

ДНІПРОВСЬКИЙ 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 тягово-зчіпних властивостей тракторів
при агрегуванні з напівпричепами розкидачами
органічних добрив**

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

за спеціальністю 208 «Агроінженерія»

_____ Литвин Валентин Миколайович

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**

Литвину Валентину Миколайовичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема роботи: Підвищення тягово-зчіпних властивостей тракторів при агрегуванні з напівпричепами розкидачами органічних добрив

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 9.12.2024 р.

3. Вихідні дані до роботи Наукові рішення кафедри ТСГМ з даної тематики.

Вихідні дані господарства та огляд конструктивних та теоретичних рішень з підвищення тягово-зчіпних показників тракторів що працюють з напівпричепами.

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. Економічні показники (1 аркуш, А4). 5. 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: 6.09.2024р

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Аналітичний (оглядовий)	до 19.09.2024 р.	Виконано
2	Теоретичний	до 15.10.2024р.	Виконано
3	Експериментальний	до 16.11.2024 р.	Виконано
4	Охорона праці	до 22.11.2024 р.	Виконано
5	Економічний	до 26.11.2024 р.	Виконано
6	Демонстраційна частина	до 9.12.2024 р.	Виконано

Студент

_____ (підпис)

Литвин В.М.

(прізвище та ініціали)

Керівник роботи

_____ (підпис)

Бойко В.Б.

(прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Литвин В.М. Підвищення тягово-зчіпних властивостей тракторів при агрегуванні з напівпричепами розкидачами органічних добрив/ Випускна кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня «магістр» за спеціальністю 208 «Агроінженерія» – ДДАЕУ, Дніпро, 2024.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню тягово-зчіпних властивостей тракторів при агрегуванні з напівпричепами, шляхом перерозподілу частини ваги напівпричепа на навіску трактора.

Робота виконана з врахуванням напрацювань кафедри ТСГМ в напрямку підвищення зчіпних та тягових показників тракторів.

За результатами проведеного аналізу розроблено конструкцію довантажувача коліс трактора при агрегуванні його з напівпричепами наприклад розкидачем органічних добрив. Конструкція довантажувача виконаного шляхом модернізації ходової частини напівпричепа розкидача органічних добрив, дозволить автоматично перерозподіляти навантаження від напівпричепа на ведучі колеса трактора по мірі його розвантаження.

В результаті теоретичних та експериментальних досліджень отримано закономірності сили довантаження коліс трактора в залежності від величини розвантаження розкидача добрив.

Проведені економічні розрахунки підтвердили ефективність використання довантажувача коліс трактора на базі напівпричепа розкидача органічних добрив.

Ключові слова: телеметрична система, мехатронна система, системи керування ДВЗ, датчик частоти обертання, коефіцієнт буксування.

ЗМІСТ

ВСТУП	8
1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ	11
1.1 Особливості механізації внесення твердих органічних добрив	11
1.2 Шляхи підвищення тягово-зчіпних показників тракторів на виконанні транспортних робіт	17
1.3 Технічне вирішення питання перерозподілу ваги напів-причипів на ведучі колеса трактора	22
1.4 Висновки	26
1.5 Мета і завдання досліджень	27
2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	28
2.1 Актуальність проведення модернізації напівпричепів-розкидачів органічних добрив	28
2.2 Обґрунтування конструкції довантажувача ведучих коліс трактора на базі напівпричепа розкидача органічних добрив	31
2.3 Теоретичне дослідження процесу розвантаження напівпричепа-розкидача органічних добрив	34
2.4 Теоретичне дослідження довантаження ведучих коліс трактора за умови розвантаження добрив в передній частині розкидача	38
2.5 Висновки	44
3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ	45
3.1 Програма досліджень	45
3.2 Експериментальне дослідження довантаження навісного механізму трактора з боку напівпричепа розкидача органічних добрив	45
3.3 Експериментальне дослідження витрати палива та буксування рушіїв трактора за різних способів розвантаження розкидача	50
3.4 Висновки	55

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	57
4.1 Організація охорони праці	57
4.2 Особливості охорони праці в рослинництві	59
4.3 Особливості охорони праці в тваринництві	61
4.4 Охорона праці під час експлуатації тракторів з напівпричепами розкидачами органічних добрив	62
4.5 Висновки	64
5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ	66
Висновки	71
ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ	72
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	75
ДОДАТКИ	78

ВСТУП

Актуальність теми дослідження. Одним із факторів підвищення родючості ґрунтів являється внесення окрім мінеральних добрив також і необхідний обсяг органічних добрив. В зв'язку з постійно зростаючими цінами на мінеральні добрива все більше сільськогосподарських виробників обирають в якості альтернативи мінеральним внесенням органічних добрив, саме цьому сприяють темпи відновлення тваринницької галузі в господарствах. Але все не так просто на перший погляд. Технологічний процес підготування та внесення органічних добрив вимагає достатнього енергозабезпечення та матеріальних інвестицій. Все розпочинається з підготування добрив до внесення, а саме закладення буртів для проведення знезараження та дегазації сировини який триває від 3 до 6 місяців. Наступним етапом являється транспортування з послідуочим внесенням органічних добрив на виробничі ділянки. Транспортування може здійснюватися за допомогою вантажних автомобілів з наступним використанням розкидачів. За другого способу органічні добрива транспортуються і вносяться за допомогою напів-причепів розкидачів. В останні роки намітилася тенденція до використання напів-причепів розкидачів підвищеної вантажопідйомності в агрегаті з енергонасиченими тракторами.

Особливістю роботи розкидачів є постійна зміна ваги матеріалу та відповідно зміщення центра ваги напівпричепа, що погіршує тягові показники трактора в результаті зниження зчіпної ваги, зростає буксування та витрата пального.

Тому актуальним буде розробка пристрої довантажувачів за рахунок яких частина ваги напівпричепа в залежності від його розвантаження перерозподілятимуться на ведучі колеса тягача.

Дослідженням питання підвищення тягово-зчіпних властивостей тракторів присвячені роботи науковців Волощенко О.М., Гусак Ю.О., Надикто В.Т., Козаченко О.В., С.В., Мисливець О.Л., та ін.

Мета роботи та завдання дослідження

Мета кваліфікаційної роботи підвищення тягово-зчіпних властивостей тракторів при агрегуванні з напівпричепами розкидачами органічних добрив

Для досягнення поставленої мети поставлені необхідно вирішити такі задачі:

1. За результатами проведеного аналізу розробити конструкцію довантажувача на базі напівпричепа розкидача органічних добрив.
2. В результаті теоретичних та експериментальних досліджень встановити закономірності зміни сили довантаження ведучих коліс трактора в залежності від величини розвантаження розкидача добрив.
3. Встановити бажані значення режимів роботи довантажувача коліс трактора у процесі розвантаження розкидача.
4. Економічно обґрунтувати ефективність запропонованого конструктивного рішення.

Об'єкт досліджень. Машино-тракторний агрегат з трактора МТЗ-80 і напівпричепа розкидача органічних добрив

Предмет досліджень. Процес перерозподілення маси напівпричепа на ведучі колеса трактора в процесі його розвантаження.

Методологія та методи дослідження.

У ході дослідження застосовувалися загальноприйняті наукові принципи та теорії, які використовуються при вирішенні наукових і виробничих завдань. Під час збору даних та аналізу отриманих результатів було застосовано класичні статистичні методи. Вимірювання здійснювались із використанням сучасних методів та сертифікованих засобів контролю. Розрахунки та обробка результатів

експериментів виконувались із застосуванням ПОЕМ та спеціалізованого програмного забезпечення.

Експериментальні дослідження проводились в реальних умовах експлуатації згідно з чинними державними стандартами, що регламентують методи випробувань сільськогосподарської техніки.

Новизна роботи:

Вперше запропоновано конструктивне рішення довантаження коліс трактора завдяки регулюванню положення опорних коліс напівпричепа розкидача органічних добрив у процесі розкидання органічних добрив;

Вперше отримано закономірності зміни сили довантаження ведучих коліс трактора в залежності від величини розвантаження розкидача добрив.

Апробація. Публікації. 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 Особливості механізації внесення твердих органічних добрив

Сільськогосподарський транспорт відноситься до механізованих машин здатних підвищити продуктивність виробництва завдяки механізації основних технологічних процесів в сільському господарстві. Не виключенням являється і процес внесення органічних добрив.

Механізація внесення органічних добрив має ряд особливостей, що забезпечують ефективне використання добрив і оптимізують процеси обробки ґрунту. Однією з ключових задач є забезпечення рівномірного розподілу добрив по полю, що на пряму впливає на продуктивність рослин і родючість ґрунту. Для цього використовуються спеціалізовані машини, такі як розкидачі гною та компосту, обладнані сучасними системами контролю дозування та розподілу [1].

Також важливою особливістю є необхідність вибору техніки, яка може працювати з різними типами органічних добрив – рідкими, твердими або напіврідкими. Кожен вид добрива вимагає специфічних підходів до завантаження, транспортування та розкидання, що в свою чергу впливає на конструкцію машин і технології їхнього використання.

Ще одним аспектом є необхідність дотримання екологічних стандартів при внесенні органіки, особливо з огляду на те, що неправильне застосування може призвести до забруднення навколишнього середовища. Тому сучасні машини для внесення органічних добрив обладнуються системами, що мінімізують втрати поживних речовин та забезпечують їх точне попадання у ґрунт [2].

Механізоване внесення органіки також залежить від типу ґрунту та погодних умов, оскільки ці фактори можуть впливати на ефективність робіт. Для забезпечення оптимальної роботи техніки потрібно налаштовувати її параметри відповідно до конкретних умов поля, що вимагає від операторів певних знань і досвіду.

Загалом, механізація внесення органічних добрив є комплексним процесом, що включає правильний підбір техніки, адаптацію до різних видів добрив та умов, а також забезпечення екологічної безпеки та раціонального використання ресурсів.

Засоби механізації повинні забезпечити доставку матеріалу до необхідної ділянки та забезпечити рівномірний розподіл органічних добрив по полю. Все це можливо за умови ефективної логістики завдяки, якій зменшується час простою техніки на завантаженні, час доставки матеріалу та час розподілу органічних добрив по полю.

Врахувавши тематику кваліфікаційної роботи розглянемо особливості внесення твердих органічних добрив. За умови розташування ділянок на великій відстані більше 10 км матеріал підвозят використовуючи вантажні автомобілі, такий спосіб називається перевалочним. Після розвантаження за допомогою навісних розкидачів органічні добрива рівномірно розподіляються по полю. На рисунку 1.1 представлено навісний розкидач органічних добрив РУН-15, який ефективно розподіляє добрива на ділянці шириною до 15 метрів [3].



Рисунок 1.1 – Розподілення органічних добрив навісним розкидачем РУН-15

Зазвичай такого типу розкидачі складаються з двох частин (рис.1.2). По переду трактора встановлюється валкоформувавч 1, а по заду розміщується саме розкидач добрив.

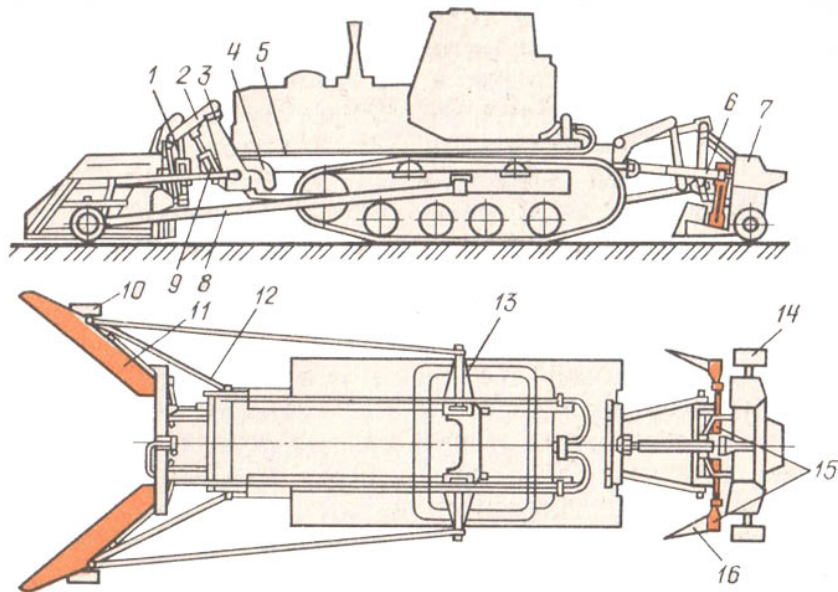


Рисунок 1.2 – Загальний вигляд навісного розкидача РУН-15 в агрегаті з трактором

- 1 — тяга навіски; 2 — підйомний важіль; 3 — передня навіска;
 4 — кронштейн кріплення; 5 — гідропроводи; 6 — карданне з'єднання;
 7 — механічний привід розкидача; 8 — балка; 9 — гідравлічний циліндр;
 10, 14 — колеса опорні; 11 — крило валко-формувача; 12 — розпорки;
 13 — поперечний ланжерон; 15 — розкидачі; 16 — крила розкидача

Агрегатування валко-формувача з трактором здійснюється за допомогою переднього навісного механізму 3. Формування валка здійснюється крилами 11. За допомогою опорних колес задається висота роботи формувача. Основним параметром валко-формувача є висота валка та ширина, які регулюються за допомогою вертикальної заслінки та кута встановлення крил формувача. Опорні катки регулюють висоту розташування агрегату. Так висоту можна змінювати в діапазоні від 0,2 до 1 метра, а ширину бурта від 0,14 м до 0,40 метра. Дані параметри відповідно впливатимуть на норму подачі матеріалу на розкидач. Використовуючи навісний механізм по задку трактора встановлюємо розкидач з механічним приводом 7. Крутний момент на привід передамо від вала відбору потужності за допомогою карданної передачі 6. Механізм розкидання

навішується на трактор ззаду. Працює від ВВП трактора. Активними робочими органами розкидача являються два чотири лопатеві ротори.

Але в більшості випадків виробничі ділянки (поля) господарства розташовуються на меншій відстані від місця завантаження органічних добрив до внесення і в цьому випадку актуально використовувати для транспортування та внесення органічних добрив напівпричепів розкидачів в агрегаті з тягачем тракторного типу (рис. 1.3) [4].



а



б

Рисунок 1.3 – Причепи-розкидачі:

а – одновісні; б - двовісні

Причепи-розкидачі твердих органічних добрив є важливим елементом сучасної сільськогосподарської техніки, що забезпечує ефективне і рівномірне внесення органіки на поля. Використання цих агрегатів сприяє підвищенню родючості ґрунтів і, відповідно, продуктивності сільськогосподарських культур.

Вибір і застосування причепів-розкидачів залежить від ряду факторів, таких як тип добрив, площа оброблюваних полів, вимоги до дозування та рівномірність внесення [5].

Конструкційні особливості причепів-розкидачів. Причепи-розкидачі органічних добрив мають декілька важливих складових, які забезпечують їх ефективну роботу:

Бункер для завантаження добрив. Об'єм бункера варіюється в залежності від моделі та може становити від декількох до десятків кубічних метрів. Його місткість визначає продуктивність машини, оскільки більший об'єм дозволяє обробляти більші площі без частих зупинок для дозавантаження.

Транспортерна система. Цей механізм відповідає за подачу добрив з бункера до розкидача. У більшості моделей застосовуються ланцюгові або скребкові транспортери, що забезпечують рівномірну подачу матеріалу до розподільчого вузла.

Розкидаючий механізм. Основний елемент, що відповідає за розподіл добрив по полю. Це можуть бути різноманітні роторні або дискові системи, які забезпечують рівномірне покриття оброблюваної поверхні на задану ширину. Від налаштувань розкидача залежить ступінь рівномірності внесення та кількість матеріалу на одиницю площі.

Регулюючі механізми. Причепи оснащуються системами, що дозволяють оператору налаштувати інтенсивність подачі добрив, регулювати швидкість роботи транспортерів та розкидаючого механізму відповідно до агротехнічних вимог.

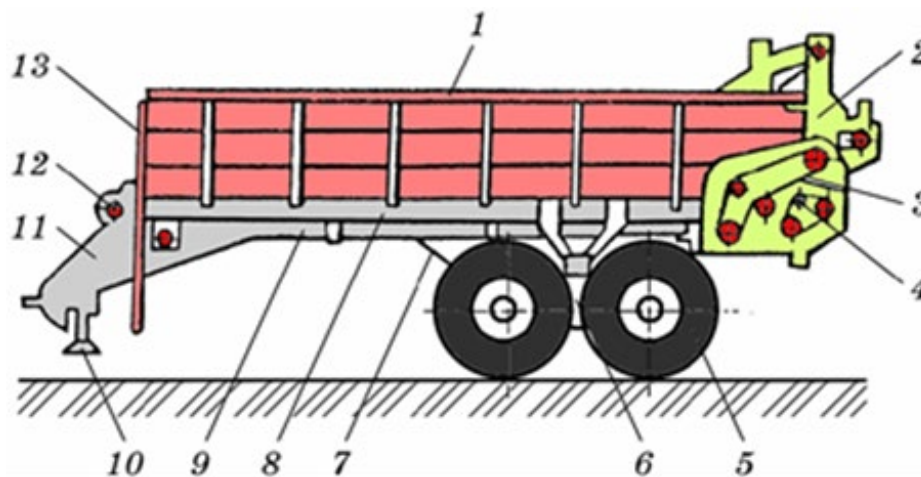


Рисунок 1.4 – Будова причіпа-розкидача твердих органічних добрив ПРТ-10:

- 1 — візок розкидача; 2 — розкидач твердих добрив ; 3 — ланцюговий привід; 4 — привідна частина конвеєра; 5 — рушії; 6 — підвіска;
 7 — конвеєр подачі матеріалу; 8 — остов причіпа-розкидача;
 9 — силова передача; 10 — опорний важіль; 11 — напрямне дишло;
 12 — вал карданної передачі; 13 — технологічна драбина

Принципи роботи та функціонування. Основним принципом роботи причепів-розкидачів (рис. 1.4) є транспортування органічних добрив з візка 1 до розкидаючого механізму 2, де матеріал розподіляється по поверхні поля. Робота починається із завантаження добрив у візок, після чого транспортерна система 4 переміщує матеріал до розподільчого механізму 2, який рівномірно викидає добрива на поле. Ширина смуги, на яку вносяться добрива, залежить від потужності та налаштувань розкидача.

Сучасні моделі причепів-розкидачів дозволяють регулювати кількість внесеного матеріалу залежно від потреб культури та агротехнічних вимог. Для забезпечення максимальної ефективності застосовуються системи автоматичного дозування, що дозволяють знизити витрати добрив та покращити точність їх внесення.

