівши аналіз отриманих результатів досліджень встановлено що при зменшенні площі ділянок до 0,25 га різко зменшується ефективність землевикористання, так значення коефіцієнта землевикористання становило менше 0,9. Найгірші показники спостерігаються за прямокутної форми ділянки. Дещо ліпші значення коефіцієнта за площі в 0,5 га, але все рівно значення показників ефективності використання землі знаходиться на низькому

рівні. Тому доцільно впроваджувати мостове землеробство з розробкою КТС на площі ділянки не менше одного гектару.

Враховавши оптимальні показники коефіцієнта конфігурації поля визначимо оптимальну довжину прогінної частини мостової машини за формулою:

$$B_m \approx q_k \cdot (L_{cp}) \cdot (tg\alpha) \quad (2.35)$$

Для прикладу розглянемо ділянку з довжиною загінки $L_{cp} = 400$ м, середнім кутом $\alpha = 55^\circ$ для обох сторін за коефіцієнту конфігурації $qF \leq 0,96$ ($q_k = 0,04$).

Тоді:

$$B_m = 0,04 \cdot 400 \cdot 1,42 = 22,8 \text{ м}$$

Отже в результаті проведеного розрахунку для ділянки поля площею 20 га і довжиною гонів 400м отримано оптимальне значення довжини прогінної частини агромоста, яке склало 22,8м.

2.5 Висновки

1. На сьогодні тегова концепція МТА дійшла до максимальних своїх можливостей. Подальший її розвиток рухається в напрямку автоматизації виконання основних технологічних процесів появи все більших енергонасичених машин, що призводить до ще більшого механічного впливу на ґрунт. Тому використання мостових машин, що рухаються по постійним коліям дозволить вирішити проблеми які створюють ходові системи енергонасичених машин та дозволить реалізувати підвищення тягового ККД в системі тягач+знаряддя.

2. Виконавши аналіз існуючих конструктивних рішень агромостів в якості прототипу обрану схему одноконсольного агромоста. Розглянуто всі сили та реакції що діють на мостову машину.

3. Обґрунтовано залежність ефективності землевикористання від довжини прогінної частини агромоста та розмірів поля.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Програма експериментальних досліджень

За результатами теоретичних досліджень визначено граничні значення основних показників КТС від яких залежить коефіцієнт ефективного використання ділянки поля. Для встановлення їх бажаних значень необхідно провести експериментальні дослідження згідно попередньо розробленої програми [28, 29].

Програма експериментальних досліджень:

- розробка багатосекційного агромота для виконання досліджень КТС;
- розробка методики та проведення експериментальних досліджень ущільнення ґрунту за базової та мостової технології землеробства;
- розробка плану багатофакторного експерименту та проведення досліджень впливу основних факторів КТС на коефіцієнт землевикористання;

3.2 Розробка прототипу агромота для виконання досліджень КТС

Координатно-транспортна система з розміщеним на ній агромотом являються основним об'єктом досліджень кваліфікаційної роботи. Тому для виконання досліджень нами розроблено конструкцію багатосекційного агромота (рис. 3.1) з можливістю збільшення довжини його прогінної частини від 7 м до 28 м, з кроком 7 м. Мостову технологію землеробства буде впроваджено на експериментальній ділянці з вирощування овочів загальною площею 20 га.

Для розробки експериментальної конструкції агромота враховано напрацювання науковців кафедри ТСГМ по даній тематиці. В якості прототипу взято одноконсольний агроміст остов, якого шарнірно з'єднаний з опорною ведучою платформою 4 з рушієм крокуючого типу 1, протилежна частина ферми агромота спирається на опорний ведений візок 6, Ведуча ходова частина

агромоста обладнана металевими твердими колесами 2 що рухаються по рейкам 3. Ведена частина обладнана пневматичними колесами 5 з електроприводом, що рухаються по технологічній доріжці.

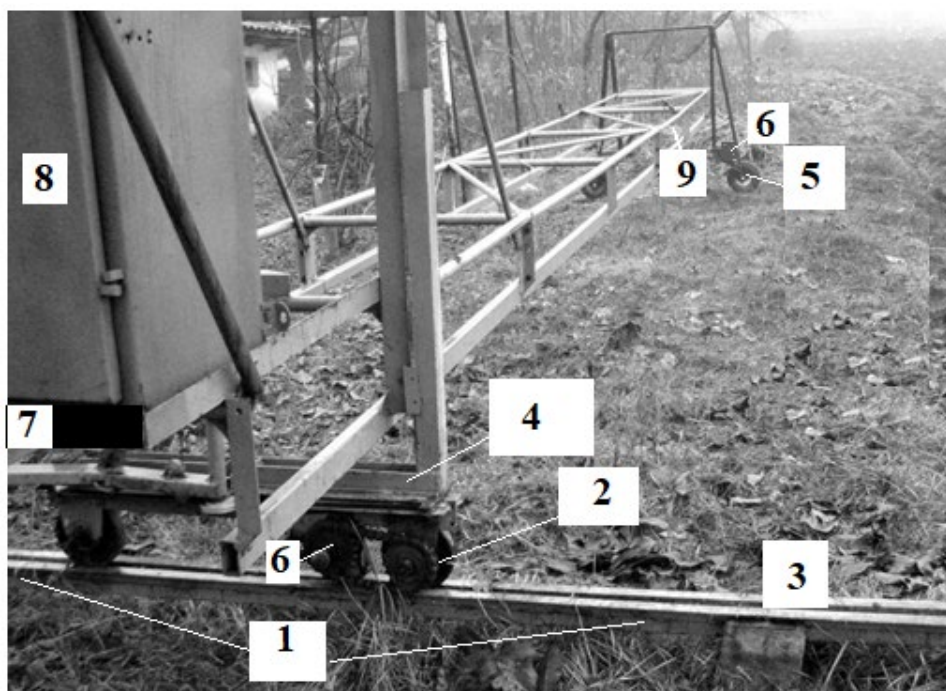


Рисунок 3.1 – Загальний вигляд експериментальної мостової машини

1 – рушій крокуючого типу; 2 – ведучі колеса; 3 – рейка;
4 – ведуча опорна платформа; 5 – пневматичні ведені колеса; 6 – опорний ведений візок; 7 – противага; 8 – шафа керування, 9 – платформа (каретка)

Завдяки використанню противаги 7 відбувається перерозподілу навантаження з несівної частини агромоста на опорну платформу та виліт противаги. В якості приводу використано електропередачу з використанням черв'ячних редукторів (електродвигун потужністю 700 Вт). Все керування агромостом здійснюється блоком керування розміщеним в шафі 8. Навісне обладнання встановлюється на платформу 9 та переміщується з використання лебідково-тросового привода платформи.

Рушій крокуючого типу (рис. 3.2), перекладає по черзі рейки 2 на опорні стовпи 1 по черзі доки агроміст виконує технологічний процес і спирається на одну з рейок інша за допомогою руки-маніпулятора 4 перекладається на наступні опори.