Переваги використання причепів-розкидачів. Економія ресурсів. Завдяки рівномірному внесенню добрив, витрати органічних матеріалів знижуються, що дозволяє ефективніше використовувати наявні ресурси.

Підвищення родючості ґрунтів. Рівномірний розподіл органічних добрив по полю сприяє покращенню структури ґрунту, що в свою чергу підвищує його родючість та сприяє кращому розвитку культур.

Мінімізація впливу на довкілля. Точне дозування добрив дозволяє уникати їх надмірного використання, що зменшує негативний вплив на навколишнє середовище та сприяє збереженню природних ресурсів.

Продуктивність. Використання причепів-розкидачів значно скорочує час, необхідний для внесення добрив на великі площі, що підвищує загальну ефективність роботи сільськогосподарського підприємства.

Причепи-розкидачі твердих органічних добрив є незамінними у сучасному аграрному секторі, оскільки вони дозволяють значно спростити процес внесення добрив, підвищити його точність та знизити витрати. Вони забезпечують рівномірний розподіл добрив по полю, що сприяє поліпшенню структури ґрунту та зростанню врожайності сільськогосподарських культур. Сучасні розкидачі оснащуються системами автоматичного управління, що дозволяє оптимізувати процес внесення та забезпечити високу ефективність роботи на полях.

1.2 Шляхи підвищення тягово-зчіпних показників тракторів на виконанні транспортних робіт

Робота машино-тракторних агрегатів в складі трактора і напівпричепів вимагає від тягачів (тракторів) реалізації підвищених тягово-зчіпних показників МТА в умовах бездоріжжя та в польових умовах. Це можливо реалізувати шляхом конструктивних та технологічних рішень а саме: збільшуючи зчіпну масу трактора завдяки встановленню баласту на ведучі колеса, додавання рідини до коліс, встановлення баластних вантажів на передню або задню частину бази

трактора, використовуючи шини підвищеної плями контакту, використання легких гусениць, регулюванням тиску в шинах, використанням повного приводу коліс, здвоєння чи строєння коліс, використання причепів або сільськогосподарських машин з активним приводом, що призводить до передачі частини потужності двигуна на активний міст причепа чи робочих органів; блокування диференціалів провідних коліс [5-7]. Розгляну ті способи підвищення тягово-зчіпних властивостей можливо класифікувати по таким ознакам (рис 1.5): по розподілу потоку потужності ДВЗ; змінюючи значення зчіпної ваги трактора; модернізація ходової частини тракторів.

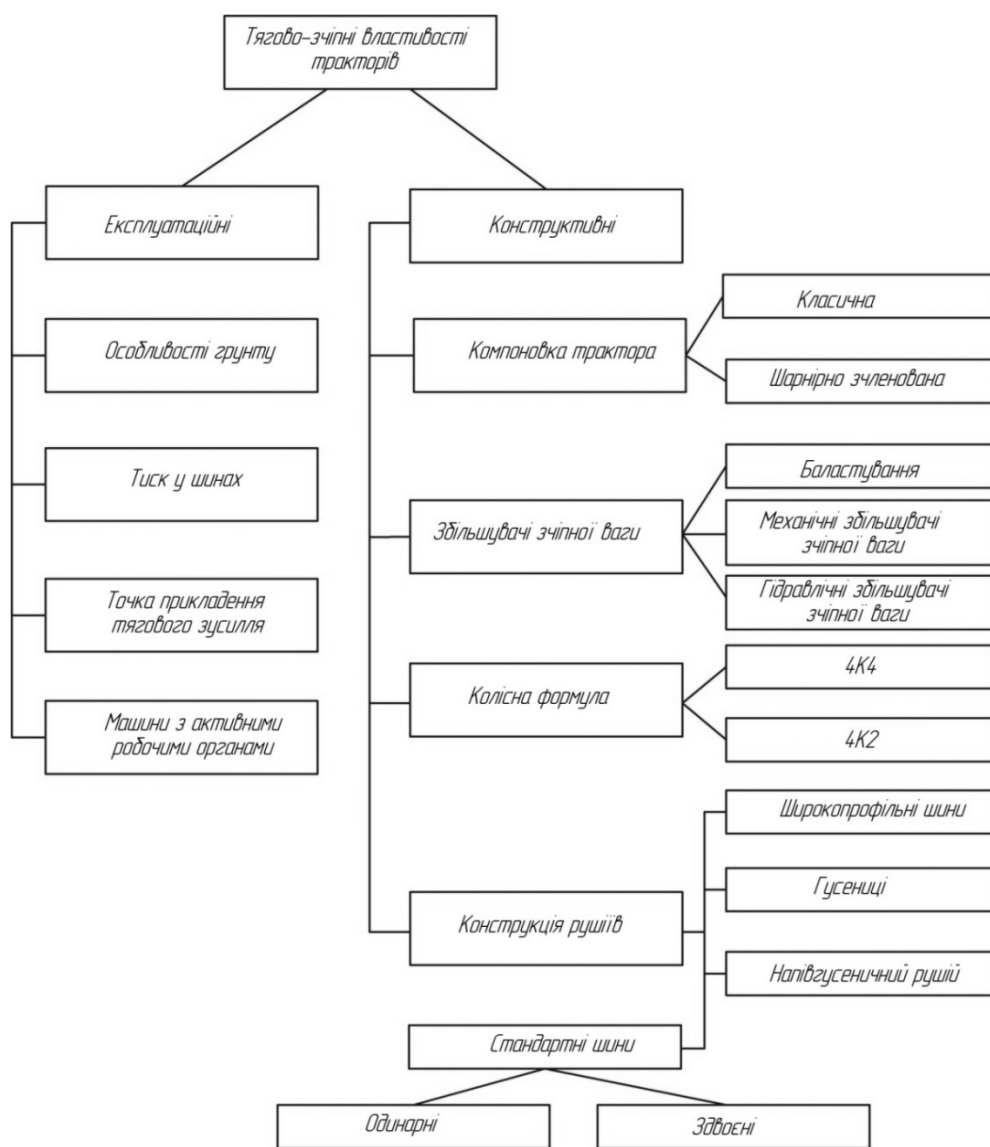


Рисунок 1.5 – Основні способи підвищення тягово-зчіпних властивостей тракторів

Баластування тракторів являється найбільш поширеним способом підвищення тягових показників трактора. Баластуванням трактора називається процес довантаження збільшення загальної ваги трактора вантажами, що можуть розміщуватися по переду (рис. 1.6, а), позаду (рис. 1.6, б) та по бокам трактора (рис. 1.6, в) [8]. Ще одним видом баластування тракторів являється використання рідини, що додається до пневматичних камер колісних рушіїв (рис. 1.6, г) [9], такий спосіб підвищує зчіпну вагу трактора та дещо ускладнює процес виконання баластування та не ефективний за низьких температур навколишнього середовище.

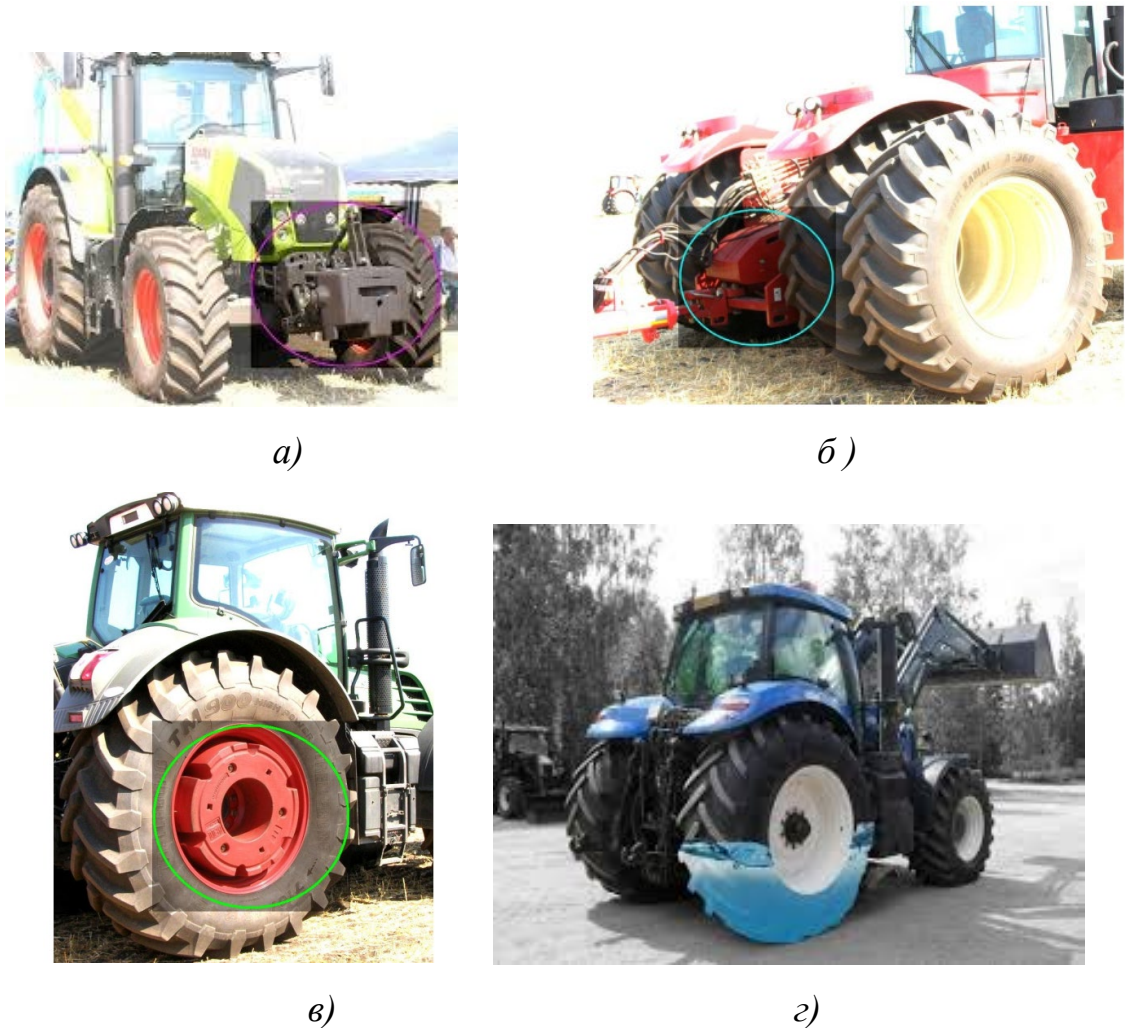


Рисунок 1.6 – Підвищення тягових показників трактора баластуванням:
а – розміщення баласту спереду; б – розміщення баласту позаду;
в – розміщення баласту на елементах коліс; г – використання рідини в якості баласту

Так за рахунок додавання рідини до коліс розміром 18.4-38 їх вага може вирости на 350-400 кг. Враховуючи результати досліджень з баластування тракторів [10] доведено його ефективність при експлуатації МТА в польових умовах.

Розширенню тягового діапазону та підвищенню тягово-зчіпних властивостей тракторів присвячені наукові роботи Надикто В.Т. Запропонована модульна конструкція енергетичних засобів МЕЗ (рис. 1.7) [11, 12] за рахунок перерозподілу потоку потужності від ДВЗ дозволяє розширити номінальне тягове зусилля трактора на один тяговий клас.



Рисунок 1.7 – Модульні енергетичні засоби МЕЗ

Окрім баластування ще одним способом збільшення зчіпної ваги є перерозподілення ваги причіпної чи начіпної машини на ведучі колеса трактора.

Виконання транспортних перевезень здійснюється з використанням причепів та напівпричепів. Напівпричепа агрегуються з тракторами з використанням буксирного пристрою або з використанням гідрогаку (рис.1.8).

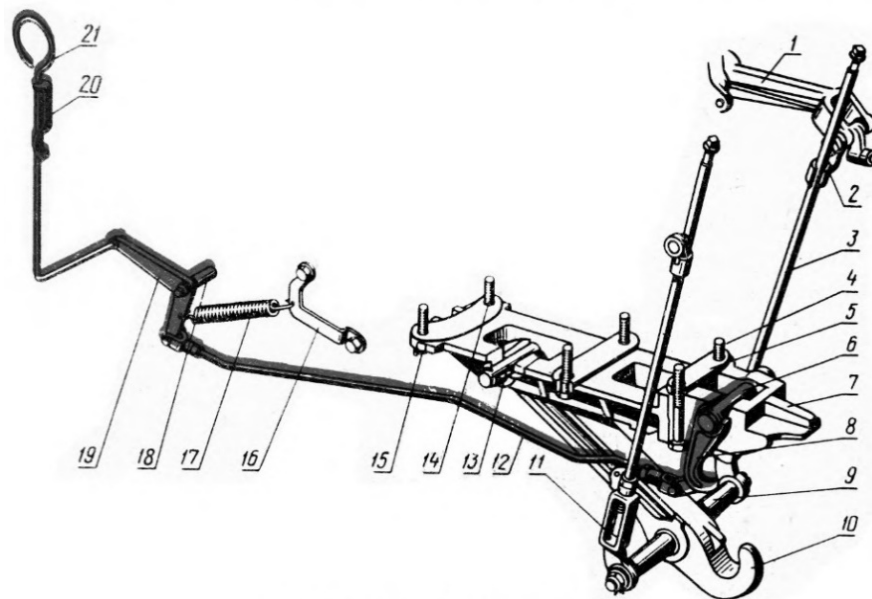
Особливостями напівпричепів в порівнянні з причепами є краща маневреність, простіша конструкція та вага що на 20-30 % менше за причепа. Особливо експлуатація тракторів з напівпричепами більш надійна в умовах бездоріжжя в порівнянні з двовісними причепами.

Внутрішні перевезення в господарстві а це близько 70-78 % відсотків припадає на транспортні перевезення з використанням тракторів в агрегаті з причепами. Близько 25-30%, перевезень припадає на транспортні перевезення з використанням причепів чи напівпричепів розкидачів органічних і мінеральних добрив [13]. Причіпна схема ТТА являється найбільш поширеною при агрегуванні тракторів.

На рисунку 1.8,а представлено схему агрегування тракторів з використанням гідрогаку. Таке з'єднання забезпечує перерозподіл ваги напів-причепа на ведучі колеса трактора (тягача), що підвищить його зчіпні властивості та прохідність в умовах бездоріжжя.



а



б

Рисунок 1.8 – Особливості використання гідрогаку:

а – агрегування тракторів з напів-причепом; б – загальна будова гідрогаку; 1 – важіль навіски; 2 – серезжка; 3 – тяги; 4, 14 – болтове кріплення; 5 – прокладка ; 6 – вісь; 7 – основа, 8 – важіль захвату; 9, 13 – вісь гідрогаку; 10 – гідрогак; 11 – регулювальна гайка; 12 – повздовжня тяга; 15 – планка фіксатор; 16 – кронштейн; 17 – пружина привода; 18 – вісь привода; 19 – важіль керування; 20 – фіксатор; 21 – важіль

Використовуючи гідрогак тракторист може дистанційно та оперативно виконувати агрегування трактора без сторонньої допомоги, з напів-причепами.

Особливістю напівпричепів являється розміщення центра ваги між віссю коліс та причіпним пристроєм (гідрогаком) трактора. Завдяки такому розподілу частина ваги вантажу перерозподіляється на задні ведучі колеса що покращує їх зчеплення з опорною поверхнею та підвищує тягові показники трактора.

Ще одним способом підвищення тягово-зчіпних показників трактора являється модернізація ходової частини тракторів шляхом використання легких гусениць (рис. 1.9, а) або збільшенням кількості коліс (рис. 1.9, б), що дозволяє збільшити площу контакту рушіїв та знизити буксування останніх [14].



а

б

Рисунок 1.9 – Підвищення тягових показників трактора шляхом модернізації ходової частини

Проведеними польовими дослідженнями доведено ефективність запропонованого способу, а саме показники буксування на оранці знизилися на 10 %, а на виконанні культивації цей показник знизився на 14 відсотки [15].

1.3 Технічне вирішення питання перерозподілу ваги напів-причепів на ведучі колеса трактора

Враховавши проведений аналіз в попередньому розділі найбільш ефективним агрегуванням тракторів з напів-причепами являється використання гідрофікованого гаку яке дозволяє ефективно розподіляти

навантаження на опорні колеса підвищуючи паливну економічність та продуктивність МТА. Але крім переваг такої схеми є і недоліки, а саме розвантаження передньої частини трактора та пов'язане з цим погіршення керування. Розглянемо найбільш актуальні технічні рішення з агрегування напівпричепів з тракторами.

Запропоновано пристрій (рис 1.10) [16], який дозволяє довантажити ведучі колеса трактора за рахунок розподілу частини ваги вантажу, що перевозиться в напів-причепі.

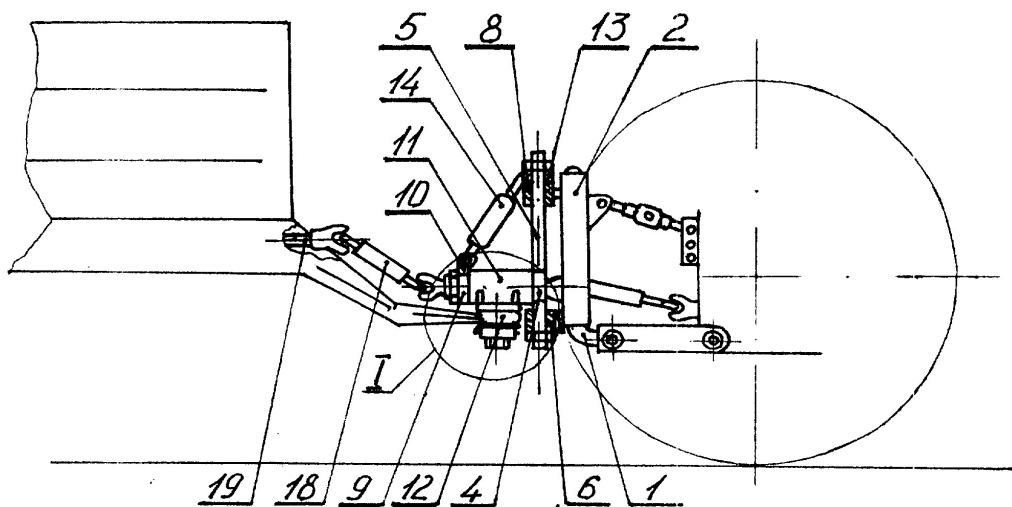


Рисунок 1.10 – Тягово-довантажувальний пристрій патент №422190

1 – навіска, 2 – рамка, 4 – опорне кільце, 5 – опорна вісь, 6, 8 – опорна втулка, 9 – дистанційне кільце, 10 – вухо, 11 – корпус приводу, 12 – кільце з'єднувальне дишла, 13 – шарнірна опора, 14 – упор, 18 – карданна передача, 19 – вал

Пристрій-довантажувач з'єднується з навісним механізмом тракторам та надійно фіксується за допомогою запірною пристрою. Його робота розпочинається з встановлення важеля розподільника в «плаваюче» положення. Далі відбувається переведення важеля гідророзподільника в положення - "плаваюче". Це дозволяє перерозподіляти ваги з причепа на навісний механізм трактора і далі на опорні колеса. При подоланні нерівностей машино-тракторним агрегатом балансування напів-причепа по вертикалі відносно з'єднувального кільця і пальця фіксується обертанням втулки в корпусі та відповідно змінюється

положення навіски, а саме обертання поздовжніх тяг відносно шарнірів. Передача потужності на привід причепа-розкидача організовано за допомогою карданного з'єднання.

Недоліком запропонованої конструкції тягово-довантажувального пристрою є мимовільне змінювання положення тяг при виконанні поворотів, що порушує принцип роботи пристрою; використання карданних з'єднань в кількості чотирьох штук знижує надійність механізму передачі потужності, а наявність опори карданного з'єднання ускладнює саму конструкцію пристрою.

Запропонована конструкція винаходу [17] (рис 1.11), дозволяє усунути мимовільні зміни положення тяг навісного механізму причіпної частини (дишла) напівпричепа при подоланні нерівностей МТА; Агрегаткування напівпричепа з трактором відбувається через запропонований пристрій, який забезпечує постійне довантаження коліс тягача балансує положенням напівпричепа в залежності від нерівностей на опорній поверхні. З'єднання пристрою з навісним механізмом трактора надійно фіксується запірним механізмом.

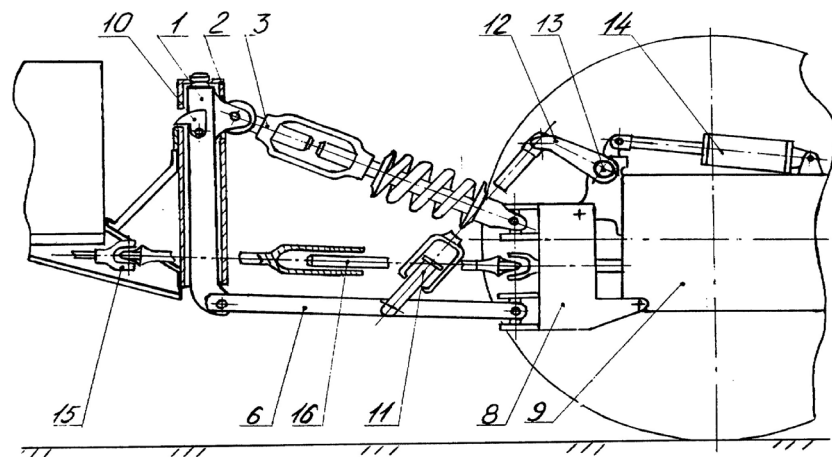


Рисунок 1.11 – Тягово-довантажувальний пристрій патент №197845

1 – з'єднувальний трикутник, 2 – з'єднувальна рамка, 3 – центральна тяга з пружиною, 6 – поздовжня тяга, 8 – корпус, 9 – остов трактора, 10 – замок, 11 – розкоси, 12, 13 – верхній важіль з поворотним валом, 14 – силовий гідроциліндр, 15 – карданна передача, 16 – рухомий вал з шліцами

Як і в попередньому варіанті навіска за допомогою гідорозподільника переводиться в плаваючий режим. Регулювання положення напівпричепа

здійснюється за допомогою верхньої тяги змінної довжини, нижньої тяги та шарніра Гука. До недоліків запропонованого пристрою можна віднести не ефективність його роботи на схилах, та утруднення керування МТА завдяки надмірному навантаженню передньої осі трактора.

Запропонована конструкція довантажувача ведучих коліс трактора на базі розкидача-напівпричепа органічних твердих добрив [18] (рис 1.12), яка дозволяє підвищити ефективність роботи МТА на внесені органічних добрив знизити витрати пального та підвищити його продуктивність завдяки регулюванню положення опорних коліс рушіїв напівпричепа.

За умови заповненого візка робота довантажувача розпочинається з переведення гідравлічної частини з положення "плаваюче" в положення "підйом", в такому режимі всі колеса спираються на опорну поверхню, тензодатчик тиску 11 знаходиться в режимі «замкнено».

При розвантаженні на половину візка відбувається зміна режиму навантаження і тензодатчик формує сигнал на виконавчий механізм керування положенням опорних коліс 1, 10, до склад якого входить гідроциліндр та балансир 9. Зміщення опорної точки з обох коліс на задні колеса дозволяє перемістити частину ваги напівпричепа на навіску трактора. Завдяки довантаженню ведучих коліс тягача (трактора) знижується коефіцієнт буксування та відповідно зростає продуктивність МТА.

Роботу при холостих переїздах напівпричепа-розкидача без вантажу бажано виконувати спираючись на задні опорні колеса, що дозволить підвищити маневреність МТА, завдяки зниженню опору на перекочування і зменшить знос шин та шарнірних з'єднань підвіски напівпричепа.

До недоліків запропонованого рішення можна віднести відсутність регулювання положення коліс по мірі розвантаження напівпричепа розкидача органічних добрив. Тобто довантажувач працює тільки за умови розвантаження візка на 50 %.

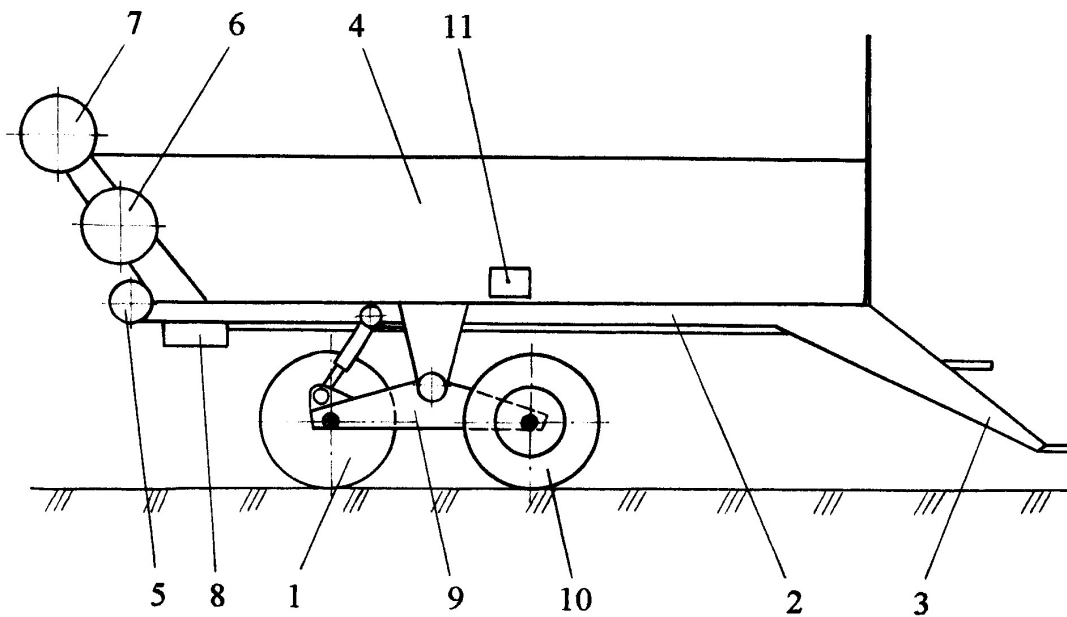


Рисунок 1.12 – Розкидач твердих органічних добрив патент №485916

1, 10 – рушії; 2 – остов; 3 – приєднувальне дишло, 4 – візок,
 5 – планчасто- ланцюговий конвеєр, 6 – барабан подрібнювач,
 7 – барабан-розкидач, 8 – ланцюгова передача-редуктор, 9 – балансирна підвіска,
 11 – тензодатчик тиску

1.4 Висновки

1. В результаті проведеного аналізу встановлено що технологічний процесу внесення органічних твердих добрив виконується за двома способами. В першому використовується автомобільний транспорт для підвезення добрив на відстань більше 10 км з послідовним розподілення маси за допомогою розкидачів. Другий спосіб використовується з використанням напівпричепів розкидачів за умови перевезень добрив на відстань до 10 км.

2. Встановлено що існують три основних способа підвищення тягово-зчіпних показників МТА, а саме з використанням розподілу потоку потужності ДВЗ, виконуючи модернізацію ходової частини тракторів та змінюючи значення зчіпної ваги трактора. В нашій роботі буде використано останній спосіб з збільшенням зчіпної ваги трактора за рахунок перерозподілу частини ваги напівпричепа на ведучі колеса тягача.

3. Розглянувши основні конструктивні рішення по розподіленню ваги напівпричепів на ведучі колеса трактора обрано за прототип спосіб з регулюванням положення опорних рушіїв в залежності від розвантаження напівпричепа розкидача органічних твердих добрив.

1.5 Мета і завдання досліджень

Мета кваліфікаційної роботи підвищення тягово-зчіпних властивостей тракторів при агрегуванні з напівпричепами розкидачами органічних добрив

Для досягнення поставленої мети поставлені необхідно вирішити такі задачі:

1. За результатами проведеного аналізу розробити конструкцію довантажувача на базі напівпричепа розкидача органічних добрив.

2. В результаті теоретичних та експериментальних досліджень встановити закономірності зміни сили довантаження ведучих коліс трактора в залежності від величини розвантаження розкидача добрив.

3. Встановити бажані значення режимів роботи довантажувача коліс трактора у процесі розвантаження розкидача.

4. Економічно обґрунтувати ефективність запропонованого конструктивного рішення.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Актуальність проведення модернізації напівпричепів-розкидачів органічних добрив

Однією з проблем експлуатації напівпричепів в агрегаті з трактором є нерівномірність навантаження на буксирний пристрій, що пов'язано з перерозподілом центра ваги напівпричепа в залежності його заповнення вантажем. Нерівномірність навантаження впливає на зміну зчіпної ваги трактора. За умови її збільшення знижується буксування рушіїв та неефективна витрата пального і навпаки. Але збільшення навантаження на буксирний пристрій веде до розвантаження передньої частини трактора, що негативно впливає на його керованість в зв'язку з втратою достатнього зчеплення передніх керованих коліс, тому перерозподіл маси напівпричепа на буксирний пристрій трактора повинен бути контрольованим і реалізувати такий контроль можливо за допомогою довантажувача зчіпного пристрою.

В нашому випадку проведемо теоретичний аналіз процесу розподілу вантажу на базі напівпричепа розкидача органічних добрив. Як уже було сказано раніше розподіляти вагу напівпричепа на буксирний пристрій необхідно за умови забезпечення максимально можливої зчіпної ваги трактора без втрати його керованості.

Технологічний процес роботи такого типу машин полягає в розвантаженні органічної маси з передньої її частини, тому центр ваги напівпричепів розкидачів поступово зміщується до його задньої частини, що протидіє довантаженню ведучих рушіїв та знижує приріст зчіпної ваги трактора і тим самим погіршує його тягово-зчіпні властивості. Розглянемо декілька способів, які дозволяють вирішити дану проблему:

1. Використовуючи балансиру підвіску реалізувати зміщення коліс вбік розвантаження органічних добрив та регулювання висоти передніх коліс по мірі розвантаження напівпричепа.

2. Перемістити розподільчі органи розкидачів в передню частину напівпричепа. Таке удосконалення вимагає серйозних змін у конструкції базової машини.

3. І ще один спосіб перерозподілу ваги напівпричепа полягає у синхронному переміщенні підвіски з колесами вздовж кузова розкидача у напрямку розвантаження органічних добрив.

Розглянуті способи потребують конструктивних змін базової моделі розкидача добрив і перший спосіб має дещо гірші показники, якщо його порівнювати з іншими двома, але використовуючи його удосконалення виконуємо за найменших затрат часу, та вартості проекту. ,

Проведемо теоретичні дослідження основних показників роботи напівпричепа за першим способом удосконалення. Для цього скористаємося паспортними даними на базову модель розкидача РОУ-6 (додаток А).

Згідно паспортним даним та технічній документації відсутня інформація що до координат центру ваги (ЦВ) напівпричепа розкидача органічних добрив. Тому подальші дослідження стосуються визначенню координат ЦВ та їх залежності від розподілу вантажу по візку розкидача. Визначення координат ЦВ виконуємо з встановлення ваги, що приходить на лівий і правий колісні візки. Також необхідно визначити величину ваги що передається причепом через дишло на буксирний пристрій трактора [19]. Скориставшись рівнянням моментів (2.1) відносно точки А (рис. 2.1) визначимо горизонтальну координату ЦВ розкидача $l_{ц}$.

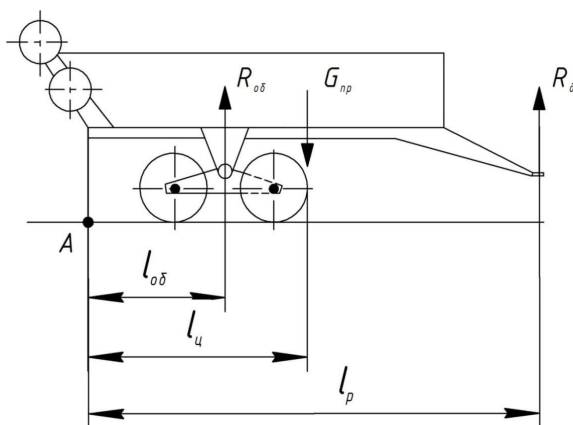


Рисунок 2.1 – Теоретичні дослідження ЦВ порожнього напівпричепа

$$R_{об} \cdot l_{об} + R_{д} l_p = G_{пр} \cdot l_{ц} \quad (2.1)$$

де $R_{об}$ – реакція балансірної підвіски, кН;

$R_{д}$ – реакція на буксирному пристрої, кН;

$G_{пр}$ – вага порожнього РОУ-6, кН;

$l_{об}, l_{ц}, l_p$ – відстань від точки А, відповідно до балансира, до ЦВ та буксира,

м.

$$\text{Де} \quad R_{об} = (G_{пр} - R_{д}), \quad (1)$$

$$\text{Тоді:} \quad (G_{пр} - R_{д}) \cdot l_{об} + R_{д} l_p = G_{пр} \cdot l_{ц} \quad (2)$$

$$\text{Звідки:} \quad l_{ц} = \frac{(G_{пр} - R_{д}) \cdot l_{об} + R_{д} l_p}{G_{пр}} \quad (2.2)$$

На другому етапі теоретичних досліджень згідно отриманим значенням координат горизонтального розміщення ЦВ визначимо величину перерозподілу ваги завантаженого напівпричепа на зчпний пристрій трактора (рис. 2.2).

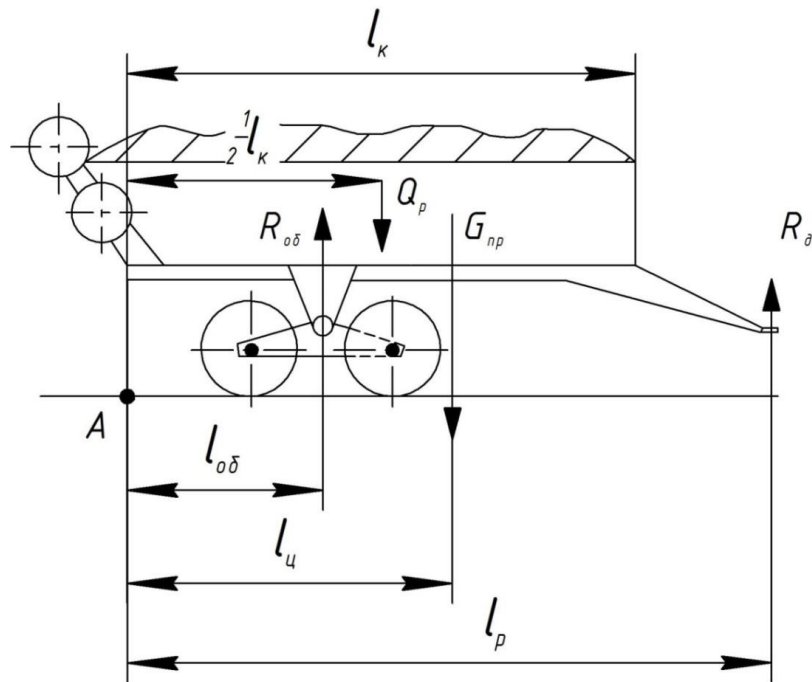


Рисунок 2.2 – Теоретичні дослідження перерозподілу ваги розкидача на зчпний пристрій трактора

Значення моментів відносно точки А визначимо за рівнянням:

$$(G_{\text{пр}} + Q_p^H - R_{\text{д}}^H)l_{\text{об}} + R_{\text{д}} \cdot l_{\text{р}} = Q_p^H \cdot \frac{l_{\text{к}}}{2} + G_{\text{пр}} \cdot l_{\text{ц}} \quad (2.3)$$

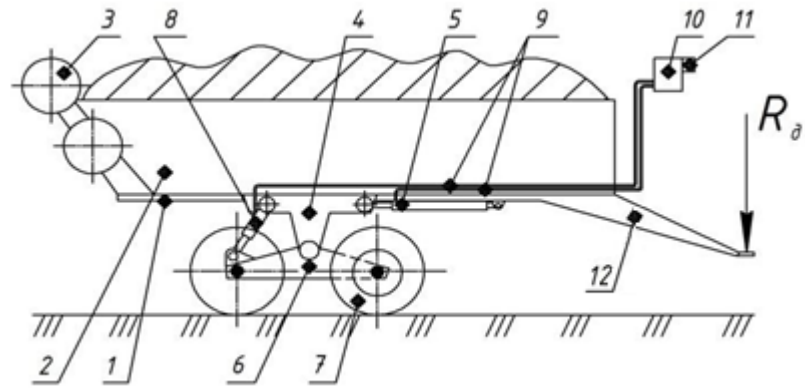
Тоді:

$$R_{\text{д}}^H = \frac{Q_p^H \frac{l_{\text{к}}}{2} + G_{\text{пр}} \cdot l_{\text{ц}} - (G_{\text{пр}} + Q_p^H)l_{\text{об}}}{l_{\text{р}} - l_{\text{об}}} \quad (2.4)$$

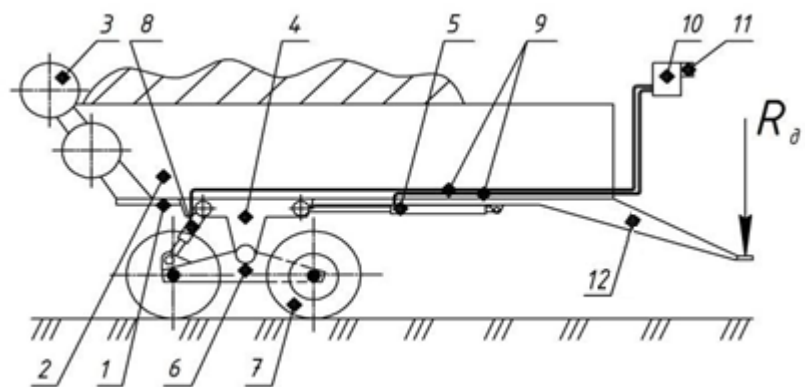
За отриманою залежністю (2.4) визначимо значення перерозподілу ваги напівпричепа-розкидача на буксирний пристрій трактора $R_{\text{д}}^H$ за номінального його завантаження Q_p^H .