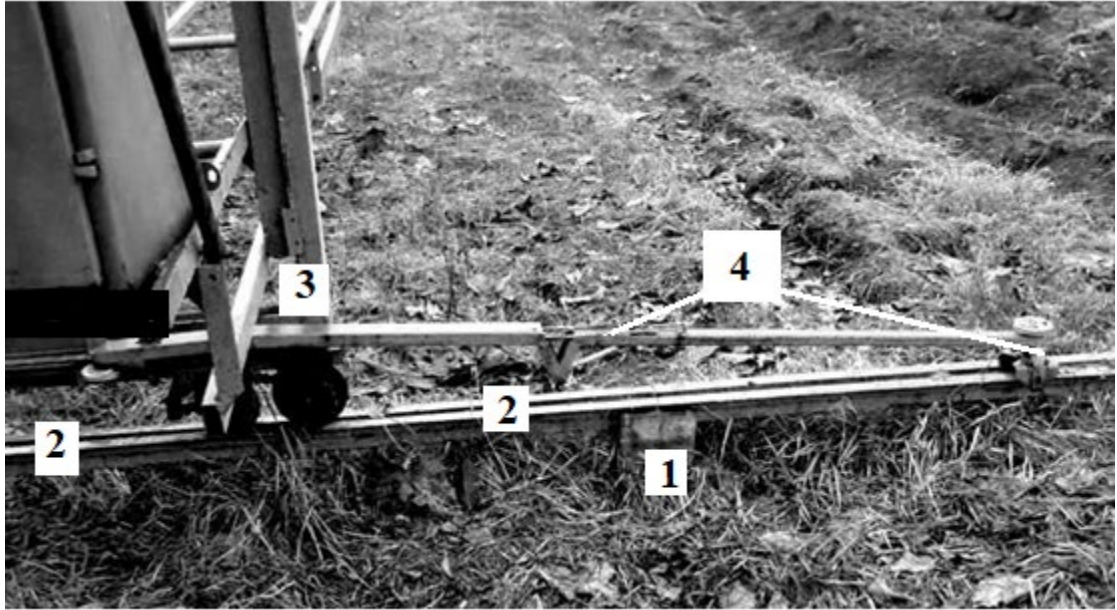
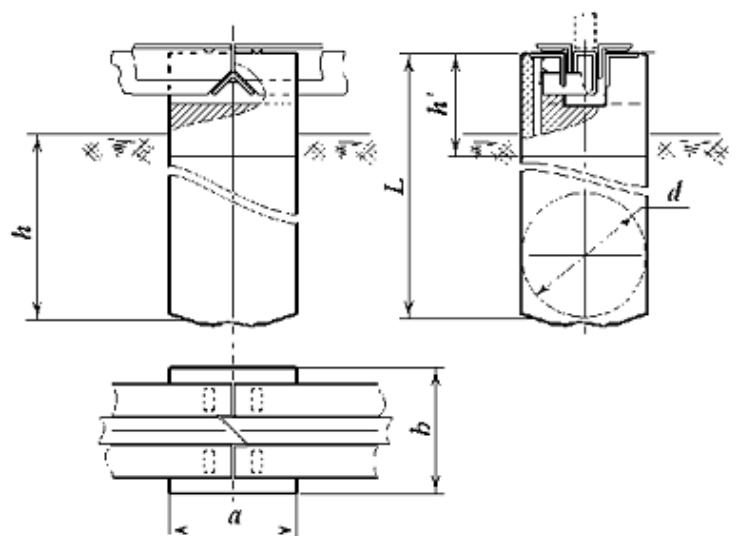


Рисунок 3.2 – Рушій крокуючого типу агромоста

1 – опорні стовпи; 2 – рейка; 3 – ведуча платформа; 4 – рука-маніпулятор

На рисункові 3.3 представлено процес встановлення опорних стовпів що забезпечують точну прив'язку агромоста до ділянки поля.



h – глибина закладання стовпа; a – довжина стовпа; b – ширина стовпа

Рисунок 3.3. Опорні стовпчики КТС

3.3 Експериментальне дослідження щільності ґрунту за різних технологій землеробства

Негативні наслідки впливу ходової частини енергетичних засобів на родючий шар ґрунту оцінимо за зміною ущільнення ґрунту при використанні існуючої базової технології землеробства та з використанням мостових машин, що рухаються по постійним коліям.. Економічна оцінка порівняння двох технологій детально буде проведена в п'ятому розділі.

Оцінку ущільнення ґрунту виконаємо за допомогою щільноміра Лан-М (рис. 3.4, а) після завершення технологічного процесу вирощування овочевих культур [30]. Прилад дозволяє провести дослідження зміни щільності ґрунту в залежності від глибини. Інформація досліджень в реальному часі відображається на моніторі (рис. 3.4, б) та автоматично зберігається в пам'яті пристрою з можливістю передачі її на зовнішні носії (рис. 3.4, в). Пенетрометр дозволяє за отриманими даними досліджень побудувати графічні залежності щільності ґрунту від глибини (рис. 3.4, г) .

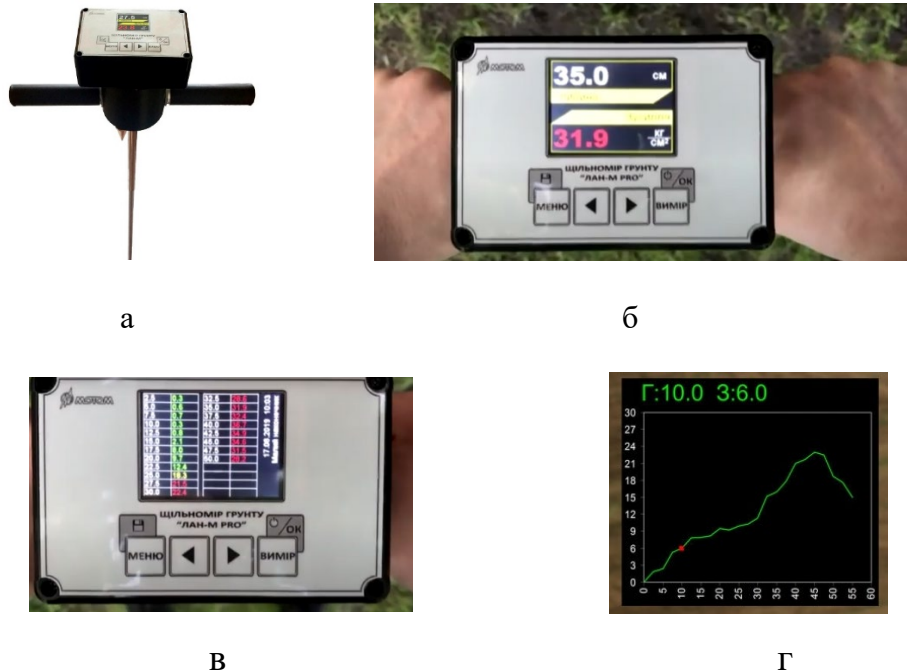


Рисунок 3.4 – Дослідження щільності ґрунту з використанням пенетрометра Лан-М [30]: а – загальний вигляд приладу Лан-М; б – значення щільності в реальному часі; в – результати досліджень; г – графічна залежність щільності

Для визначення щільності ґрунту за різних технологій вирощування овочевих культур розробимо методику експериментальних досліджень з використанням пенетрометра ЛАН-М.

Мета дослідження – визначити щільність ґрунту на різних глибинах за допомогою щільноміра ЛАН-М, що дозволить оцінити вплив від застосування двох різних технологій базової та мостової на фізичні властивості ґрунту та продуктивність вирощування овочевих культур.

Для виконання досліджень необхідні прилади:

- щільномір ґрунту ЛАН-М;
- мірна стрічка;
- маркери або прапорці для позначення точок вимірювання;
- блокнот або електронний пристрій для фіксації результатів.

Перед початком досліджень накреслити ділянку з нанесеними точками на ній для виконання вимірювань з кроком вимірювань 10 м по прямій лінії. Виконати перевірку робочого стану щільноміра ЛАН-М за потреби провести його калібрування відповідно до інструкції виробника. Встановити в залежності від твердості ґрунту один із двох наконечників діаметром 1,27 см для твердих ґрунтів або 1,91 см для м'яких ґрунтів. Нижче в таблиці 3.1 приведено шкалу вимірювання приладу ЛАН-М:

Таблиця 3.1 Шкала вимірювання приладу ЛАН-М

Діапазон	Щільність ґрунту	Кольорова шкала	Умови для росту
1	0-15 кг / см ²	зелений	сприятливі
2	15-22 кг / см ²	жовтий	задовільні
3	> 22 кг / см ²	червоний	незадовільні (плужна підшва).

Вимірювання виконуємо поступовим зануренням щільноміра в ґрунт за потреби фіксуємо значення щільності на певних глибинах (наприклад, 10 см, 20 см, 30 см тощо), взагалі прилад автоматично зберігає показання щільності через кожні 2,5 см. Звуковим сигналом прилад інформує про проходження плужної підшви. Процедура повторюється для кожної дослідної точки. За отриманими даними виконується аналіз та будуються графічні залежності.

В нашому випадку дослідження виконуємо на площі 20 га після завершення вирощування овочів. Результати досліджень щільності ґрунту наведено на рисунку (рис. 3.5) та в таблиці 3.2.