2.2 Обґрунтування конструкції довантажувача ведучих коліс трактора на базі напівпричепа розкидача органічних добрив

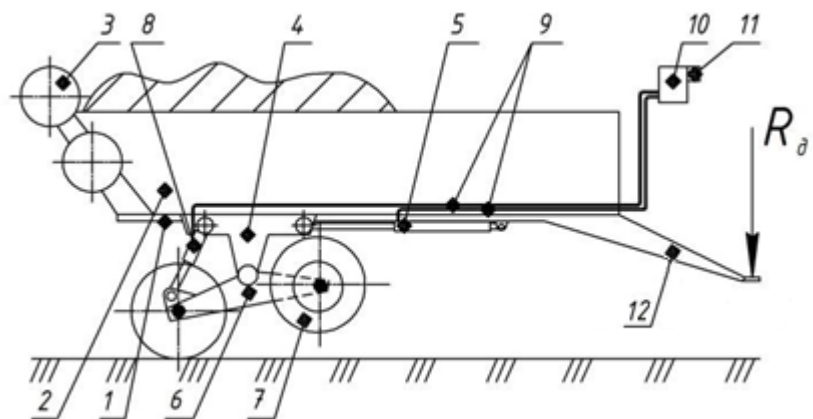
Як уже говорилося раніше удосконалення проведемо розкидача органічних добрив РОУ-6М (рис. 2.3) вантажопідйомність якого складає 6 тон. Використовуючи планчастого типу транспортер органічні добрива рівномірно надходять від передньої частини кузова до двох розкидачів. По мірі розвантаження напівпричепа відповідно рис. 2.3,а -2.3,в відбувається зміщення назад кронштейнів та підняття вгору передніх коліс ходової каретки. Удосконалений напівпричеп складається з рамного остову 1, на якому встановлено кузов 2, розкидачі 3, на нижній частині остова 1 з обох боків розміщено рухомі кронштейни 4 з шарнірно закріпленими штоками гідроциліндрів 5 інша частина гідроциліндрів шарнірно закріплена відносно рами 1. До нижньої частини кронштейнів шарнірно закріплені балансири каретки 6, з встановленими колесами 7. Керування гідроциліндрами 5 та 8 здійснює моноблочний розподільник 10 з блоком керування 11.



а)



б)



в)

Рисунок 2.3 –Схема удосконаленого розкидача-напівпричепа РОУ-6У

а) повне заповнення кузова і базове розміщення каретки рушіїв; б) заповнення на 75%; в) заповнення на 50%; 1 – рамний остов; 2 - кузов; 3 – розкидачі; 4 – рухомі кронштейни; 5 – поршневий гідроциліндр; 6 – балансірна каретка; 7 – колісні рушії; 8 – поршневі гідроциліндри; 9-гідропроводи; 10 – моноблочний гідрозподільник; 11 – блок керування; 12 – тензодатчик

Розподілення ваги вантажу здійснюється по опорним рушіям 7 та через дишло напівпричепа на буксирний пристрій навіски трактора збільшуючи його зчіпну вагу на величину R_d (рис. 2.4). В процесі розвантаження розкидача органічні добрива переміщуються від передньої частини кузова 2 зміщуючи ЦВ причепа ближче до місця розвантаження (назад), що призводить до зменшення величини R_d на буксирному пристрої трактора (рис. 2.4 крива 1), що викликає буксування на нестійких поверхнях поля.

Час розвантаження кузова 2 розкидача за відомого значення вантажепідємності Q визначимо за рівнянням:

$$t = \frac{Q}{B_p \cdot d \cdot v_p} \quad (2.5)$$

де Q – вантажопідємність розкидача, кг;

B_p – ширина розкидання добрив, м;

d – норма внесення добрив, кг/м²;

v_p – робоча швидкість ТГА, м/с.

За сигналами тензодатчика 12, який відслідковує навантаження яке передається на дишло а відповідно на буксирний пристрій (рис. 2.4) блок керування за допомогою гідророзподільника 10, задає необхідний алгоритм включення гідроциліндрів 5, для зміщення кронштейнів 4 назад (рис. 2.3б), в результаті чого відбувається зміщення ЦВ до місця розвантаження добрив завдяки чому досягається збільшення довантаження R_d на буксирний пристрій трактора. По мірі розвантаження органічних добрив зміщення каретки з кронштейнами продовжується до моменту розвантаження більше половини вантажу за таких умов додатково за допомогою гідроциліндрів 8 відбувається підйом передніх коліс, що додатково забезпечує зміщення ЦВ та довантаження буксирного пристрою трактору (рис. 2.3в, 2.4 відрізок 2). Подальше

розвантаження добрив веде до зниження значення величини довантаження, (рис. 2.4 відрізок кривої 3). Точка О свідчить про повне розвантаження розкидача.

Запропоноване удосконалення напівпричепа-розкидача РОУ-6У забезпечить збільшення зчіпної ваги трактора шляхом перерозподілу ваги напівпричепа через буксирний пристрій, що призведе до зниження буксування рушіїв трактора і, як наслідок, зменшення часової та питомої витрати палива.

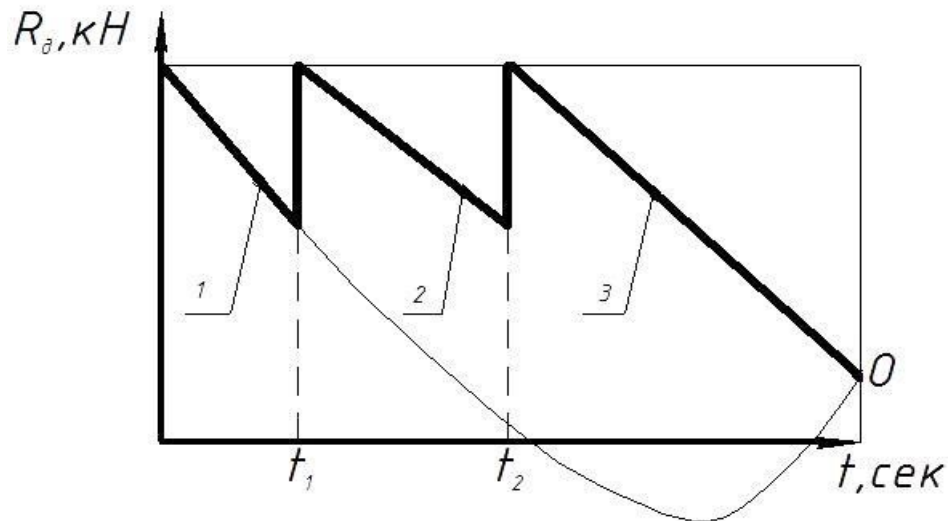


Рисунок 2.4 – Залежність величини довантаження ведучих коліс трактора від часу розвантаження розкидача

2.3 Теоретичне дослідження процесу розвантаження напівпричепа-розкидача органічних добрив

Згідно попередньо проведених теоретичних досліджень розглянуто три алгоритми роботи довантажувача ведучих коліс трактора в процесі розвантаження розкидача органічних добрив. Виконаємо аналіз кожного з наведених алгоритмів роботи довантажувача:

- без зміщення каретки з балансирами колісних рушіїв напівпричепа-розкидача;
- зміщена назад каретка з рушіями;
- зміщена назад каретка з піднятими передніми колесами;

Значення вантажопіденості напівпричепа-розкидача Q_p визначимо за формулою:

$$Q_p = \frac{Q_p^H}{l_k} \cdot l_k = q \cdot l_k \quad (2.6)$$

де q – питома вага органічних добрив, кН/м

Значення поточної ваги вантажу в кузові Q_{pi} по мірі розвантаження розкидача:

$$Q_{pi} = \frac{Q_p^H}{l_k} \cdot l_i = q \cdot l_i \quad (2.7)$$

l_i – довжина на якій розміщено вантаж в кузові.

Поточне значення довжини кузова визначимо за рівнянням:

$$l_i = l_k \cdot \lambda \quad (2.8)$$

де λ – частка вантажу в кузові.

Тоді поточне значення ваги добрив в кузові визначимо за рівнянням:

$$Q_p = l_k \cdot \lambda \cdot q \quad (2.9)$$

Рівняння моментів відносно точки А (рис. 2.2) отримає вигляд:

$$R_{об} \cdot l_{об} + R_{\partial}^H \cdot l_p = Q_p \frac{l_k}{2} + G_{np} \cdot l_{ц} \quad (2.10)$$

Або

$$(G_{np} + q \cdot l_k \cdot \lambda - R_{\partial}^H) \cdot l_{об} + R_{\partial}^H \cdot l_p = q \cdot l_k \cdot \lambda \cdot \frac{\lambda \cdot l_k}{2} + G_{np} \cdot l_{ц} \quad (2.11)$$

$$G_{np} \cdot l_{об} + q \cdot l_k \cdot \lambda \cdot l_{об} - R_{\partial}^H \cdot l_{об} + R_{\partial}^H \cdot l_p = l_k^2 \cdot \lambda^2 \cdot \frac{q}{2} + G_{np} \cdot l_{ц} \quad (2.12)$$

Виконаємо математичні перетворення:

$$l_k^2 \cdot \lambda^2 \cdot \frac{q}{2} - q \cdot l_k \cdot \lambda \cdot l_{об} + G_{np} \cdot (l_{ц} - l_{об}) + R_{\partial}^H l_{об} - l_p = 0 \quad (2.13)$$

$$A\lambda^2 - B\lambda + C = 0 \quad (2.14)$$

$$A = \frac{q}{2} l_k^2; B = q \cdot l_k \cdot l_{об}; C = G_{np} \cdot (l_{ц} - l_{об}) + R_{\partial}^H l_{об} - l_p \quad (2.15)$$

За умови зміщення каретки з рушіями вирішивши вираз (2.14) отримаємо, що $\lambda = 1$. Для забезпечення умови постійного довантаження ведучих коліс трактора за допомогою гідроциліндра 5 по мірі розвантаження кузова зміщується каретка з рушіями (рис. 2.3). Це дозволить зменшити плече прикладання сили, що діє на колісний рушій. Вирішивши квадратне рівняння (2.14) за постійного значення коефіцієнтів (2.15) отримаємо:

$$A = \frac{q}{2} l_k^2; B = q \cdot l_k (l_{об} - l_{ш}) \quad (2.16)$$

$$C = G_{np} \cdot (l_{ц} + l_{ш} - l_{об}) + R_{\partial}^H l_{об} - l_{ш} - l_p \quad (2.17)$$

де $l_{ш}$ – значення величини зміщення кронштейна, м.

У процесі розвантаження розкидача зусилля довантаження змінюється за іншою закономірністю ніж на початковому моменті (рис. 2.4).

Поточне значення кількості вантажу при підключенні гідроциліндра 5 (рис. 2.3) визначимо за формулою:

$$Q_1 = Q_p \cdot (1 - \lambda_1) \quad (2.18)$$

де λ_1 значення ступеня розвантаження кузова розкидача, що відповідатиме номінальному зусиллю, для реалізації довантаження R_d .

Значення часу через, який відбудеться включення гідроциліндру визначимо за формулою:

$$t_1 = \frac{Q_1}{q_p} = \frac{Q_p \cdot (1 - \lambda_1)}{B_p \cdot d \cdot \vartheta_p} \quad (2.19)$$

де q_p – секундна продуктивність розкидача, кг/с;

На наступному етапі розвантаження більше 50 % вантажу для реалізації довантаження ведучих коліс трактора в роботу підключаються гідроциліндри 8 підйому передніх коліс (рис. 2.3). Це призведе до зменшення значення плеча прикладення реакції балансірної опори на колісний рушій $R_{об}$:

$$l_z = r_k \quad (2.20)$$

Ступінь розвантаження кузова в момент підйому передніх коліс визначимо за рівняння (2.14), за постійного значення коефіцієнтів (2.15) отримаємо:

$$A = \frac{q}{2} l_k^2; B = q \cdot l_k (l_{об} - l_{ш} - r_k)$$

$$C = G_{np} \cdot (l_{ш} + r_k + l_{ц} - l_{об}) + R_{\partial}^H \cdot l_{об} - l_{ш} - r_k - l_p \quad (2.21)$$

Значення часу включення поршневих гідроциліндрів 8 (рис. 2.3) t_2 визначимо за рівнянням:

$$t_2 = \frac{Q_2}{q_p} = \frac{Q_p \cdot (1 - \lambda_2)}{B_p \cdot d \cdot \vartheta_p} \quad (2.22)$$

Враховуючи відоме значення продуктивності розкидача та час включення гідроциліндрів 5 і 8 (рис. 2.3), в конструкції використано таймер (рис. 2.3), за сигналами якого блок 11 здійснює керування гідроциліндрами 5, та 8 за допомогою гідророзподільника 10. (рис. 2.3).

Підйом передніх коліс розкидача відбувається за умови зниження ваги добрив в кузові нижче показника несучої здатності задніх опорних коліс:

$$2N_k \geq G_{np} + Q_p^H \lambda_2^* - R_\partial^H \quad (2.23)$$

де N_k – максимальне навантаження шини розкидача, кН;

λ_2^* – значення частки добрив в момент включенням гідроциліндра 8 (рис. 2.3).

$$\lambda_2^* = \frac{2N_k - G_{np} + R_\partial^H}{Q_p^H} \quad (2.24)$$

За результатами проведених теоретичних досліджень дискретне регулювання довантаження трактора (рис. 2.4) не дозволяє в повній мірі стабілізувати вихідне значення R_d на буксирному пристрої.

2.4 Теоретичне дослідження довантаження ведучих коліс трактора за умови розвантаження добрив в передній частині розкидача

На наступному етапі досліджень довантаження ведучих коліс трактора розглянемо варіант з розвантаженням добрив в передній частині напівпричепа з відповідним їх переміщенням від заднього борту розкидача (рис. 2.5) [20].

. За такої схеми рівняння моментів сил, відносно точки А по мірі розвантаження напівпричепа матиме вигляд згідно (2.13)

Значення завантаження напівпричепа Q_p визначимо за рівнянням:

$$Q_p = q \cdot l_k (1 - \lambda) \quad (2.25)$$

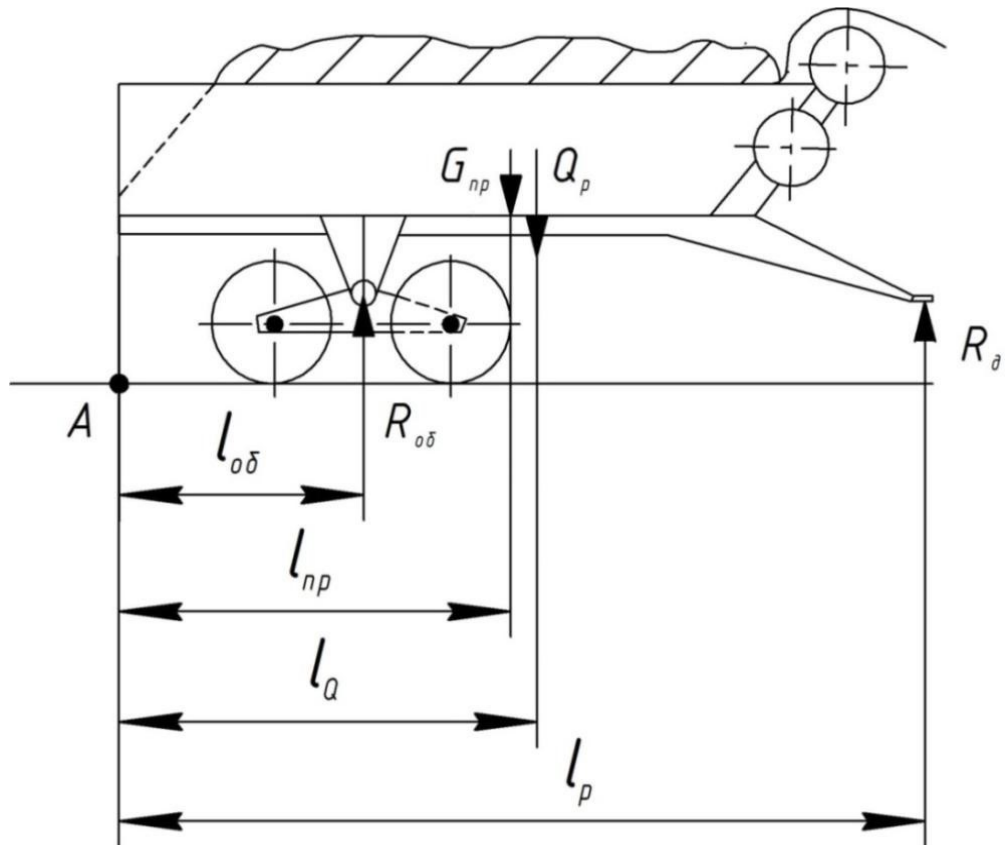


Рисунок 2.5 – Теоретичні дослідження довантаження ведучих коліс трактора за умови розвантаження добрив в передній частині розкидача

Плече прикладення сили відносно точки А визначимо за рівнянням:

$$l_q = \frac{1}{2} l_k (1 - \lambda) \quad (2.26)$$

Тоді рівняння моментів відносно точки А отримає вигляд:

$$[G_{нр} + q \cdot l_k (1 - \lambda) - R_{д}] l_{об} + R_{д} l_k = G_{нр} \cdot (l_{ц} - l_{об}) + q \cdot l_k \cdot (1 - \lambda) \frac{1}{2} l_k (\lambda + 1) \quad (2.27)$$

Виконаємо математичні перетворення:

$$q \cdot \frac{l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{нр} (l_{об} - l_{ц}) = R_{д} \cdot (l_{об} - l_p) \quad (2.28)$$

Звідки

$$R_{\partial} = \frac{q \cdot \frac{l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{o6} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np} (l_{o6} - l_{ц})}{(l_{o6} - l_p)} \quad (2.29)$$

Виконавши аналіз отриманої залежності (2.29) можна сказати, що сила довантаження, яка діє на буксирний пристрій трактора має екстремум, що добре видно на (рис. 2.6). За умови перевищення R_{∂}^i при максимальному значенні $R_{\partial max}$ для збереження керованості ГТА необхідно виконати баластування передньої частини трактора, або змістити каретку з колісними рушіями напівпричепа в бік подачі добрив в кузові.