Таблиця 3.2 – Результати дослідження щільності ґрунту за різних технологій землеробства

Глибина, см	Значення щільності ґрунту, кг/см ²	
	Базова	Мостова
2,5	0,3	0,3
5	0,6	0,5
7,5	0,7	0,6
10	0,3	0,62
12,5	0,8	0,63
15	2,1	1,72
17,5	8	6
20	9,8	6,8
22,5	12,7	7,2
25	18,9	7,7
27,5	22	8
30	22,5	8,2
32,5	28,7	8,5
35	31	8,7
37,5	32,5	9
40	36,5	9,2
42,5	34,4	9
45	34	8
47,5	30	7,7
50	27,2	5

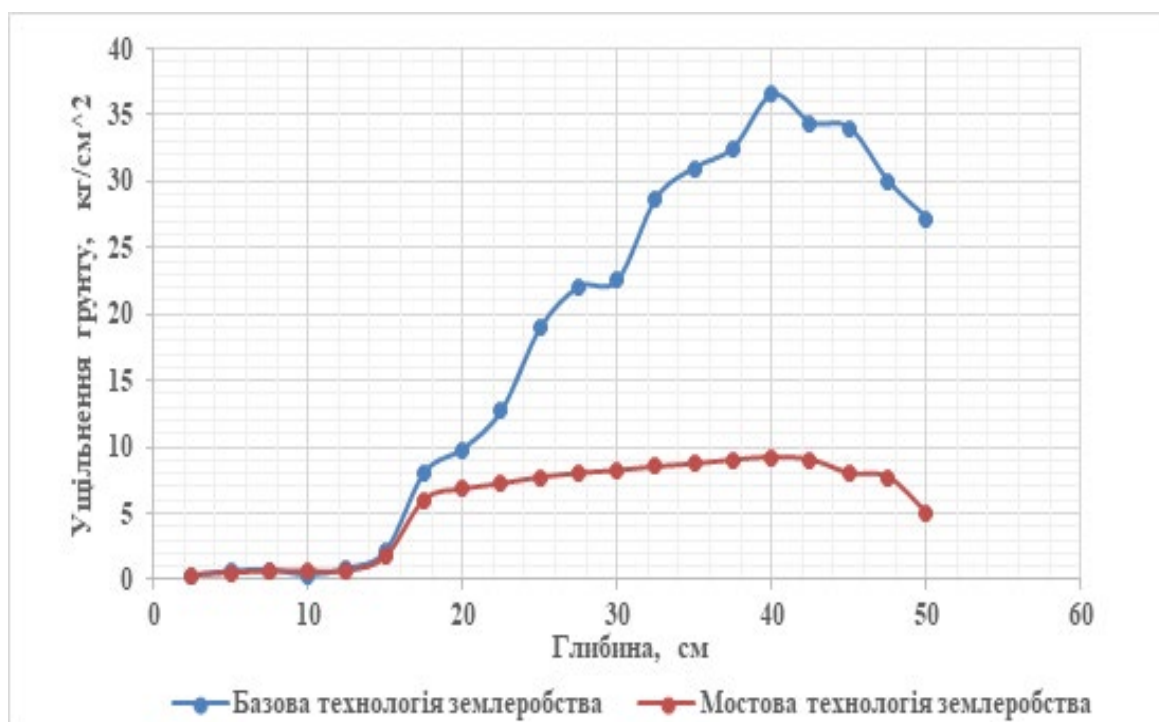


Рисунок 3.5 – Залежність щільності ґрунту від глибини ґрунту за різних технологій землеробства

Використання мотового землеробства дозволяє майже 4 рази знизити ущільнення ґрунту з 36,5 кг/см² до 9,2 кг/см² в порівнянні з базовою технологією за рахунок усунення впливу рушії в агротехнічній зоні, що позитивно вплине на розвиток та подальший врожай сільськогосподарських культур.

3.4 Експериментальні дослідження раціональних параметрів КТС

Основним завданням експериментальних досліджень являється встановлення найкращих показників землевикористання при впровадженні мотового землеробства, шляхом встановлення раціональних параметрів координатно-транспортної системи на ділянці для вирощування овочів в 20 гектар.

Для вирішення даного завдання проведемо багатофакторний експеримент за планом 3×27 . За даним планом необхідно провести 27 дослідів з всіма можливими комбінаціями основних факторів, що впливають на показник оптимізації. Завдяки обраному плану підвищується точність результатів та зменшується ймовірність помилок досліджень.

Експериментальні дослідження виконані згідно з загальноприйнятою методикою планування та проведення багатофакторного експерименту. [31, 32].

Враховавши попередньо проведені теоретичні дослідження в якості критерію оптимізації обираємо коефіцієнт землевикористання k_F на значення якого впливають такі основні фактори: довжина прогінної частини агромота B_m , коефіцієнт геометричного співвідношення сторін поля C_p , ширина технологічної доріжки B_{dd} .

Для оцінки впливу кожного фактору на критерій оптимізації встановимо рівні їх варіювання та інтервали значення яких приведемо в таблиці 3.3.

Таблиця 3.3 – Інтервали та рівні варіювання факторів

Фактори	Позначення	Кодування	Рівні варіювання			Інтервали варіювання
			-1	0	1	
Довжина прогінної частини агромота, м	B_m	X1	8	18	28	10
Коефіцієнт співвідношення сторін поля L_d/V_d	C_p	X2	1	4	7	3
Ширина технологічної доріжки, м	B_{dd}	X3	0,18	0,24	0,30	0,06

Досліди виконуємо за загальноприйнятими методиками з трикратною повторністю. Отримані результати досліджень записуємо до таблиці 3.4. Визначення коефіцієнтів регресійного рівняння шляхом аналізу і обробки отриманих результатів досліджень виконаємо скориставшись математичним пакетом «Statistica-10» [33].

Таблиця 3.4 – Експериментальні дослідження коефіцієнта землевикористання

№ п/п	Фактори			Критерій оптимізації		
	Вм	Ср	Вдд	Коеф. землевикористання k_F		
				Експер.	Теор.	Відх.
	x1	x2	x3	yE	yT	-
1	2	3	4	5	6	7
1	-1	-1	-1	0,917	0,913	-0,004
2	-1	-1	0	0,9	0,88	-0,02
3	-1	-1	1	0,91	0,895	-0,015
4	-1	0	-1	0,782	0,77	-0,012
5	-1	0	0	0,72	0,708	-0,012
6	-1	0	1	0,72	0,74	0,02
7	-1	1	-1	0,87	0,89	0,02
8	-1	1	0	0,845	0,853	0,008
9	-1	1	1	0,85	0,86	0,01
10	0	-1	-1	0,942	0,952	0,01
11	0	-1	0	0,915	0,91	-0,005
12	0	-1	1	0,921	0,924	0,003
13	0	0	-1	0,823	0,816	-0,007
14	0	0	0	0,751	0,761	0,01
15	0	0	1	0,815	0,81	-0,005
16	0	1	-1	0,912	0,915	0,003
17	0	1	0	0,852	0,863	0,011
18	0	1	1	0,881	0,887	0,006
19	1	-1	-1	0,999	0,981	-0,018
20	1	-1	0	0,975	0,977	0,002

продовження табл. 3.4

1	2	3	4	5	6	7
21	1	-1	1	0,983	0,974	-0,009
22	1	0	-1	0,932	0,935	0,003
23	1	0	0	0,891	0,893	0,002
24	1	0	1	0,913	0,91	-0,003
25	1	1	-1	0,972	0,978	0,006
26	1	1	0	0,912	0,952	0,04
27	1	1	1	0,963	0,968	0,005

Скориставшись математичним пакетом «Statistica» проведемо аналіз отриманих результатів та запишемо математичну модель в розкодованому вигляді:

$$k_F = 74,66 - 2,291 \cdot V_m + 0,176 \cdot V_m^2 - 0,7337 \cdot C_p + 0,0029 \cdot C_p^2 - 34,43 \cdot V_{\delta\delta} + 13,85 \cdot V_{\delta\delta}^2 + 0,0012 \cdot V_m \cdot C_p - 0,0622 \cdot V_m \cdot V_{\delta\delta} - 0,0024 \cdot C_p \cdot V_{\delta\delta} \quad (3.1)$$

Точність відтворювання дослідів оцінено за критерієм Кохрена а адекватність моделі оцінили за виконанням умови $F_{роз} = 1,645 \leq F_m 3,21$ критерію Фішера [32]. Також скориставшись пакетом Statistica-10 встановлено бажані значення факторів та побудовано поверхні відгуків представлені на рисунку 3.6, 3,7.

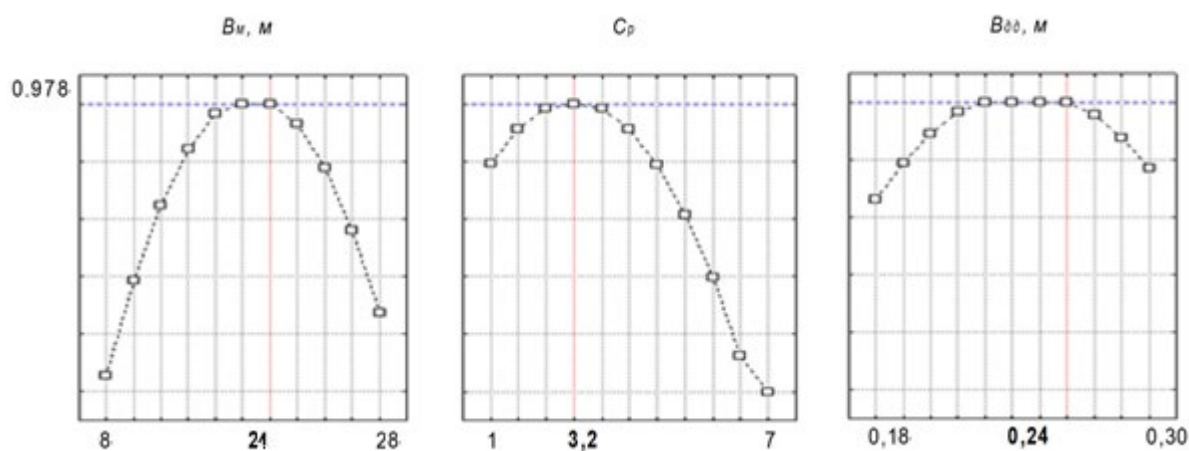


Рисунок 3.6 – Бажані значення факторів

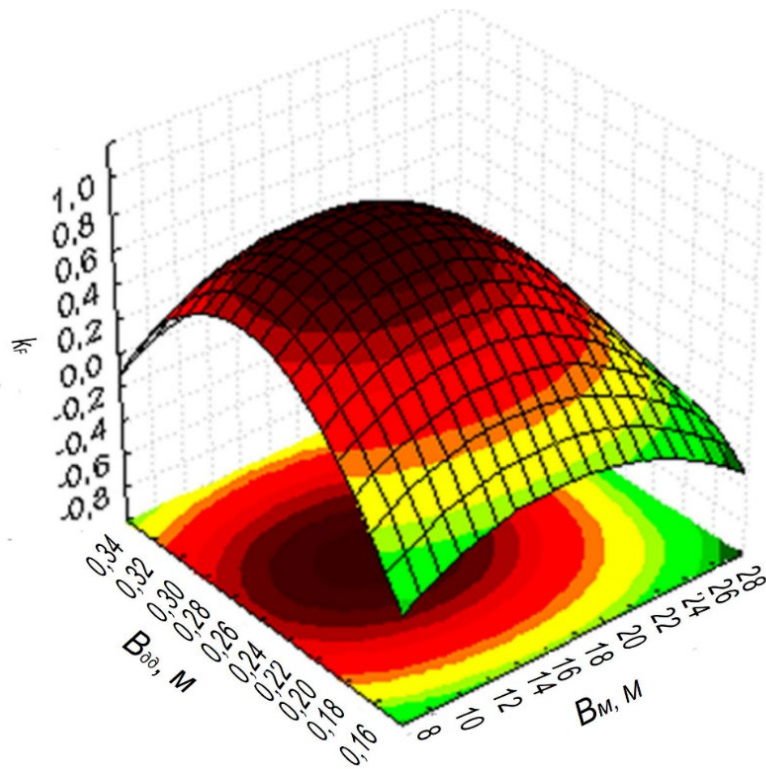


Рисунок 3.7 – Поверхня відгуку

3.5 Висновки

1. Запропонована схема модульної ферми агромоста дозволяє нарощувати її довжину з кроком 7 м.

2. За результатами експериментальних досліджень щільності ґрунту встановлено ефективність використання мотового землеробства яке дозволяє майже 4 рази знизити ущільнення ґрунту з $36,5 \text{ кг/см}^2$ до $9,2 \text{ кг/см}^2$ в порівнянні з базовою технологією за рахунок усунення негативного впливу рушії в агротехнічній зоні, що позитивно вплине на розвиток та подальший врожай сільськогосподарських культур.

3. За результатами експериментальних досліджень встановлено бажані значення параметрів КТС: довжина прогінної частини агромоста $V_m = 21 \text{ м}$, ширина технологічної доріжки $V_{од} = 0,24 \text{ м}$; коефіцієнт співвідношення сторін поля L_d/V_d становить $C_p = 3,2$. За таких параметрів ми отримаємо найкраще значення коефіцієнта землевикористання $k_F = 0,978$ на ділянці площею 20 гектар.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Організація охорони праці

Охорона праці є невід'ємною частиною діяльності аграрного господарства, оскільки вона спрямована на забезпечення безпечних і комфортних умов праці для працівників. Ефективна організація охорони праці знижує рівень травматизму, попереджає професійні захворювання та сприяє підвищенню продуктивності.

Основні принципи організації охорони праці

Дотримання законодавчих вимог [34, 35]:

Виконання норм і правил, передбачених законами та нормативними актами щодо охорони праці.

Регулярне оновлення знань про зміни у законодавстві.

Профілактика травматизму:

Систематичне проведення інструктажів і навчання працівників з питань безпеки.

Забезпечення працівників засобами індивідуального захисту, такими як спецодяг, рукавички, каски, респіратори.

Контроль технічного стану обладнання:

Регулярне технічне обслуговування і ремонт техніки та обладнання.

Використання сучасного обладнання, яке відповідає стандартам безпеки.

Організація безпечних умов праці:

Обладнання робочих зон відповідно до вимог ергономіки.

Забезпечення санітарно-гігієнічних умов (наявність душових, туалетів, умивальників).

Основні заходи з охорони праці в аграрному господарстві

Навчання та інструктажі

Вступний інструктаж: для всіх нових працівників перед початком роботи.

Первинний інструктаж: на робочому місці перед виконанням нових завдань.

Позаплановий інструктаж: у разі змін технологічних процесів, аварійних ситуацій або впровадження нового обладнання.

Повторний інструктаж: проводиться регулярно, не рідше одного разу на пів року.

Моніторинг умов праці

Регулярний огляд стану робочих зон, техніки та інструментів.

Вимірювання параметрів мікроклімату (температури, вологості, освітлення) для забезпечення комфортних умов.

Пожежна безпека

Оснащення виробничих зон вогнегасниками, піском, пожежними щитами.

Організація систематичних навчань працівників щодо дій у разі пожежі.

Перша медична допомога

Наявність медичних аптечок у кожній виробничій зоні.

Організація щорічних медичних оглядів для працівників.

Захист від впливу небезпечних речовин

Дотримання правил зберігання та використання пестицидів, добрив та інших хімічних засобів.

Використання засобів індивідуального захисту під час роботи з хімічними речовинами.

Контроль за безпекою при роботі з технікою

Використання справного обладнання.

Навчання працівників правилам роботи з тракторами, сівалками та іншою технікою.

Забезпечення техніки захисними пристроями.

Роль керівництва аграрного господарства

Організація системи охорони праці:

Призначення відповідальної особи за охорону праці.

Розробка інструкцій і нормативних документів.

Інформування працівників:

Проведення роз'яснювальної роботи щодо важливості дотримання правил безпеки.

Інформування про потенційні ризики та способи їх уникнення.

Фінансування заходів охорони праці:

Інвестиції в сучасне обладнання та засоби захисту.

Забезпечення працівників належними умовами праці.