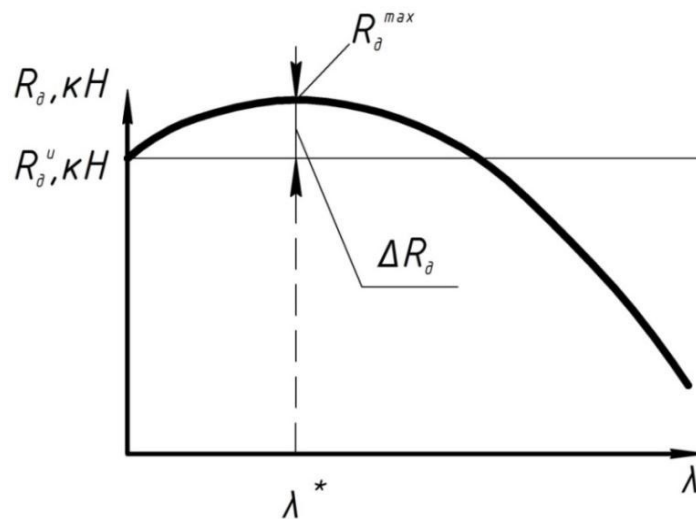


Рисунок 2.6 – Залежність сили довантаження коліс від від ступеня розвантаження кузова

Значення максимального зусилля довантаження трактора, визначимо через першу похідну функції (2.28) по мірі розвантаження кузова розкидача та встановлюємо оптимальне її значення.

Виконавши підстановку в отримане рівняння після диференціювання та знайдемо значення максимально зусилля довантаження трактора $R_{\partial max}$.

Значення перевищення довантажувального зусилля на буксирному пристрої визначимо за рівнянням:

$$\Delta R_{\partial} = R_{\partial max} - R_{\partial}^i \quad (2.30)$$

Виконаємо теоретичні дослідження зміни реакцій на передніх колесах при довантаженні зчіпного пристрою трактора напівпричепом по мірі його розвантаження (рис. 2.7).

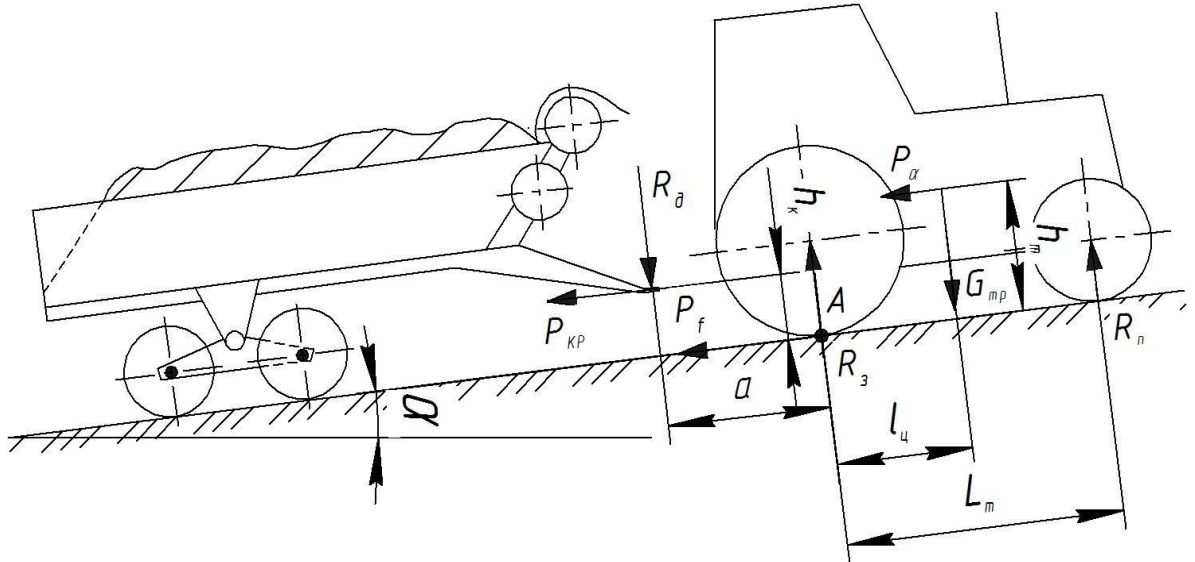


Рисунок 2.7 – Графічне відображення сил, за умови переміщення ТТА на підйом за сталої швидкості

Рівняння моментів відносно точки А отримає вигляд:

$$R_{\delta} \cdot a + P_{\Gamma} \cdot h_k + P_{\alpha} \cdot h_m + R_n \cdot L_m = G_{\text{тр}} \cdot \cos \alpha \cdot l_{\text{ц}} \quad (2.31)$$

Визначимо з (2.31) реакції опори, що діють на передні колеса трактора

$$R_n = \frac{G_{\text{тр}} \cdot \cos \alpha \cdot l_{\text{ц}} - (R_{\delta} \cdot a + P_{\Gamma} \cdot h_k + P_{\alpha} \cdot h_m)}{L_m} \quad (2.32)$$

де $G_{\text{тр}}$ – вага трактора, кН;

P_{Γ} – сила опорів пересування напівпричепи – розкидача, кН;

P_{α} – сила опору підйому, кН;

$l_{\text{ц}}$ – значення горизонтальної координати центру ваги трактора, м;

h_m – значення вертикальної координати центру ваги трактора, м;

h_k – відстань від опорної поверхні до буксирного пристрою трактора, м;

Q_k – значення горизонтальної координати точки приєднання розкидача до трактора, м.

Значення сили на гаку буксирного пристрою P_r залежатиме від ступеня розвантаження розкидача:

$$P_r = [G_{тр} + Q_p(1 - \lambda) - R_{\partial}] \cdot f \quad (2.33)$$

$$P_a = G_{mp} \cdot \sin a \quad (2.34)$$

де f – значення коефіцієнта опору перекочування рушіїв розкидача

a – кут підйому ГТА.

Значення сила довантаження буксирного пристрою трактора R_{∂} визначимо за рівнянням (2.29), що також являтиметься функцією ступеня розвантаження напівпричепа розкидача.

Враховавши рівняння 2.29, 2.33 і 2.34 отримаємо рівняння залежності зміни опорних реакцій на передніх рушіях трактора:

$$R_n = \frac{G_{тр} \cdot \cos a \cdot l_{ц}}{L_m} - \frac{\left(\frac{q \cdot l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np}(l_{об} - l_{ц}) \right) \cdot \alpha}{L_m} - \frac{\left[G_{тр} + Q_p(1 - \lambda) - \left(\frac{q \cdot l_k^2}{2} \cdot \lambda^2 + (q \cdot l_k \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \cdot \lambda + G_{np}(l_{об} - l_{ц}) \right) \right] \cdot f \cdot h_k}{L_m} - \frac{G_{тр} \cdot \sin a \cdot h_m}{L_m} \quad (2.35)$$

На рисунку 2.8 представлено результати проведеного теоретичного дослідження зміни реакцій на передніх колесах трактора в залежності від кута підйому ГТА і ступеня розвантаження напівпричепа

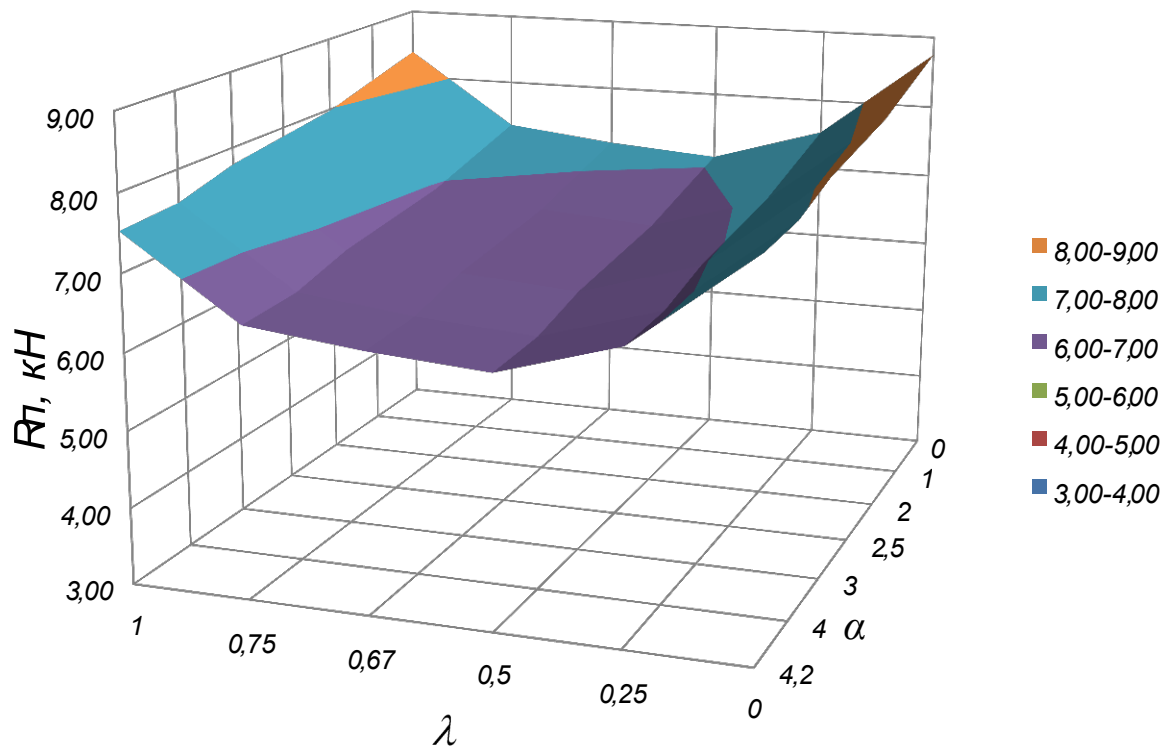


Рисунок 2.8 – Графічне відображення зміни реакцій на передніх колесах трактора в залежності від кута підйому ГТА і ступеня розвантаження напівпричепа розкидача

Аналізуючи отримані результати досліджень (рис. 2.8), встановлено що навантаження на передню вісь трактора $G_K > 0,2 G_{TR}$ знаходиться в допустимих межах при граничному куті схилу до $4,4^\circ$, ймовірність появи таких полів для Дніпровського регіону [21] становить близько 16%.

2.5 Висновки

1. За результатами теоретичних досліджень розгляну різні конструктивні схеми та теоретичні положення довантаження ведучих коліс трактора шляхом перерозподілення ваги напівпричепа розкидача добрив на буксирний пристрій трактора.

2. Встановлено, що найбільш ефективним являється конструктивне рішення з розвантаженням добрив по переду розкидача. Така схема дозволяє максимально розподілити вагу напівпричепа на буксирний пристрій трактора за умови підтримання його керованості.

3. Встановлено, що при роботі ГТА на схилі в складі трактора МТЗ-80 з удосконаленим розкидачем РОУ-6У граничний кут за якого трактор зберігатиме свою керованість становитиме $4,4^\circ$, ймовірність появи таких полів для Дніпровського регіону становитиме близько 16%.

3 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

3.1 Програма досліджень

Врахувавши результати теоретичних досліджень виконаємо перевірку достовірності аналітичного способу за яким вони визначені. Для проведемо серію експериментальних досліджень згідно розробленої програми. шляхом проведення їх експериментальних досліджень

Програма досліджень

1. Розробити методику та отримати результати досліджень зміни довантаження навісного механізму трактора перерозподілом ваги вантажу напівпричепа.

2. Розробити методику та провести дослідження буксування ведучих рушіїв та годинної витрати палива трактора в агрегаті з розкидачем органічних добрив за різного його завантаження.

Дослідження виконуємо згідно загальноприйнятих методик та положень [23, 24].

3.2 Експериментальне дослідження довантаження навісного механізму трактора з боку напівпричепа розкидача органічних добрив

В якості об'єкта досліджень обрано напів-причеп розкидач РОУ-6 в агрегаті з трактором МТЗ-80 (рис. 3.1). Дослідження розподілення довантаження від напівпричепа починаємо з розробки методики дослідження.

Дослідження виконуємо імітуючи розвантаження напівпричепа. Для цього розділимо розкидач на шість однакових за розміром зон провівши п'ять смуг.

Розміщуємо розкидач на рівній ділянці спираючи дишло на причіпний пристрій обладнаний вимірюючою ланкою НХ711-4000 [25, 26] розраховану на вагу до 6 тон. До складу вимірюючої ланки входить тензодатчик та підсилювач-перетворювач сигналу (рис. 3.2)[27].



Рисунок 3.1 Об'єкт досліджень РОУ-6 в агрегаті з трактором МТЗ-80

На наступному етапі досліджень завантажуюмо розкидач. В якості вантажу використаємо мішки з піском. І по чергово розвантажуючи кожну зону виконуємо контрольні заміри навантаження на навісці трактора. Спочатку розвантажуюмо зони з переду на зад імітуючи розвантаження напівпричепа через задній борт потім навпаки імітуючи розвантаження через передній борт.



Weighing sensor

Signal converter

Рисунок 3.2 – Ланка для вимірювання навантаження НХ711-4000 [27]

На другому етапі досліджень зімітуємо роботу регулятора перерозподілу навантаження в залежності від заповнення напів-причепа розкидача. Для цього скориставшись домкратом та встановленим упором на балансірній підвіскі виважимо передне колесо рушія напівпричепа розкидача (рис. 3.3) на висоту 120 мм.



Рисунок 3.3 – Імітація системи перерозподілу навантаження на навіску трактора

Методика дослідження довантаження аналогічна, як і для першого варіанту з використанням обох опорних коліс.

В першому випадку виконаємо дослідження за класичною схемою розвантаження розкидача через задній борт. За результатами проведених досліджень побудовано графічні залежності довантаження навісного пристрою з використання регулятора довантаження навіски трактора (рис. 3.4)

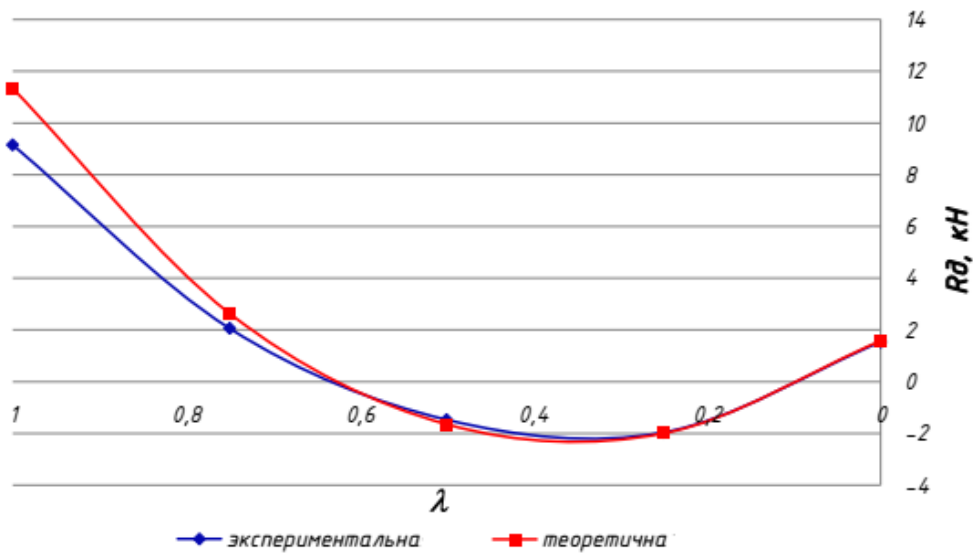


Рисунок 3.4 – Зміна зусилля довантаження навіски трактора від ступеня розвантаження кузова за класичною схемою

Проведені дослідження в стаціонарних умовах дозволили підтвердити адекватність математичної моделі (3.1) визначення довантаження навіски трактора за рахунок вантажу напівпричепа розкидача, відхилення між експериментальними та дослідними показниками не перевищила 2,95%.

$$R_d(\lambda) = \frac{l_k^2 \cdot q}{2(l_p - l_{об})} \lambda^2 - \frac{l_k \cdot q \cdot l_{об}}{(l_p - l_{об})} \lambda + \frac{G_{пр} \cdot (l_{ц} - l_{об})}{l_p - l_{об}} \quad (3.1)$$

Досліджуємо на екстремум вираз (3.1).

$$R_d(\lambda) = \frac{l_k^2 \cdot q}{2(l_p - l_{об})} \lambda^2 - \frac{l_k \cdot q \cdot l_{об}}{(l_p - l_{об})} \lambda + \frac{G_{пр} \cdot (l_{ц} - l_{об})}{l_p - l_{об}} \quad (3.2)$$

$$\frac{dR_d(\lambda)}{d(\lambda)} = 0 \text{ або } \frac{l_k^2 \cdot q}{2(l_p - l_{об}) \cdot 2} \cdot \lambda - \frac{l_k \cdot q \cdot l_{об}}{(l_p - l_{об})} = 0$$

Звідки знаходимо значення ступеня спорожнення кузова напівпричепа розкидача коли досягається максимальне значення зусилля, що розвантажує, що діє на причіпний пристрій трактора.

Скориставшись рівнянням 3.2 встановлено максимальне значення зусилля, що розвантажуватиме навіску трактора $\lambda^{опт} = 0,33$, коли в кузові напівпричепа залишиться $Q_0^{опт} = \lambda^{опт} \cdot Q = 0,33 \cdot 6 = 2$ тони вантажу.

Підставивши значення $\lambda^{опт} = 0,33$ в рівняння 3.1 отримаємо розвантажуюче зусилля на навісному механізмі трактора рівне $R_d^{max} = -2,33$ кН.

Прирівняємо рівняння 3.1 до нуля, коли розкидач стає причепом згідно (рис. 3.3) це відбувається за двох значень розвантаження причепа відповідно при $\lambda_1 = 0,623$ і $\lambda_2 = 0,0804$, що відповідає вантажу відповідно 3,738 та 0,482 тони органічних добрив.

Використання регулятора довантаження навіски трактора дозволяє реалізувати довантаження до $R_d^H = 10,86$ кН шляхом підйому передніх коліс напівпричепа розкидача та зміщенню центра ваги розкидача. Згідно проведених досліджень регулятор довантаження шляхом підйому передніх коліс доцільно використовувати при кількості добрив у кузові рівному $Q = 4,36$ тонни, при

$\lambda = \frac{6-4,36}{6} = 0,273$, але враховуючи допустиме навантаження на колеса не більше $2 \cdot 16,67$ кН, підйом передніх коліс розкидача виконуємо при кількості вантажу не більше 3 тон.

В другому випадку проведемо дослідження з розвантаженням розкидача через передній борт. При такому розвантаженні добрива надходять від заднього дорту розкидача до його передньої частини. За такого варіанту вантаж практично весь період буде знаходитися за віссю балансира, що постійно викликатиме зміщення центра ваги вантажу вперед ближче трактора, що підвищує довантажуюче зусилля на навісці трактора (рисунок 3.5).

Досліджуємо на екстремум залежність (3.4) по λ

$$R_d = \frac{q \cdot \lambda^2 \cdot \frac{l_k^2}{2} + (l_k \cdot q \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \lambda + G_{пр} \cdot (l_{об} - l_{ц})}{(l_{об} - l_p)}$$

$$\frac{dR_d(\lambda)}{d(\lambda)} = 0 \text{ або } \frac{q \cdot \lambda^2 \cdot \frac{l_k^2}{2} + (l_k \cdot q \cdot l_{об} - q \cdot l_k^2) \lambda + G_{пр} \cdot (l_{об} - l_{ц})}{(l_{об} - l_p)} = 0 \quad (3.3)$$

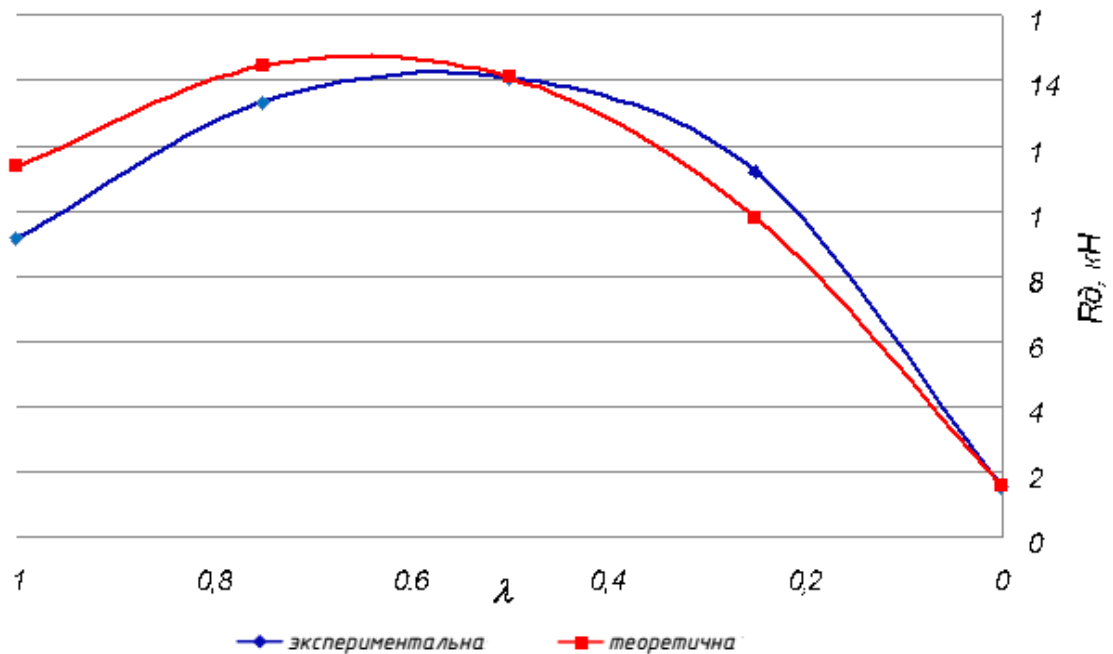


Рисунок 3.5 – Зміна зусилля довантаження навіски трактора від ступеня розвантаження кузова через передню частину розкидача

Відхилення теоретичних (3.3) від експериментальних даних не високе, помилка не перевищує 3,92%, що підтверджує адекватність моделі.

Згідно отриманих результатів максимальне довантаження становить 14,75 кН, яке досягається при ступені розвантаженні кузова $\lambda = 0,67$. При цьому зусилля довантаження навісного пристрою трактора перевищує номінальне значення на величину ΔR_d :

$$\Delta R_d = R_d^{max} - R_d^n = 14,75 - 10,86 = 3,89 \text{ кН} \quad (3.5)$$

Перевищення номінального значення може призвести до порушення керованості трактора, якщо кут підйому перевищує $4,2^\circ$. Однак такі ділянки зазвичай використовуються, як пасовища або для вирощування багаторічних трав, де органічні добрива не застосовуються, причому їхня частка становить не більше 17%.

3.3 Експериментальне дослідження витрати палива та буксування рушіїв трактора за різних способів розвантаження розкидача

Як уже зазначалося, під час розвантаження кузова напівпричепа-розкидача відбувається постійна зміна довантажувального зусилля на причіпний пристрій трактора та зменшення сили опору на гаку. Через це аналітично складно визначити зміну годинної витрати палива та буксування рушіїв залежно від ступеня розвантаження кузова. Тому ці показники визначимо експериментальним шляхом.

Вплив ефективності довантаження навіски трактора оцінимо за зміною величини буксування ведучих рушіїв трактора. Дослідження виконуємо для двох випадків. В першому випадку розвантаженням органічних добрив здійснюємо за класичною схемою а в другому з вивантаженням через передню частину напівпричепа розкидача. Переміщення агрегату в складі МТЗ-80+РОУ-6

виконували по продискованій стерні зернових. Довжина підготовчої ділянки 50 і залікової 500 м. На початку досліду повна вага напівпричепа становила 58 кН в кінці досліду 19,5 кН.

Під час виконання технологічної операції МТА реєструємо частоту обертання ведучих коліс та забезпечуємо рух трактора з постійною швидкістю 10 км/год згідно агровимог. Швидкісний режим підтримувався на п'ятій передачі тахоспідометром на позначці 2200 хв⁻¹.

Реєстрацію обертів ведучих коліс виконували за допомогою лічильника імпульсів СІ – 8 та індуктивного датчика *Autonics PRCM18 – 8DN* (рис. 3.9).

Потрібна точність вимірювання числа обертів відповідає ГОСТ 7057-81 [32] і становить 0,2 оберти колеса. На піввісь за підтримки хомута зі смугової сталі зафіксували п'ять симетрично розташованих стрижнів щодо центру обертання колеса.

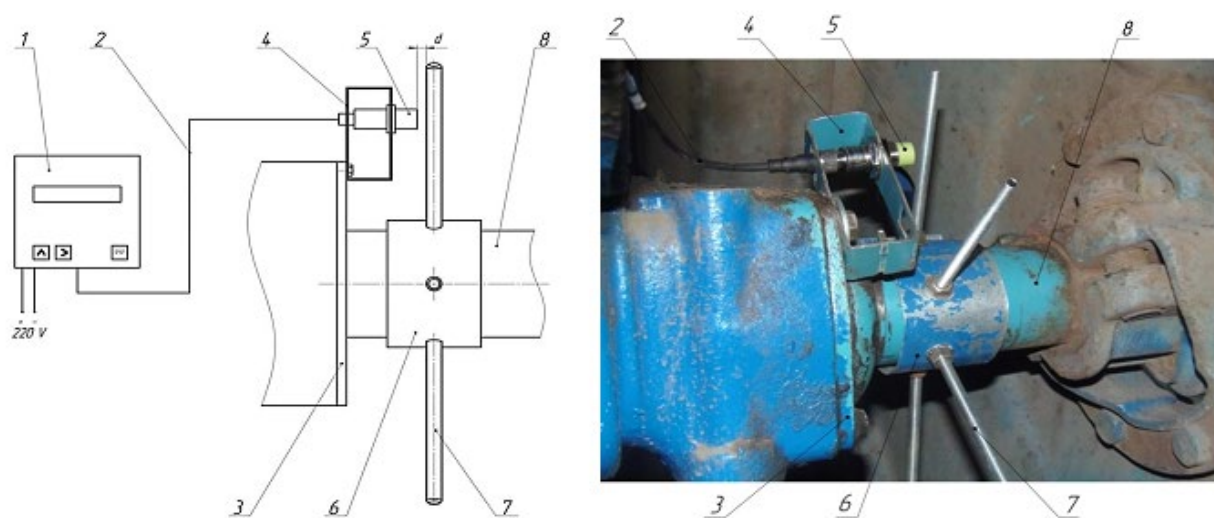


Рисунок 3.6 – Прилад для визначення кількості обертів ведучого колеса

1 - лічильник імпульсів СІ-8; 2 – інформаційний кабель;

3 – бокова кришка; 4 – тримач індуктивного датчика;

5 – датчик імпульсів *Autonics PRCM18 – 8DN*; 6 – основа; 7 – промені;

8 – вал колеса (піввісь)

За отриманими результатами досліджень згідно рівняння 3.6 виконуємо розрахунок буксування рушія:

$$\delta = \left(1 - \frac{200}{n_d \cdot l}\right) \quad (3.6)$$

де n_d – кількість імпульсів датчика, шт;

l – довжина дуги колеса згідно одного імпульсу, м.

Значення довжини дуги колеса визначимо за рівнянням:

$$l = \frac{\pi \cdot D_k}{K_6} \quad (3.7)$$

де D_k – значення діаметра колеса, м;

K_6 – число виступів на осі трактора, шт.

Дослідження витрати палива виконуємо за допомогою витратоміра *DFM 50C* встановленого в магістраль низького тиску штатної системи живлення (рис. 3.7).

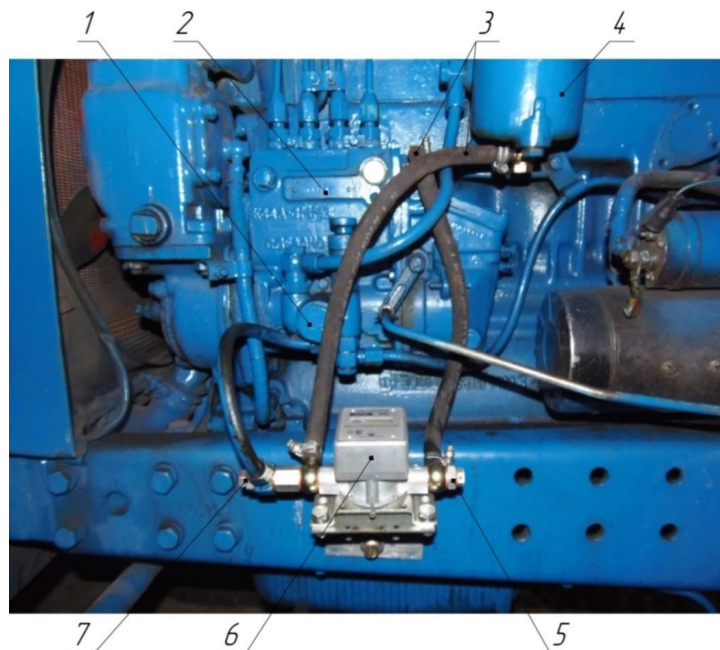


Рисунок 3.7 – Дослідження витрати палива МТА

- 1 – підкачуючий-насос; 2 – насос високого тиску; 3 – паливні магістралі;
 4 – елемент тонкої очистки (фільтр); 5 –переливний клапан; 6 – паливний
 витратомір *DFM 50C*; 7 – клапан зворотній

Витратомір встановлюємо за фільтром тонкої очистки перед насосом високого тиску з використанням зворотніх та переливних клапанів, що дозволяють знизити похибку вимірювань. Під час виконання заїзду тракторист запускає систему обліку після проїзду підготовчої ділянки та зупиняє облік після проїзду залікової ділянки в 500 метрів. Експеримент виконуємо одночасно з визначенням буксування.

За результатами проведених експериментів отримано математичні моделі та графічні залежності витрати палива від ступеня спорожнення напівпричепа (рис. 3.8 та 3.9.)

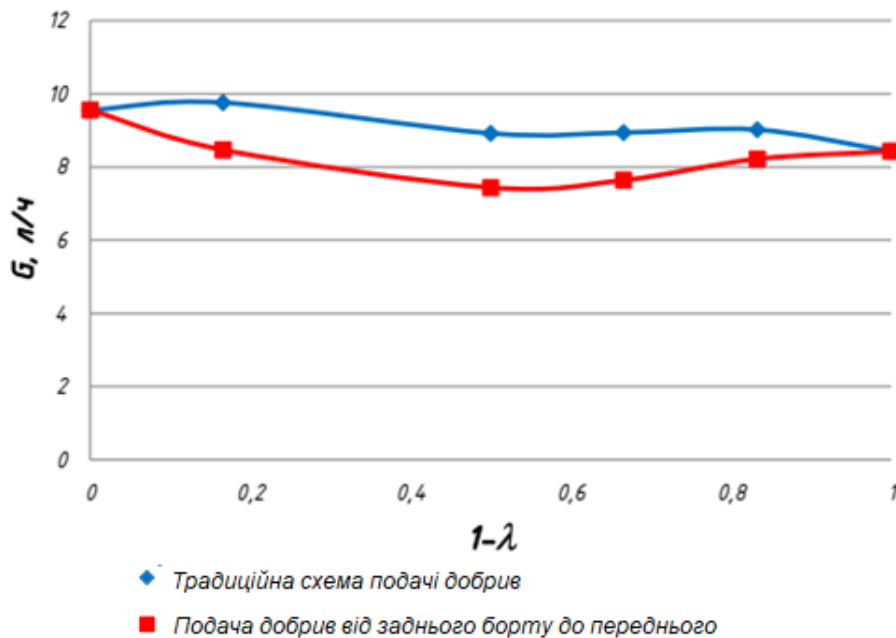


Рисунок 3.8 – Зміна годинної витрати палива від ступеня спорожнення кузова

Отримані графічні залежності описано поліномами 4 ступеня:

за традиційної подачі добрив

$$G_T = -28,14\lambda^4 + 56,014\lambda^3 - 34,507\lambda^2 + 5,5\lambda + 9,56 \quad (3.8)$$

достовірність апроксимації $R^2 = 0,9998$

за зворотної подачі добрив через передню частину напівпричепа

$$G_T = -14,15\lambda^4 + 23,18\lambda^3 - 3,69\lambda^2 - 6,45\lambda + 9,55 \quad (3.9)$$

достовірність апроксимації $R^2 = 0,999$

Значення економії палива складе:

$$\Delta G = \int_0^1 (-28,14\lambda^4 + 56,014\lambda^3 - 34,507\lambda^2 + 5,5\lambda + 9,56)d\lambda - \int_0^1 (-14,15\lambda^4 + 23,18\lambda^3 - 3,69\lambda^2 - 6,45\lambda + 9,55)d\lambda = 1,126 \text{ кг/год} \quad (3.10)$$

Згідно рисунка 3.8 годинна витрата палива за традиційного розвантаження де що більша ніж з розвантаженням через передню частину напівпричепа що пов'язано з більшим довантаженням ведучих коліс трактора та меншим буксуванням.

Результати проведених досліджень розвантаження розкидача традиційним способом з використанням регулятора довантаження навісного механізму шляхом підняття передніх коліс напівпричепа наведено на рис. 3.9.

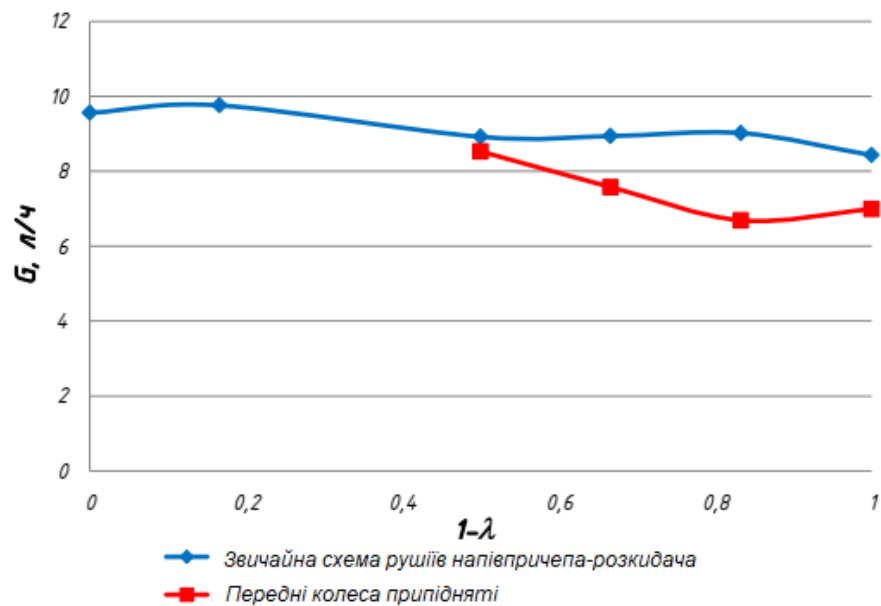


Рисунок 3.9 – Дослідження витрати палива з використанням регулятора довантаження навіски трактора

З огляду на викладене, можна зробити висновок, що для економії годинної витрати палива подачу органічних добрив у кузові напівпричепа-розкидача доцільно здійснювати в напрямку від заднього борту до переднього. Рух агрегату по полю та ґрунтовій дорозі з частковим заповненням слід виконувати з піднятими передніми колесами.

Паралельно з дослідженням витрати палива МТА (додаток Б) проведено дослідження буксування ведучих рушіїв трактора (додаток В). На рисунку 3.10 приведено окремі результати залежності буксування від ступеня заповнення напівпричепа. За результатами експериментальних досліджень отримано аналітичні рівняння визначення буксування описані поліномами 3.11 та 3.12.