4.2 Аналіз виробничого травматизму

Аналіз виробничого травматизму в ТОВ "Перемога" за 2021–2023 роки

Аналіз виробничого травматизму є важливим елементом управління охороною праці, оскільки дозволяє виявити проблемні зони та розробити ефективні заходи для запобігання травмам [34]. У ТОВ "Перемога" протягом 2021–2023 років було проведено оцінку травматизму за такими показниками:

кількість працівників, число травмованих осіб та кількість днів непрацездатності (табл. 4.1)

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для розрахунку аналізу травматизму

ПОКАЗНИК	2021 рік	2022 рік	2023 рік
Число працівників, осіб	12	14	17
Кількість травмованих, осіб	2	1	2
Кількість непрацездатних днів	42	21	42

Основні показники аналізу

Коефіцієнт частоти травматизму (Кч): Виражає кількість травмованих на 1000 працівників і розраховується за формулою:

$$Кч = \frac{\text{Кількість травмованих}}{\text{Число працівників}} \cdot 1000 \quad (4.1)$$

Розрахунок:

2021 рік:

$$Кч = \frac{2}{12} \cdot 1000 = 166$$

2022 рік:

$$Кч = \frac{1}{14} \cdot 1000 = 71,4$$

2023 рік

$$Кч = \frac{2}{17} \cdot 1000 = 117,6$$

Коефіцієнт тяжкості травматизму (Кт): Відображає середню кількість днів непрацездатності на одного травмованого працівника і розраховується за формулою:

$$Кт = \frac{\text{Кількість не працездатних днів}}{\text{Кількість травмованих}} \quad (4.2)$$

Розрахунок:

2021 рік:

$$K_T = \frac{42}{2} = 21$$

2022 рік:

$$K_T = \frac{21}{1} = 21$$

2023 рік:

$$K_T = \frac{42}{2} = 21$$

Коефіцієнт непрацездатності (Кн): Враховує загальну кількість днів непрацездатності на 1000 працівників:

$$K_T = \frac{\text{Кількість не працездатних днів}}{\text{Кількість працівників}} \cdot 1000 \quad (4.3)$$

Розрахунок:

2021 рік:

$$K_T = \frac{42}{12} 1000 = 3500$$

2022 рік:

$$K_T = \frac{42}{14} 1000 = 1500$$

2023 рік:

$$K_T = \frac{42}{17} 1000 = 2470,6$$

Аналіз динаміки показників

Протягом аналізованого періоду чисельність працівників зросла з 12 осіб у 2021 році до 17 осіб у 2023 році (+41,7%).

Зростання кількості персоналу збільшує необхідність у посиленні заходів охорони праці.

Кількість травмованих:

У 2022 році кількість травмованих знизилася до 1 особи, проте у 2023 році повернулася до рівня 2021 року — 2 особи.

Коефіцієнт частоти травматизму:

Найвищий показник був зафіксований у 2021 році (166,7), що пов'язано з меншою кількістю працівників.

У 2022 році коефіцієнт знизився до 71,4 завдяки меншій кількості травмованих.

У 2023 році коефіцієнт частоти знову зріс до 117,6, що потребує додаткового аналізу причин.

Коефіцієнт тяжкості травматизму:

Показник стабільний протягом усього періоду (21,0), що свідчить про схожий характер травм.

Коефіцієнт непрацездатності:

Найвищий рівень спостерігався у 2021 році (3500), що пояснюється як високою кількістю непрацездатних днів, так і малою кількістю працівників.

У 2022 році коефіцієнт зменшився до 1500, але в 2023 році зріс до 2470,6, що свідчить про погіршення показників у порівнянні з попереднім роком.

4.3 Охорона праці при експлуатації агромостової машини з електричним приводом

Агромостові машини з електричним приводом використовуються для виконання різноманітних сільськогосподарських операцій, таких як обробка ґрунту, внесення добрив або догляд за культурами. Їх експлуатація пов'язана з ризиками, зокрема ураженням електричним струмом, механічними травмами, а також впливом фізичних факторів. Дотримання правил охорони праці є обов'язковим для забезпечення безпеки працівників.

1. Вимоги до робочого місця

Робоча зона агромостової машини повинна бути вільною від сторонніх предметів, що можуть перешкоджати її руху або пошкодити обладнання.

Машина повинна бути встановлена на рівній поверхні для уникнення перекидання.

Освітлення робочого місця має відповідати нормам, особливо в умовах недостатньої видимості.

2. Технічний стан машини

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан машини:

Справність електричного приводу, кабелів та розеток.

Надійність з'єднань і кріплень конструктивних елементів.

Наявність і справність захисних кожухів на рухомих частинах.

Забороняється експлуатація машини у разі виявлення пошкоджень електропроводки або інших несправностей.

3. Підготовка до роботи

Працівник повинен пройти навчання та інструктаж з безпечної експлуатації агромостової машини.

Перед початком роботи необхідно:

Перевірити заземлення машини, якщо вона працює від зовнішнього електропостачання.

Оглянути робочу зону на наявність перешкод.

Переконатися у відсутності сторонніх осіб у зоні роботи машини.

4. Експлуатація машини

Забороняється працювати на машині без засобів індивідуального захисту, таких як діелектричні рукавички та взуття.

Оператор повинен працювати з машиною відповідно до інструкції з експлуатації, не перевищуючи встановлені норми навантаження.

Під час роботи необхідно стежити за:

Температурним режимом електричного приводу.

Станом кабелів живлення, щоб уникнути їх пошкодження.

Заборонено залишати машину увімкненою без нагляду.

5. Пожежна безпека

У зоні роботи машини повинні бути вогнегасники, зокрема вуглекислотні або порошкові, які підходять для гасіння електроустановок.

Заборонено використовувати машину поблизу легкозаймистих матеріалів.

6. Обслуговування та ремонт

Усі технічні роботи, пов'язані з обслуговуванням або ремонтом машини, виконуються тільки після її повної зупинки та відключення від джерела живлення.

Ремонт електричної частини дозволяється лише спеціалістами з відповідною кваліфікацією.

Перед проведенням робіт необхідно провести розрядку конденсаторів (за наявності).

7. Дії у разі аварійної ситуації

У разі виникнення несправності або аварії негайно припинити роботу та вимкнути машину від мережі.

При ураженні електричним струмом працівнику необхідно надати першу допомогу:

Відключити джерело струму.

Перевірити дихання та серцебиття постраждалого, за потреби провести штучне дихання та непрямий масаж серця.

Викликати швидку допомогу.

У разі займання електричних частин машини використовувати вогнегасники, забороняється гасити водою.

8. Після завершення роботи

Вимкнути машину від електромережі.

Очистити робочі органи машини від бруду та залишків рослинності.

Перевірити стан машини, щоб переконатися у відсутності пошкоджень.

4.4 Висновки

1. Організація охорони праці в аграрному господарстві є важливим елементом ефективного управління. Вона дозволяє не лише зберегти здоров'я працівників, але й підвищити якість виконуваних робіт та ефективність виробничих процесів. Дотримання правил охорони праці, систематичний контроль та інвестиції у безпеку є запорукою успіху в діяльності будь-якого господарства.

2. Аналіз показників травматизму у ТОВ "Перемога" за три роки показав позитивні зміни у 2022 році, але погіршення у 2023 році. Впровадження комплексних заходів з охорони праці сприятиме зниженню травматизму та підвищенню ефективності роботи.

3. Дотримання правил охорони праці при експлуатації агромостової машини з електричним приводом є запорукою безпеки працівників і забезпечення ефективної роботи. Регулярний контроль технічного стану, правильна організація робочого місця та використання засобів індивідуального захисту дозволяють мінімізувати ризики травматизму та аварійних ситуацій.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Ефективне впровадження нової техніки чи технології вимагає обґрунтування її економічної доцільності. Важливим аспектом у цьому процесі є вибір базового варіанту для порівняння. Цей вибір залежить від стадії розробки та умов впровадження нової техніки.

На етапі розробки техніки економічну оцінку слід проводити в порівнянні з найкращими зразками вітчизняного та закордонного виробництва, включаючи техніку, що перебуває у стадії проектування. Під час впровадження у господарстві нової техніки оцінювання доцільно здійснювати на основі порівняння з найбільш ефективною технікою, яка вже використовується у конкретному господарстві.

Окремим аспектом є врахування різних умов роботи техніки (кліматичних, ґрунтових тощо), які можуть впливати на економічний ефект. У таких випадках базовим варіантом слід обирати техніку, яка максимально відповідає умовам роботи в даній зоні.

Обґрунтування порівняння

Для визначення економічної ефективності роботи була проведена оцінка традиційної тракторної технології та мостової технології землеробства на прикладі вирощування моркви. Традиційна технологія використовує енергетику на основі спалювання дизельного палива, що призводить до ущільнення ґрунту. Мостова технологія, у свою чергу, працює завдяки електроприводу, мінімізуючи вплив на ґрунт і використовуючи електроенергію.

Для порівняння базового (традиційного) і проектного (мостового) варіантів використані такі показники:

Таблиця 5.1 – Вихідні дані розрахунку економічної ефективності

Показники	Базовий	Проектний
Площа землі в обробці, га	20	20
Вид роботи	Вирощування овочів у відкритому ґрунті	Вирощування овочів у відкритому ґрунті
Витрати паливно-мастильних матеріалів, кг/га	136	15,1
Витрати електроенергії, кВт·год/га	40,1	430,2
Балансова вартість енергетичних засобів та знарядь, грн	2655 179	2230 000
Річне завантаження засобів механізації, год	300	300
Загальна кількість працівників, осіб	6	6
Середня ставка працівника, грн	90	90
Тривалість зміни, год	8	8
Середня врожайність, т/га	26	33
Прибуток від реалізації продукції, грн/га	124000	146400
Прибуток від приросту врожайності, грн/га	-	22400

Отримані дані згідно технологічних карт на вирощування овочевих культур (моркви, томатів, цибулі, перцю) в господарстві на ділянках загальною площею 20 гектар.

Використавши загальноприйняту методику визначимо значення експлуатаційних витрат на виконання технологічного процесу для встановлення економічного ефекту за рахунок їх скорочення [36].

$$B_{\text{екс}} = B_{\text{оп}} + A + T + B_{\text{рес}} + IB, \text{ грн/га} \quad (5.1)$$

де: $B_{\text{екс}}$ - витрати на експлуатацію енергетичних засобів та агрегатів, грн/га

$B_{\text{оп}}$ – витрати на оплату праці працівникам що обслуговують енергетичні засоби і агрегати грн/га;

A - амортизаційні відрахування на енергетичні засоби і знаряддя, грн/га;

$B_{\text{рес}}$ – витрати на паливе на вирощуванні овочів, грн/га;

T – витрати на ремонти та обслуговування енергетичних засобів та знарядь, грн/га.

IB – значення інших витрат на енергетичні засоби та знаряддя грн/га;

Розрахуємо значення витрат на оплату праці працівникам за рівнянням:

$$B_{\text{оп}} = Z + H_z, \text{ грн/га} \quad (5.2)$$

де: Z – фонд заробітної оплати праці задіяних робітників, грн/га. ;

H_z – відрахування в фонд оплати праці задіяних робітників, грн/га.

Значення відрахувань для фонду оплати праці працівників, що обслуговують машини та знаряддя 22%:

$$H_z = 0,22 \cdot Z. \quad (5.3)$$

Фонд заробітної оплати праці визначимо за рівнянням:

$$З = N \cdot t_{\text{доб}} \cdot Др \cdot С_{\text{год}}, \quad (5.4)$$

де: N - кількість осіб задіяних на вирощуванні овочів, осіб;

$t_{\text{доб}}$ - тривалість зміни, год.;

$Др$ - річне завантаження засобів механізації; год

$С_{\text{год}}$ – ставка оплати праці, грн/год.

Амортизаційні відрахування на засоби механізації:

$$A = \frac{B_{\text{м}} \cdot \alpha \cdot t_{\text{доб}} \cdot Др}{100 \cdot Др}, \quad (5.5)$$

де: $B_{\text{м}}$ - балансова вартість енергетичних засобів та знарядь, грн.;

α - базові значення амортизаційних відрахувань на агрегат, 15 %;

Розрахуємо значення витрат пов'язаних з поточними ремонтами та обслуговуванням енергетичних засобів та знарядь:

$$T = \frac{B_{\text{м}} \cdot b \cdot t_{\text{доб}} \cdot Др}{100 \cdot Др}, \quad (5.6)$$

де: b - річна норма відрахувань на поточний ремонт і технічне обслуговування, % (приймаємо $b=10\%$, для обох проектів).

Розрахуємо значення витрат на енергоресурси а саме на пальне та електроенергію при експлуатації енергетичних засобів задіяних на вирощуванні овочевих культур:

$$B_{\text{рес}} = B_{\text{ПММ}} + B_{\text{ел}}, \quad (5.7)$$

де: $B_{\text{ПММ}}$ - вартість паливно-мастильних матеріалів, грн.;

$B_{\text{ел}}$ - вартість витраченої електроенергії, грн.

Витрати на ПММ розраховуємо за рівнянням:

$$B_{\text{ПММ}} = Z_{\text{ПММ}} \cdot C_{\text{ПММ}}, \quad (5.8)$$

де: $Z_{\text{ПММ}}$ - річні витрати паливно-мастильних матеріалів, кг;

$C_{\text{ПММ}}$ - ціна 1 кг комплексного палива, грн. Показник $C_{\text{ПММ}}$ приймаємо 48 грн/кг.

Витрати на електроенергію визначимо за рівнянням:

$$B_{\text{ел}} = Z_{\text{ел}} \cdot C_{\text{ел}}, \quad (5.9)$$

де: $Z_{\text{ел}}$ – загальні витрати електроенергії за рік, кВт·год;

$C_{\text{ел}}$ - вартість 1 кВт·год електроенергії, грн. На 2024 рік складає 10 грн.

Інші витрати визначимо за рівнянням:

$$IB = \frac{O+A+T+B_{\text{рес}}}{95} \cdot 5, \quad (5.10)$$

Значення річного економічного ефекту визначимо за формулою:

$$E_p = B_{\text{екс}}^{\text{Б}} - B_{\text{екс}}^{\text{П}}, \quad (5.11)$$

де: $B_{\text{екс}}^{\text{Б}}$, $B_{\text{екс}}^{\text{П}}$ – значення річних експлуатаційних витрат базової і проектної технології.

$$E_p = 1052647,105 - 900711,5789 = 56398,6 \text{ грн}$$

Значення економічного ефекту з врахуванням приросту врожайності в мостовій технології:

$$E_{зр} = (E_p + E_{вр}) = 56398,6 + 448000 = 599935,52 \text{ грн} \quad (5.11)$$

де $E_{вр}$ – прибуток від приросту врожайності, грн/га;

Термін окупності з урахуванням вкладення інвестицій в розробку системи дистанційного накопичення та обробки даних:

$$T_o = \frac{Bi}{E_{EP}} = \frac{425179}{599935,52} = 0,7 \text{ року} \quad (5.12)$$

де Bi - інвестиції в розробку КТС та впровадження мостової технології на вирощування овочів, грн

Результати розрахунків згідно приведеної методики наведемо в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Економічні показники впровадження проекту

Показник	Варіанти		Проектний варіант в % (+/-) до базового
	Базовий	Проектний	
1	2	3	4
Вид роботи	Вирощування овочів у відкритому ґрунті	Вирощування овочів у відкритому ґрунті	-
Склад агрегату	Енергетичні засоби згідно технологічної карти	Мостова машина+навісне обладнання	-
Загальна площа, га	20	20	-
Балансова вартість засобів механізації, грн.	2655 179	2230 000	-425179

Продовження табл. 5.2

1	2	3	4
Річні експлуатаційні витрати, грн.	1041320,7	984922,1	-56398,6
У тому числі: витрати на оплату праці грн/га	197640	197640	0
амортизаційні відрахування на засоби механізації, грн	398276	334500	-63776
витрати на ПР і ТО, грн	265517,9	223000	-42517,9
витрати на енергоресурси, грн	138580	100536	-38044
інші витрати, грн	52632,35	45035,5	-7596,85
Прибуток від приросту врожайності, грн	448000		
Річний економічний ефект, грн	599935,52		
Термін окупності, років	0,7		

Висновки:

Впровадження мостової технології землеробства з використанням електричного привода мостових машин є економічно доцільним і ефективним. Технологія забезпечує зниження витрат, підвищення врожайності, швидку окупність інвестицій і поліпшення екологічного стану ґрунту. Це підтверджує доцільність впровадження інноваційного підходу в сучасному овочівництві, що сприяє сталому розвитку аграрного сектору. Річний економічний ефект від впровадження мостового землеробства на площі в 20 гектар склав 599935,52 грн а термін окупності вкладених інвестицій склав 0,7 року.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. Механічний вплив рушіїв енергетичних засобів призводить до переущільнення ґрунтів та зниження врожайності сільськогосподарських культур, зростають витрати палива на розущільнення ґрунтів.

Найбільш ефективним способом вирішення проблеми ущільнення ґрунту являється рух ходових систем по постійним коліям, а саме впровадження мостового землеробства з використанням мостових машин (агромостів).

Використання координатно транспортної системи спрощує навігацію мостових машини з робочими органами відносно ділянок поля. та разом електроприводом спрощує автоматизацію основних технологічних операцій на вирощуванні сільськогосподарських культур.