за традиційним способом розвантаження подачі добрив

$$\delta_1 = -32,756\lambda^4 + 52,89\lambda^3 - 28,15\lambda^2 + 2,278\lambda + 7,156 \quad (3.11)$$

$$R^2 = 0,9991$$

при розвантаженні через передню частину розкидача

$$\delta_2 = -19,99\lambda^4 + 29,5\lambda^3 - 13,015\lambda^2 - 2,338\lambda + 7,185 \quad (3.12)$$

$$R^2 = 0,9998$$

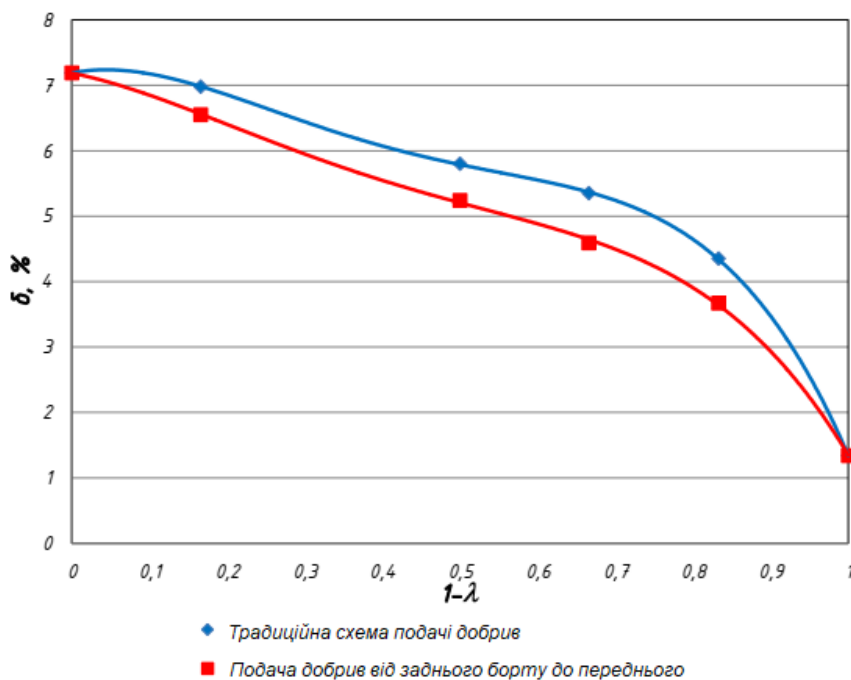


Рисунок 3.10- Зміна буксування трактора від ступеня спорожнення кузова

Модернізація розкидача шляхом перестановки розподільних робочих органів на місце переднього борту дозволить знизити буксування трактора і, як наслідок, збільшити робочу швидкість агрегату на рівну величину .

3.4 Висновки

1. При класичному розвантаженні розкидача застосування регулятора довантаження ведучих коліс трактора шляхом підняття передніх коліс напівпричепи актуально виконувати при кількості вантажу в кузові 4,37 т, але з врахуванням умови допустимого навантаження на рушій цей процес бажано виконувати при залишковому завантаженні не більше 3 тон.

2. При розвантаженні через передню частину розкидача коли подача органічних добрив здійснюється від заднього борту кузова до переднього, довантажуюча сила на навісному механізмі трактора, на початковому етапі розвантаження досягає максимуму в 14,75 кН при ступені розвантаження $\lambda = 0,67$, в напівпричепі залишається близько 4 тон добрив, перевищення над вихідним значенням становить 3,9 кН.

3. Дослідження показало, що зі збільшенням ступеня спорожнення кузова напівпричепи-розкидача буксування трактора зменшується з 7,1% до 1,25%, незалежно від способу подачі добрив (від переднього або заднього борту). Залежність буксування від ступеня спорожнення кузова описується поліномом четвертого ступеня з коефіцієнтом кореляції, близьким до одиниці. Середнє значення буксування за розглянутими варіантами спорожнення кузова становить відповідно 5,59% та 5,06%.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА В НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

4.1 Організація охорони праці

Охорона праці в аграрному господарстві є важливою складовою забезпечення безпеки працівників під час виконання робіт на його основних виробничих ділянках підрозділу рослинництва та тваринництва. Вона охоплює комплекс заходів, спрямованих на створення безпечних і комфортних умов праці, зниження травматизму та профілактику професійних захворювань.

До основних принципів організації охорони праці належить:

- дотримання чинного законодавства та нормативних актів з охорони праці;
- забезпечення безпечних умов праці для всіх працівників;
- проведення навчання, інструктажів і перевірки знань правил безпеки.
- регулярний моніторинг стану робочих місць і обладнання.

Для зниження травматизму та запобігання нещасних випадків у агрогосподарстві створено систему охорони праці, яка включає комплекс заходів, спрямованих на забезпечення безпеки працівників та запобігання нещасним випадкам. Основна відповідальність за недотримання правил та травмування робітників покладається в першу чергу на керівника. По підрозділам за організацію та виконання основних пунктів охорони праці покладено на головного агронома (рослинництво, тiк) та головного інженера (ферма, машинний двір). Контроль за виконання основних пунктів здійснює інженер з охорони праці. Він же займається розробкою інструкцій з охорони праці на виробничих ділянках. Завдяки проведенню інструктажів кожен працівник ознайомлений із правилами роботи на техніці, у виробничих приміщеннях, а також із заходами першої допомоги в разі надзвичайних ситуацій.

Основні інструктажі, що проводяться в господарстві [28, 29]:

Первинний: проводиться на робочому місці перед початком виконання завдань.

Вступний: проводиться для всіх нових працівників із ознайомленням із загальними правилами безпеки.

Позаплановий: проводиться у разі змін технології, впровадження нових засобів захисту чи аварійних ситуацій.

Повторний : проводиться не рідше одного разу на пів року.

Забезпечення ефективної охорони праці — це запорука збереження життя та здоров'я працівників, підвищення продуктивності праці та зменшення ризиків фінансових втрат у господарстві.

Виробничі ділянки обладнано інформаційними стендам (рис. 4.1) з охорони праці.



Рисунок 4.1 – Куточок з охорони праці на виробничих ділянках

В головній садибі господарства розміщено куточок з охорони праці обладнаний необхідними засобами для проведення навчань та інструктажів з

охорони праці, наочними плакатами та літературою. Також виробничі ділянки обладнано санітарними кімнатами для приведення себе в порядок (душові, туалети, умивальники та місця для переодягання). В кімнатах підведено як холодну так і гарячу воду. Кімнати повністю забезпечені засобами гігієни (шампунь, мило паперові рушники або сушарки для рук).

Кожна виробнича ділянка забезпечена аптечками та засобами пожежогасіння (вогнегасники, лопати, багри, відра та ін.).

На території господарства розміщується медичний пункт де працівники можуть отримати первинну допомогу та пройти медичний огляди. Працівник кожний рік проходять медичний огляд в поліклініці для своєчасного виявлення професійних захворювань. Також ведеться інформаційна робота з роз'яснення користі проведення вакцинацій працівників.

Організація охорони праці в господарстві, яке займається рослинництвом і тваринництвом, вимагає комплексного підходу. Забезпечення безпечних умов праці сприяє збереженню здоров'я працівників, підвищенню продуктивності праці та ефективності господарства. Дотримання правил охорони праці також є важливою складовою виконання вимог чинного законодавства. Нижче розглянемо особливості охорони праці на виробничих ділянках

4.2 Особливості охорони праці в рослинництві

Відповідальність за дотримання правил охорони праці в рослинництві покладається на головного інженера (відділ механізації) та головного агронома (відділ рослинництва).

Головний інженер забезпечує:

Контроль технічного стану сільськогосподарської техніки, зокрема тракторів, комбайнів, обприскувачів та іншого обладнання.

Організацію технічного обслуговування та ремонту машин перед початком і під час виконання польових робіт.

Проведення інструктажів для працівників, які працюють на техніці, зокрема з питань її безпечної експлуатації.

Контроль за використанням засобів індивідуального захисту працівниками (захисні окуляри, рукавички, респіратори тощо).

Головний агроном відповідає за:

Організацію безпечних умов праці під час виконання польових робіт (посів, обробка рослин, збирання врожаю).

Контроль за використанням хімічних засобів захисту рослин та добрив відповідно до санітарних норм і правил.

Проведення інструктажів з безпеки під час роботи з пестицидами, гербіцидами та іншими хімічними речовинами.

Забезпечення дотримання графіків польових робіт із врахуванням погодних умов, щоб уникнути перевтоми працівників.

Спільно ці фахівці розробляють та впроваджують заходи з охорони праці, здійснюють контроль за їх дотриманням, а також організують навчання та перевірку знань працівників у сфері безпеки на виробництві.

Основні ризики:

- робота з сільськогосподарською технікою (трактори, комбайни);
- використання хімічних засобів захисту рослин (пестициди, гербіциди);
- фізичне навантаження під час польових робіт;
- вплив несприятливих погодних умов (спека, холод, дощ).

Заходи безпеки:

- організація технічного огляду та обслуговування сільськогосподарської техніки перед початком робіт;

- проведення інструктажів з безпечної роботи на техніці та обладнанні.
- забезпечення працівників засобами індивідуального захисту (рукавиці, маски, респіратори, спецодяг).
- контроль за дотриманням норм безпеки під час роботи з хімікатами (обмеження часу контакту, використання спецодягу).

4.3 Особливості охорони праці в тваринництві

Відповідальність за дотримання правил охорони праці в тваринництві покладається на завідуючого тваринницькою фермою.

Обов'язки завідуючого тваринницькою фермою:

- організація безпечних умов праці в усіх процесах, пов'язаних із доглядом за тваринами, годуванням, доїнням, прибиранням і обслуговуванням обладнання.
- контроль за виконанням працівниками встановлених правил безпеки.
- забезпечення необхідними засобами індивідуального захисту (спецодяг, рукавички, чоботи, захисні окуляри).
- проведення інструктажів із правил безпеки та дотримання санітарно-гігієнічних норм.
- проведення навчань із надання першої допомоги та дій у разі надзвичайних ситуацій.
- здійснення регулярних перевірок дотримання правил охорони праці на робочих місцях.

У разі порушення правил працівниками – аналіз причин та впровадження заходів для запобігання подібним випадкам у майбутньому.

Основні ризики:

- контакт із тваринами, можливість отримання травм від тварин.
- підвищений рівень шуму та забруднення повітря (аміак, пил).
- робота з обладнанням для годівлі, доїння, вентиляції тощо.
- ризик зараження зоонозними захворюваннями.

Заходи безпеки:

- організація безпечного доступу до тварин, забезпечення огорож і бар'єрів.
- забезпечення вентиляції в приміщеннях для утримання тварин, регулярне прибирання та дезінфекція.
- використання спецодягу, рукавичок, масок під час догляду за тваринами.
- проведення вакцинації тварин і регулярного медичного огляду працівників.

Ці заходи дозволяють забезпечити безпечні умови праці, зберегти життя та здоров'я працівників, а також підтримувати ефективність роботи тваринницького комплексу.

4.4 Охорона праці підчас експлуатації тракторів з напівпричепами розкидачами органічних добрив

Експлуатація тракторів із напівпричепами-розкидачами органічних добрив вимагає дотримання правил охорони праці для забезпечення безпеки працівників, збереження техніки та ефективності виконання робіт. Особливу увагу слід приділяти запобіганню травматизму та забрудненню навколишнього середовища.

Вимоги до працівників

До роботи допускаються тільки особи, які пройшли навчання, інструктажі з охорони праці та мають відповідну кваліфікацію.

Працівники повинні володіти знаннями про особливості роботи з трактором і розкидачем, а також про безпечну експлуатацію обладнання.

Заборонено виконувати роботи особам у стані втоми, алкогольного або наркотичного сп'яніння.

Вимоги до технічного стану обладнання

Перед початком роботи необхідно перевірити технічний стан трактора і розкидача:

Надійність зчеплення трактора і напівпричепа.

Справність системи подачі добрив і розкидання.

Відсутність пошкоджень на шлангах, кабелях, гідравлічних системах.

Проводити регулярне технічне обслуговування відповідно до інструкцій виробника.

Підготовка до роботи

Завантаження органічних добрив у напівпричіп має здійснюватися на спеціально обладнаних майданчиках.

Забезпечити рівномірний розподіл навантаження, щоб уникнути перекосів і перевантажень, які можуть призвести до аварій.

Перевірити наявність і справність засобів індивідуального захисту (рукавиць, захисних окулярів, респіраторів тощо).

Експлуатація техніки

Під час роботи дотримуватися швидкісного режиму, визначеного інструкціями з експлуатації трактора та розкидача.

Заборонено перебування людей у зоні дії механізмів розкидача під час його роботи.

Припинити роботу в разі виявлення несправностей або нетипових шумів.

Уникайте різких маневрів або гальмувань, які можуть призвести до втрати стійкості причепа.

Дотримання правил безпеки

Заборонено проводити технічне обслуговування або ремонт розкидача при працюючому двигуні.

Під час очищення робочих органів розкидача використовувати лише спеціальні інструменти; заборонено робити це руками.

Органічні добрива слід завантажувати і розкидати з дотриманням санітарно-гігієнічних норм, щоб уникнути забруднення робочого середовища та одягу.

Запобігання аварійним ситуаціям

Під час роботи поблизу водойм або схилів дотримуватися додаткової обережності, щоб уникнути перевертання техніки.

У разі поломки або витoku робочих рідин негайно припинити роботу та повідомити керівника.

Заборонено залишати трактор із розкидачем без нагляду під час роботи.

Профілактичні заходи

Регулярно проводити інструктажі з охорони праці для працівників, які експлуатують трактори з напівпричепами-розкидачами.

Оснастити місця роботи аптечками для надання першої медичної допомоги.

Організувати періодичний контроль за станом техніки та дотриманням працівниками правил безпеки.

4.5 Висновки

Аналіз організації охорони праці в господарстві доводить її ефективність завдяки відповідальним по робочим підрозділам, що здійснюють контроль за дотриманням її основних положень, проведенням інструктажів та навчанням новоприбулого робочого персоналу.

Розроблені заходи з охорони праці при експлуатації тракторів з напівпричепами розкидачами органічних добрив є необхідною умовою для

безпечного виконання робіт, запобігання травмам і збереження техніки в належному стані. Організований підхід до забезпечення безпеки сприяє ефективності виробничих процесів і зменшує ризики аварійних ситуацій.

5 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РОБОТИ

Оцінку економічного ефекту від використання довантаження навісного механізму трактора МТЗ-80 шляхом перерозподілу ваги від розкидача РОУ-6 на ведучі колеса трактора визначимо за розрахунком виконаним для двох варіантів з базовим розкидачем та експериментальним з розробленою системою довантаження навіски трактора. Технологічна операція виконується на загальній площі, що становить 160 га. Розрахунки виконуємо за загально прийнятою методикою [30] врахувавши вихідні дані наведені в таблиці 5.1.

Таблиця 5.1 – Дані для розрахунку економічної ефективності роботи

Показники	Базовий	Експер.
1	2	3
Склад агрегату	МТЗ-80 + РОУ-6	МТЗ-80 + РОУ-6М
Технологічний процес	Внесення органічних добрив	Внесення органічних добрив
Балансова вартість розкидача, грн	200000	220000
Швидкість руху розкидача, км/год	8	10
Ширина захвату розкидача, м	8	8
Витрата палива, кг/га	6	4,5
Вартість пального, грн/кг	47	47
Річне завантаження розкидача, га	160	160
Тривалість зміни, год	8	8
Кількість працівників що обслуговують машину, люд	1	1
Ставка погодинної оплати, грн/год	110	110

На початку розрахунку визначимо продуктивність розкидача скориставшись рівнянням [30]:

$$W_{\tau} = 0,1 \cdot B_p \cdot V_p \cdot \tau \quad (5.1)$$

де V_p – швидкість руху розкидача, км/год;

τ – коефіцієнт ефективності використання робочого часу 0,85;

B_p – ширина розкидання органічних добрив, м.

Річне завантаження розкидача органічних добрив, год:

$$t_p = \frac{W_p}{W_{\tau}}, \text{ год}, \quad (5.2)$$

де W_p – завантаження розкидача органічних добрив, га/рік.

Використавши загальноприйняту методику визначимо значення експлуатаційних витрат на виконання технологічного процесу для встановлення економічного ефекту за рахунок їх скорочення [30].

$$B_{\text{екс}} = B_{\text{оп}} + A + T + B_{\text{рес}} + IB, \text{ грн/га} \quad (5.3)$$

де: $B_{\text{екс}}$ - витрати на експлуатацію розкидача, грн/га

$B_{\text{оп}}$ – витрати на оплату праці працівникам що обслуговують агрегат грн/га;

A - амортизаційні відрахування на розкидач органічних добрив, грн/га;

$B_{\text{рес}}$ – витрати на паливе для виконання технологічного процесу, грн/га;

T – витрати на ремонти та обслуговування розкидача, грн/га.

IB – значення інших витрат на внесення органічних добрив грн/га;

Розрахуємо значення витрат на оплату праці працівникам за рівнянням:

$$B_{он} = Z + H_3, \text{ грн/га} \quad (5.4)$$

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

H_3 – відрахування в фонд оплати праці задіяних робітників, грн/га.

Значення відрахувань для фонду оплати праці працівників, що обслуговують агрегат 22%:

$$H_3 = 0,22 \cdot Z. \quad (5.5)$$

Фонд оплати праці працівників, що обслуговують агрегат визначимо за рівнянням:

$$Z = \frac{H_{mp} \cdot C_{mp}}{W_\tau}, \text{ грн/га} \quad (5.6)$$

де H_{mp} - кількість працівників задіяних на керуванні агрегатом, осіб.;

C_{mp} - ставка погодинної оплати працівника задіяного на керуванні розкидачем, грн/год.

Амортизаційні відрахування на розкидач органічних добрив:

$$A = \frac{B_c \cdot a_c}{100 \cdot W_\tau \cdot t_{pc}}, \text{ грн/га} \quad (5.7)$$

де: t_{pc} – річне завантаження розкидача, год/рік ;

B_c – вартість розкидача органічних добрив, грн.;

W_τ – продуктивність розкидача органічних добрив, га/год.

a_c – базові значення амортизаційних відрахувань на розкидач, 12 %.

Розрахуємо значення витрат пов'язаних з поточними ремонтами та обслуговуванням розкидача за формулою:

$$T = \frac{B_c \cdot b_c}{100 \cdot W_\tau \cdot t_p}, \text{ грн/га} \quad (5.8)$$

де: b_c – базові значення відрахувань на ТО і ПР становлять, 10 %.

Розрахуємо значення витрат на енергоресурси а саме на пальне при експлуатації розкидача органічних добрив за формулою:

$$B_{pec} = B_{пмм}, \text{ грн/га} \quad (5.9)$$

де $B_{пмм}$ – вартість пального, грн/кг;

Тоді значення загальних витрат на енергоресурси визначимо за рівнянням:

$$B_{пмм} = Z_{пмм} \cdot Ц_{пмм}, \text{ грн/га} \quad (5.10)$$

де $Z_{пмм}$ - витрати дизеля на внесенні органічних добрив, кг/га;

$Ц_{пмм}$ – вартість дизеля станом на 2024 рік становить 47 грн/кг.