2. За результатами теоретичних досліджень:

- встановлено, що використання мостових машин, що рухаються по постійним коліям дозволить вирішити проблеми які створюють ходові системи енергонасичених машин та дозволить реалізувати підвищення тягового ККД в системі тягач+знаряддя.

- згідно виконаного аналізу існуючих конструктивних рішень агромостів в якості прототипу обрано схему одноконсольного агромоста. Розглянуто всі сили та реакції що діють на мостову машину.

- обґрунтовано залежність ефективності землевикористання від довжини прогінної частини агромоста та розмірів поля.

- встановлено оптимальне значення прогінної частини мостової машини яке для ділянки в 20 гектар склало 22 м, при цьому коефіцієнт землевикористання склав 94%.

3. За результатами експериментальних досліджень:

- встановлено ефективність використання мостового землеробства яке дозволяє майже 4 рази знизити ущільнення ґрунту з 36,5 кг/см² до 9,2 кг/см² в порівнянні з базовою технологією за рахунок усунення негативного впливу рушіїв

в агротехнічній зоні, що позитивно вплине на розвиток та подальший врожай сільськогосподарських культур.

- встановлено бажані значення параметрів КТС: довжина прогінної частини агромоста $B_m = 22$ м, ширина технологічної доріжки $B_{od} = 0,24$ м; коефіцієнт співвідношення сторін поля L_d/V_d становить $C_p = 3,2$. За таких параметрів ми отримаємо найкраще значення коефіцієнта землевикористання $k_F = 0,978$ на ділянці площею 20 гектар

4. Результати аналізу охорона праці підтвердили задовільний стан справ в господарстві охорона праці організовано належним чином. Дотримання правил охорони праці при експлуатації агромостової машини з електричним приводом є запорукою безпеки працівників і забезпечення ефективної роботи. Регулярний контроль технічного стану, правильна організація робочого місця та використання засобів індивідуального захисту дозволяють мінімізувати ризики травматизму та аварійних ситуацій.

5. Впровадження мостової технології землеробства з використанням електричного привода мостових машин є економічно доцільним і ефективним. Технологія забезпечує зниження витрат, підвищення врожайності, швидку окупність інвестицій і поліпшення екологічного стану ґрунту. Це підтверджує доцільність впровадження інноваційного підходу в сучасному овочівництві, що сприяє сталому розвитку аграрного сектору. Річний економічний ефект від впровадження мостового землеробства на площі в 20 гектар склав 599935,52 грн а термін окупності вкладених інвестицій склав 0,7 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. . Мостове землеробство. Елементи теорії та результати досліджень: Монографія [Кобець А.С., Теслюк Г.В., Пугач А.М., Сокол С.П., Надикто В.Т., Улексін В.О., Бойко В.Б., Золотовська О.В. Теслюк Ю.В.]. – Дніпро: ТОВ «Акцент ПП», 2023. – 369 с.
2. Тараканова Г.І., Мухіна В.Д. Овочівництво - 2-е вид., Перероб. і доп. - М.: Колос, 2003
3. «Driving a revolution in the paddock», ECOS, Jan–Mar, 2004.
4. <https://www.metodolog.ru/01305/3.jpg>
5. Кузнецов Н.Г. Теория тягового баланса энергонасыщенных колесных тракторов при работе на тяжелых почвах засушливых зон. Учебное пособие. - Волгоград, 2004. - 140 с.
6. Куляш А. С., Колотило В. А. Екологічність рушіїв транспортно–технологічних машин. К.: Машинобудування. 2003. - 288с
7. Олексійчик Н.А. Використання машинно-тракторного парку на торф'яно-болотних ґрунтах. – К.: «Колос» 1978. – 240с.
8. «Обзор тракторов з гусеничним рушієм»: джерло: <https://enduratracks.com/obzor-traktorov-na-gusenichnom-hodu>
9. «New Quadtrac CVX brings operational and efficiency benefits of continuously-variable transmission to articulated tracked tractor market» джерло: <https://www.caseih.com/emea/en-za/News/Pages/2017-07-24-New-Quadtrac-CVX-brings-operational-and-efficiency-benefits-of-continuously-variable-transmission-to-articulated.aspx>
10. «Тягові випробовування експериментального трактора ХТЗ-243» джерело: <https://traktorist.ua/news/1307-htz-proviv-tyagovi-viprobovuvannya-eksperimentalnogo-traktora>
11. «Buhler cutting overhead to boost margins» джерело: <https://www.grainews.ca/daily/buhler-cutting-overhead-to-boost-margins>

12. «НЕ ДАВИТЕ, МУЖИКИ! НЕ ДАВИТЕ!» джерело: www.metodolog.ru
13. Петров Г.Д., Мостове землеробство: фантазії та реальність // Механізація та електрифікація сільського господарства - 2001, № 3. - С. 5... 11.
14. Улексін В.О. Концепція опорно-ходового апарата для агромота / Вісник Львівського національного аграрного університету: агроінженерні дослідження. – Львів: Львів. нац. аграр. ун-т, 2008. – № 12(2). С. 456...464.
15. Улексин В.А. Мостовое земледелие. Монография. – Днепропетровск: «Пороги», 2008. 224с..
16. Улексин В.А. Перспективы применения мостового земледелия. Вісник Дніпропетровського державного аграрного університету, № 1. – Дніпропетровськ, 2002. – С. 27...29.
17. В.Т. Надикто, В.О. Улексін. Колійна та мостова системи землеробства. Монографія. – Мелітополь.: Видавничий будинок ММД, 2008. – 270 с.
18. Teylor J.H. Development and Benefeffits of Vehicle Gantries and Controllcd–Traflic Systems / Soaane B.D., van Ouwerkerk C. Amsterdam, 1994. P. 522–538
19. «AGROKRUH» джерело: <http://agrokruh.sk/>
20. Анілович В.Я., Водолажченко Ю.Т. Конструювання та розрахунок сільськогосподарських тракторів.. – К.: Машинобудування, 2005. – 455 с.
21. Улексін В.О. Концепція робочих органів для мостового землеробства / Збірник наукових праць Національного аграрного університету “Механізація сільськогосподарського виробництва”, том XIV. – Київ: НАУ, 2003. – С. 206...210.
22. Андрианов В. М. Оптимальная скорость движения энергосредства // Тракторы и сельскохозйственныe машины. – 2004. – № 1. – С. 30...32.

23. Чижов А.П., Рибас Ю.М., Улексін В.А. Вплив опору коченню на паливну економічність колісного сільськогосподарського трактора. Праці Дніпропетровського СХІ. - Дніпропетровськ: ДСХІ, 1984. - С. 45...48
24. Жалнін Е.В., Муфтєєв Р.С. Історія розвитку та перспективи впровадження мостового рослинництва // Трактори та сільськогосподарські машини. – № 5. – С. 23...30.
25. Павловський М. А. Теоретична механіка: Підручник. – К.: Техніка, 2002. – 512 с.
26. Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков І.Є. Деталі машин: Підручник. – Дніпропетровськ: Авантаж, 2006. – 448 с.
27. Турбин Б.И. Теоретическая механика. – М. Госсельхозиздат, 1959.– 374 с.
28. Улексін В.О., Кухаренко П.М., Науменко М.М. Особливості розрахунку навантаженості остова агромоста / Матеріали міжнародної науковопрактичної конференції „Проблеми та перспективи розвитку аграрної механіки”. – Дніпропетровськ: ДДАУ, 2004. – С. 54...57.
29. Надикто В.Т. Основи наукових досліджень. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2019. 268 с.
30. Щільномір ґрунту ЛАН-М. <https://dilis.ua/ua/p992736755-plotnomer-pochvy-lan.html>
31. Пилипчук М.І. Основи наукових досліджень: Підручник / М.І. Пилипчук, А.С., Григор'єв В.В. Шостак. – К.: Знання, 2007. – 270 с.
32. Пилипчик М.І. Математичне планування багатофакторного експерименту: Навч. посібник / М.І. Пилипчик, М.Д. Кірик, А.С. Григор'єв та ін. – Л.: УкрДЛТУ, 2004. – 54 с.
33. Боровиков В.П. Программа STATISTICA для студентов и инженеров / В.П. Боровиков – М.: Компьютерный Пресс, 2001. – 301 с.
34. Голінько В.І. Основи охорони праці: підручник / В.І. Голінько; Нац. гірн. ун-т. –2-ге вид. – Д.: НГУ, 2014. – 271 с.

35. Довідник з охорони парці в с.-г.:Запитання і відповіді / С.Д. Лехман та ін. К.:Урожай, 1990.-399с.

36. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню диплом-них проектів для студентів факультету механізації сільського господарства, які захищають диплом на кафедрі тракторів і автомобілів / Дніпр, держ. агр. ун-т.; уклад. М.О. Сичова, Н.О Шевченко. - Дніпропетровськ: ДДАУ, 2008. -24 с.

Додатки

Додаток А

Особливості тракторної технології

Межі зміни питомої витрати палива на гаку тракторами с.-г. призначення
на різних ґрунтових фонах

Марка трактора	Питома витрата палива двигуна, г/(к.с.год)	Питома витрата палива на гаку трактора, г/(к.с.год), при рухові по		
		твердій дорозі	полю під посів	стерні зернових
Т-25А	184	200...220	300...320	265...280
Т-40А	196	210...220	325...360	270...315
с баластом		210...220	330...370	265...290
ЮМЗ-6	185	220...350	330...500	-
с баластом		225...335	330...475	-
МТЗ-80	190	215...245	375...470	325...340
с баластом		-	350...416	305...345
МТЗ-82	190	220...275	320...425	285...340
с баластом		-	340...395	270...335
Т-150К	190	205...245	285...350	285...295
с баластом		215...255	275...300	260...300
К-700	174	240...265	310...360	325...340
с баластом		240...330	240...375	-
Т-54В	196	265...295	290...330	-
Т-74	196	255...285	300...310	260...325
Т-150	185	-	-	235...275
Т-4А	185	240...275	265...310	250...285

Порівняння середніх витрат палива на самопересування тракторів
у різних умовах

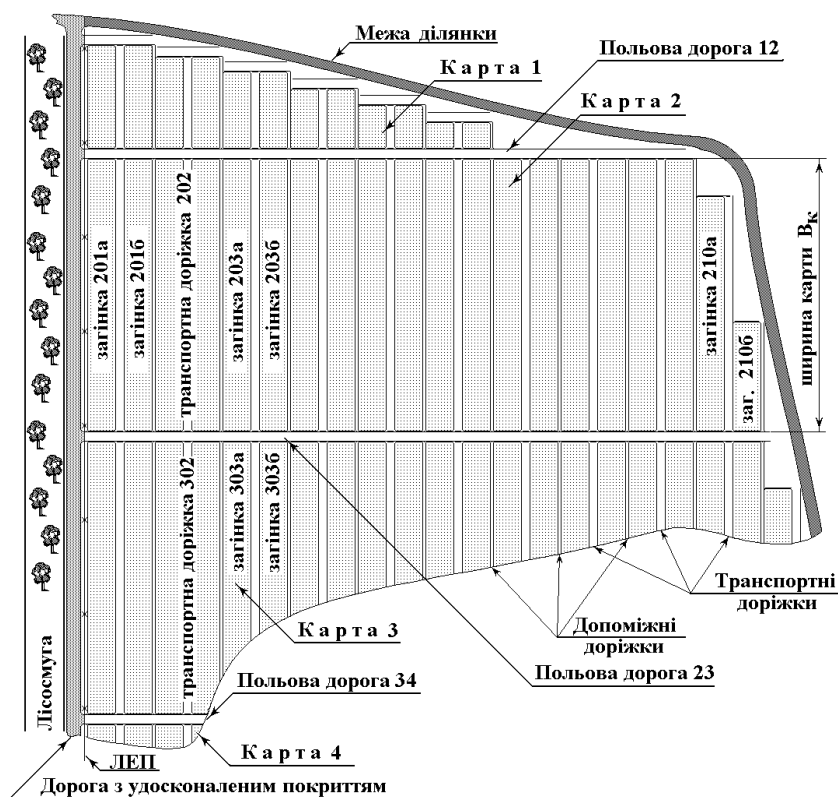
Марка трактора	Витрата палива на самопересування по твердій дорозі, % від номінальної витрати двигуна	Збільшення витрати на самопересування у % відносно витрати при русі по твердій дорозі при рухові по:	
		полю, підготовленому до посіву	стерні зернових
Т-25А	12.3	32.3	22.8
Т-40А	8.8	36.7	25.8
с баластом	8.8	37.7	21.8
ЮМЗ-6	21.2	38.5	-
с баластом	19.6	41.0	-
МТЗ-80	17.4	42.5	31.3
с баластом	17.4	38.6	29.2
МТЗ-82	22.7	33.5	21.9
Т-150К	15.5	28.6	22.4
с баластом	19.1	18.9	16.1
К-700	30.4	25.4	24.2
Т-54В	30.0	9.6	-
Т-74	27.4	11.4	6.1

**Експериментальні значення потужності, витрати палива і тягового ККД
сучасних тракторів при оптимальному завантаженні**

Результати випробувань тракторів					Тяговий ККД	Збільшення питомої витрати палива на гаку у порівнянні з двигуном, %
Показники двигуна		Показники на гаку		Умови випробувань		
витрата палива, г/к.с.год	потужність Б, к.с.	витрата палива, г/к.с.год	потужність Б, к.с.			
Т-25А, 184	25	210	23,0	Грунтова дорога	0,92	14,1
		319	14,4	Поле під посів	0,576	73,4
		270	17,2	Стерня	0,688	46,7
Т-40А, 196	40,2	215	33,2	Грунтова дорога	0,825	9,7
		340	21,8	Поле під посів	0,542	73,4
		290	30,1	Стерня	0,749	47,9
ЮМЗ-6, 185	63	235	51,8	Грунтова дорога	0,822	27,0
		415	31,6	Поле під посів	0,502	124,3
МТЗ-80, 190	75,1	230	66,4	Грунтова дорога	0,885	21,1
		425	39,0	Поле під посів	0,520	123,7
		335	42,6	Стерня	0,568	76,3
з баластом		485	42,7	Поле під посів	0,596	155,3
		330	44,0	Стерня	0,587	73,7
МТЗ-82, 190	75,2	250	68,7	Грунтова дорога	0,913	31,6
		380	42,9	Поле під посів	0,570	100,0
		315	45,9	Стерня	0,610	65,7
Т-150К, 190	166,2	225	137,0	Грунтова дорога	0,824	18,4
		325	102,0	Поле під посів	0,614	71,1
		290	106,0	Стерня	0,638	52,6
з баластом		240	138,0	Грунтова дорога	0,830	26,3
		290	108,5	Поле під посів	0,653	52,6
		280	113,6	Стерня	0,684	47,4
К-700, 174	209	255	153,5	Грунтова дорога	0,734	46,6
		330	118,0	Поле під посів	0,564	89,7
		335	118,5	Стерня	0,567	92,5
Т-54С, 196	52,9	280	40,6	Грунтова дорога	0,767	42,9
		300	36,8	Поле під посів	0,696	53,1
		265	40,4	Стерня	0,763	35,2
Т-74, 196	74,9	270	60,5	Грунтова дорога	0,887	37,7
		305	51,4	Поле під посів	0,686	55,6
		295	56,3	Стерня	0,749	50,5
Т-150, 185	151	225	121,5	Стерня	0,804	37,8
Т-4А, 185	110	290	93,4	Поле під посів	0,849	56,7
		270	100,4	Стерня	0,913	45,9

Додаток Б

Облаштування поля за координатно-транспортним принципом



Вплив площі польової доріжки на показники землевикористання на ділянках різних розмірів (курсивом помічені незадовільні значення показників)

Площа ділянки, га	відношення V_d/L_d							
	0,5		1		2		4	
	L_d , м	$K_{плд}$	L_d , м	$K_{плд}$	L_d , м	$K_{плд}$	L_d , м	$K_{плд}$
2,0	200,0	0,0125	141,4	0,0176	<i>100,0</i>	<i>0,0250</i>	70,7	<i>0,0353</i>
3,0	224,9	0,0111	173,2	0,0144	<i>122,4</i>	<i>0,0204</i>	87,6	<i>0,0285</i>
4,5	300,0	0,0083	212,1	0,0118	150,0	0,0167	<i>106,1</i>	<i>0,0236</i>
6,0	346,4	0,0072	244,9	0,0111	173,2	0,0144	<i>122,4</i>	<i>0,0204</i>
8,0	400,0	0,0063	282,8	0,0088	200,0	0,0125	141,4	0,0176
10,0	447,2	0,0056	316,2	0,0079	223,6	0,0112	158,1	0,0158