Інші витрати визначимо за рівнянням:

$$IB = \frac{B_{оп} + A + T + B_{pec}}{100} \cdot 5, \quad (5.11)$$

Порівнявши експлуатаційні витрати встановимо економічний ефект за рахунок зниження експлуатаційних витрат на виконання технологічної операції внесення органічних добрив базовим розкидачем та експериментальним.

$$E_{EP} = B_{екс}^B - B_{екс}^E, \text{ грн}, \quad (5.12)$$

Термін окупності удосконаленого розкидача органічних добрив:

$$T_o = \frac{I_c}{E_{EP}} = \frac{20000}{12336,882} = 1,6 \text{ року} \quad (5.14)$$

де I_c - величина інвестицій в модернізацію розкидача, грн.

Результати розрахунків згідно приведеної методики наведемо в таблиці 5.2

Таблиця 5.2 – Економічні показники роботи

Показник	Варіанти		Проектний варіант в грн(+/-) до базового
	Базовий	Експерим.	
1	2	3	4
Склад агрегату	MT3-80 + POY-6	MT3-80 + POY-6M	-
Технологічна операція	Внесення добрив	Внесення добрив	-
Річне завантаження розкидача, га	160	160	-
Балансова вартість розкидача, грн	200000	220000	20000
Швидкість руху розкидача, км/год	8	10	2
Продуктивність, га/год	5,44	6,8	1,36
Витрата палива, кг/га	6	4,5	-1,5
Експлуатаційні витрати , грн/га	617,05	539,94	-77,11
У тому числі: на оплату праці, грн/га	24,67	19,74	-4,93
на амортизацію, грн/га	150	165	15

Продовження табл. 5.2

1	2	3	4
на поточний ремонт і обслуговування, грн/га	125	137,5	12,5
на енергоресурси, грн/га	288	192	-96
на інші витрати, грн/га	29,38	25,71	-3,67
Економічний ефект, грн/га	77,11		
Економічний ефект з урахування річного завантаження розкидача, грн/га	12336,882		
Термін окупності проекту, років	1,6		

Висновки:

1. На основі проведеного розрахунку економічної ефективності базового розкидача РОУ-6 та удосконаленого експериментального РОУ-6М встановлено, що використання модернізованого агрегату має суттєві переваги.

2. Завдяки збільшеній швидкості руху розкидача (10 км/год) продуктивність удосконаленого агрегату зросла з 5.44 га/год до 6.8 га/год, що на 1.36 га/год більше, порівняно з базовим варіантом. Це дозволяє обробляти більшу площу за той самий час, підвищуючи ефективність виконання робіт.

3. Витрати палива на гектар при використанні РОУ-6М зменшилися з 6 кг/га до 4.5 кг/га, що дозволяє економити 1.5 кг/га. Це позитивно впливає на загальні витрати енергоресурсів.

4. Загальні експлуатаційні витрати зменшилися на 77.11 грн/га, що є результатом скорочення витрат на паливо (-96 грн/га) і зменшення інших витрат (-3.67 грн/га). Хоча витрати на амортизацію (+15 грн/га) і поточний ремонт (+12.5 грн/га) зросли через більшу балансову вартість агрегату, їх компенсує економія на енергоресурсах.

5. Економічний ефект на один гектар становить 77.11 грн, що при річному завантаженні розкидача (160 га) дає загальний економічний ефект у 12,336.88 грн на рік.

6. Завдяки зниженню експлуатаційних витрат і збільшенню ефективності роботи термін окупності проекту становить 1.6 роки, що свідчить про швидку віддачу інвестицій у модернізацію.

7. Використання удосконаленого розкидача РОУ-6М є економічно доцільним завдяки підвищенню продуктивності, зниженню витрат пального та скороченню загальних експлуатаційних витрат. Ця модернізація сприяє зменшенню собівартості робіт із внесення добрив та забезпечує більш раціональне використання ресурсів, що є важливим чинником для ефективного ведення аграрного бізнесу.

ВИСНОВКИ ТА ПРОПОЗИЦІЇ

1. В результаті проведеного аналізу встановлено, що існують три основних способи підвищення тягово-зчіпних показників МТА, а саме з використанням розподілу потоку потужності ДВЗ, виконуючи модернізацію ходової частини тракторів та змінюючи значення зчіпної ваги трактора. В нашій роботі буде використано останній спосіб з збільшенням зчіпної ваги трактора за рахунок перерозподілу частини ваги напівпричепи на ведучі колеса тягача.

Розглянувши основні конструктивні рішення по розподіленню ваги напівпричепів на ведучі колеса трактора обрано за прототип спосіб з регулюванням положення опорних рушіїв в залежності від розвантаження напівпричепи розкидача органічних твердих добрив.

2. За результатами теоретичних досліджень:

- встановлено, що найбільш ефективним являється конструктивне рішення з розвантаженням добрив по переду розкидача. Така схема дозволяє максимально розподілити вагу напівпричепи на буксирний пристрій трактора за умови підтримання його керованості.

- встановлено, що при роботі ТТА на схилі в складі трактора МТЗ-80 з удосконаленим розкидачем РОУ-6У граничний кут за якого трактор зберігатиме свою керованість становитиме 4,4 градуси, ймовірність появи таких полів для Дніпровського регіону становитиме близько 16%.

3. За результатами експериментальних досліджень встановлено що:

. - при класичному розвантаженні розкидача застосування регулятора довантаження ведучих коліс трактора шляхом підняття передніх коліс напівпричепи актуально виконувати при кількості вантажу в кузові 4,37 т, але з врахуванням умови допустимого навантаження на рушій цей процес бажано виконувати при залишковому завантаженні не більше 3 тон.

- при розвантаженні через передню частину розкидача коли подача органічних добрив здійснюється від заднього борту кузова до переднього,

довантажуюча сила на навісному механізмі трактора, на початковому етапі розвантаження досягає максимуму в 14,75 кН при ступені розвантаження $\lambda = 0,67$, в напівпричепі залишається близько 4 тон добрив, перевищення над вихідним значенням становить 3,9 кН.

- встановлено, що зі збільшенням ступеня спорожнення кузова напівпричепи-розкидача буксування трактора зменшується з 7,1% до 1,25%, незалежно від способу подачі добрив (від переднього або заднього борту). Залежність буксування від ступеня спорожнення кузова описується поліномом четвертого ступеня з коефіцієнтом кореляції, близьким до одиниці.

Середнє значення буксування для базового та експериментального розкидача в залежності від ступеня спорожнення кузова склало відповідно 8,5% та 4,06%. Використання запропонованого способу довантаження ведучих коліс дозволило підвищити тягово-зчіпні властивості трактора та знизити витрати палива на внесенні органічних добрив розкидачем РОУ-6М в агрегаті з трактором МТЗ-80 з 6 кг/год до 4,5 кг/год, завдяки зниженню буксування та підвищенню дійсної швидкості агрегату з 8 до 10 км/год.

4. Розроблені заходи з охорони праці при експлуатації тракторів з напівпричепами розкидачами органічних добрив є необхідною умовою для безпечного виконання робіт, запобігання травмам і збереження техніки в належному стані. Організований підхід до забезпечення безпеки сприяє ефективності виробничих процесів і зменшує ризики аварійних ситуацій.

5. Використання удосконаленого розкидача РОУ-6М є економічно доцільним завдяки підвищенню продуктивності, зниженню витрат пального та скороченню загальних експлуатаційних витрат. Ця модернізація сприяє зменшенню собівартості робіт із внесення добрив та забезпечує більш раціональне використання ресурсів, що є важливим чинником для ефективного ведення аграрного бізнесу. Економічний ефект при річному завантаженні розкидача 160 га склав 12336,88 грн, а термін окупності 1,6 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Кухарик І.В. Потужність - основний показник для трактора тягово-енергетичної концепції / І.В. Кухарик, І.М. Перерва // Техніка та технології АПК. – 2017. – № 5. – С. 18–21.
2. Зороб'ян, С.Р. Динаміка тракторних моторно-трансмісійних установок із двигунами постійної потужності / С.Р. Зороб'ян // Трактори та сільгоспмашини. - 2015. - № 8. - С. 11-14.
3. Пелих О.Б. Інструментальний контроль витрати палива як підвищення ефективності використання машинно-тракторного парку на підприємствах АПК / О.Б. Пелих // Техніка та обладнання для села. - 2019. - № 5 (263). - С. 22-25.
4. Пелих О.Б. Енергонасиченість сучасних сільськогосподарських тракторів / О. Б. Пелих // Науково-інформаційне забезпечення інноваційного розвитку АПК: Матеріали XII Міжнародної науково-практичної інтернет-конференції. Харків 08-10 червня, 2020. - С. 469-473.
5. Datum Electronics. PTO monitoring system. [Електронний ресурс]. – URL: <http://www.datum-electronics.com/pto-power-monitoring-system.aspx.htm>.
6. Bonhomme, J., Mollon, V. & Bonhomme, J. (2015). A method to determine the rolling resistance coefficient by means of uniaxial testing machines. *Experimental Techniques*, 39 (3), 37–41.
7. Wong, J.Y. Optimization of the tractive performance of four-wheel-drive tractors: Theoretical analysis and experimental substantiation / J.Y. Wong, N.B.
8. . “Driving a revolution in the paddock”, *ECOS*, Jan–Mar, 2004.
9. <https://agrospectyre.in.ua/a254148-voda-traktornyh-shinah.html>
10. Richting ballastert - mindestens 20% mehr Zugkrafts. // *Profi*. - 2011. №12. с.84-88.
11. Енергетичний засіб сільськогосподарського призначення: пат. України № 3293: МКИ 7 А01В 59/04 / В. М. Кюрчев, В. Т. Надикто, Б. В. Мітков, А. І. Панченко. – № 20031213424; заявл. 31.12.03; опубл. 15.11.04, Бюл. № 11.

12. Надикто В. Т. Оцінка стійкості руху машинотракторних агрегатів / В. Т. Надикто // Техніка і технології АПК. – 2015. – № 6. – С. 6-9.
13. Федоренко В.Ф. Технічні та технологічні вимоги до перспективної сільськогосподарської техніки / В.Ф. Федоренко, Д.С. Баклан. - В.: ВНАУ , 2011. - 248 с.
14. Головчук А. Ф. Експлуатація та ремонт сільськогосподарської техніки : підручник: Кн.1. Трактори. К. : Грамота, 2003. 336 с.
15. Ревенко, В.Ю. Уточнена методика визначення площі опорної поверхні шин сучасної сільськогосподарської техніки/ В.Ю. Ревенко, С.С. Ткаченко// Техніка в АПК. - 2021. - № 7 (289). - С. 10-15.
16. Патент UA №422190, МПК 6 В60D1/00. Тягово-довантажувальний пристрій / Ткаченко В.В., Килим А.М.; опубл. 20.11.2007, Бюл. №32. – 5 с.
17. Патент UA №197845 Тягово-довантажувальний пристрій. МПК 7 В60D1/00. Скрыга І.Ф., Зданович Б.С.; опубл. 10.05.2000, Бюл. №13. - 4 с.
18. Патент UA №485916 Розкидач твердих органічних добрив патент. В60G 5/02 (2006.01), В60G 21/05 (2006.01). Шерстюк С. В.; опубл. 27.06.2006, Бюл. №18. - 6с..
19. Патент на винахід 155928 UA, МПК А01С 15/00 (2006.01), В62D63/06 (2006.01). Напівпричіп-розкидач органічних добрив / Скрыга М. Ф., Соловей Є.В. заяв. 21.04.2015; опубл. 20.10.2015, Бюл. №29. - 7с.
20. Войтюк, Д. Г. Сільськогосподарські машини : підруч. для студ. вузів / Д. Г. Войтюк, Г. Р. Гаврилюк. - 2-е вид. - К. : Каравела, 2008. - 551 с.
21. Гевко, Р. Б. Машини сільськогосподарського виробництва : навч. посіб. Для студ. вузів / Р. Б. Гевко, І. Г. Ткаченко, І. І. Павх ; М-во освіти і науки України, Терноп. акад. нар. госп-ва. - Тернопіль, 2002. - 251 с.
22. Методичні вказівки до виконання лабораторних робіт з курсу —Проектування машин для вирощування сільськогосподарської продукції
23. Адлер Ю.П., Маркова Є.В., Грановський Ю.В. Планування експерименту під час пошуку оптимальних умов. М: Наука. 1976. 280 с.

24. Надикто В.Т. Основи наукових досліджень. Херсон: ОЛДІ-ПЛЮС. 2019. 268 с.

25. Конспект лекцій з навчальної дисципліни «Перетворювачі та пристрої вимірювальної техніки» для студентів всіх форм навчання спеціальності «Метрологія та інформаційно-вимірювальна техніка» відділу Інфокомунікацій та інженерії. / Уклад.: О.Д. Архелюк – Чернівці.: ЧНУ імені Юрія Федьковича 2021. – 51 с.

26. <https://www.mini-tech.com.ua/ua/hx711-module-ad%D1%81>

27. <https://peko.com.ua/statti/capacitive-sensors-sick>

28. В.І. Голінько. Основи охорони праці: В.І. Голінько; Національний гірничий. універ-т. –2-ге видання. – Д.: НГУ, 2014. 272 с.

29. Закон України «Про об'єкти підвищеної небезпеки" № 2245-III зі змінами від 09.04.2014 - № 1193-VII набирає чинності з 26.04.2014 р.

30. Сичова М.О. Методичні рекомендації по економічному обґрунтуванню дипломних проектів. Дніпр, держ. агр. ун-т.; уклад. М.О. Сичова, Н.О Шевченко. - Дніпропетровськ: ДДАУ, 2008. -24 с.

ДОДАТКИ

Додаток А

Технічна характеристика розкидача напівпричепа РОУ-6



Показники	Одиниці вимірювання	Значення
Тип		причіпна
Продуктивність до	т/год	52
Швидкість обертання подрібнювального барабана	об/хв	385
Тяговий клас трактора від	клас	1,4 - 2,0
Швидкість (транспортна)	км/год	28
Ширина розподілу добрив	м	4 - 8
Норма внесення добрив	г/м ²	1 - 6
Висота (навантажувальна, по підлозі платформи)	мм	1250
Об'єм кузова (борта стандартні)	м ³	3,6
Коля	мм	1860
Поздовжня база	мм	3730
Вага (з механізмом розкидання)	кг	2000
Вага (без механізму розкидання)	кг	1800
Габарити (Д x Ш x В)	мм	5900 x 1850 x 2250
Вантажність (максимум)	кг	6000

Додаток Б

Результати досліджень витрати палива при внесенні органічних добрив модернізованим розкидачем

Маса добрив, т	Відстань, м	Витрата, л	Час руху, с	Витрата, л/ч	Ср.витрата,
По ґрунтовій дорозі (колеса опущені)					
6	2580	1,416	755		6,75
0	2580	1,398	776		6,48
По полю (колеса опущені)					
6	200 (туди)	0,181	1,24	7,76	9,56
	200 (назад)	0,284	1,30	11,36	
5	200 (туди)	0,151	1,30	6,05	8,47
	200 (назад)	0,257	1,25	10,9	
3	200 (туди)	0,137	1,27	5,68	7,44
	200 (назад)	0,207	1,21	9,2	
2	200 (туди)	0,123	1,21	5,48	7,64
	200 (назад)	0,210	1,17	9,81	
1	200 (туди)	0,144	1,14	7,01	8,22
	200 (назад)	0,202	1,17	9,44	
0	200 (туди)	0,164	1,15	7,88	8,43
	200 (назад)	0,185	1,14	8,99	
Базовий варіант (колеса опущені)					
6	200 (туди)	0,181	1,24	7,76	9,56
	200 (назад)	0,284	1,30	11,36	
5	200 (туди)	0,177	1,21	7,89	9,76
	200 (назад)	0,255	1,19	11,63	
3	200 (туди)	0,146	1,21	6,51	8,92
	200 (назад)	0,305	1,37	11,33	
2	200 (туди)	0,146	1,10	7,5	8,94
	200 (назад)	0,225	1,18	10,38	
1	200 (туди)	0,128	1,10	6,57	9,02
	200 (назад)	0,223	1,10	11,48	
0	200 (туди)	0,164	1,15	7,88	8,43
	200 (назад)	0,185	1,14	8,99	

Маса добрив, т	Відстань, м	Витрата, л	Час руху, с	Витрата, л/ч
0	200 (туда)	1,15	10,9	
	200 (обратно)	1,14	10,1	
По ґрунтовій дорозі (колеса підняті)				
0	2580	765	12 (3,33)	
По полю (колеса підняті)				
0	200 (туди)	1,20	9,7	9,69 (2,69)
	200 (назад)	1,16	11	
1	200 (туди)	1,34	8,6	
	200 (назад)	1,26	9	
2	200 (туди)	1,37	8	
	200 (назад)	1,16	9,2	
3	200 (туди)	1,12	11	
	200 (назад)	1,10	11	

Додаток В

Результати досліджень буксування при внесенні органічних добрив
модернізованим та базовим розкидачем РОУ-6М

Маса добрив, т	Відстань, м	Кількість імпульсів	Буксування, %	Ср. буксування,
По ґрунтовій дорозі (колеса опущені)				
6 т	2580	2697		3,025
0 т	2580	2647		1,193
По полю (колеса опущені)				
6	200 (туди)	216	6,13	7,19
	200 (назад)	221	8,26	
5	200 (туди)	214	5,26	6,55
	200 (назад)	220	7,84	
3	200 (туди)	212	4,36	5,24
	200 (назад)	216	6,13	
2	200 (туди)	211	3,91	4,59
	200 (назад)	214	5,26	
1	200 (туди)	209	2,99	3,67
	200 (назад)	212	4,36	
0	200 (туди)	205	1,1	1,34
	200 (назад)	206	1,58	
Базовий варіант (колеса опущені)				
6	200 (туди)	216	6,13	7,19
	200 (назад)	221	8,26	
5	200 (туди)	215	5,7	6,98
	200 (назад)	221	8,26	
3	200 (туди)	213	4,81	5,9
	200 (назад)	218	6,99	
2	200 (туди)	212	4,36	5,25

Маса добрив, т	Відстань, м	Кількість імпульсів	Буксування, %	Ср. буксування,
По ґрунтовій дорозі (колеса підняті)				
0	2580	2645	1,119	
По полю (колеса підняті)				
0	200 (туди)	205	1,1	1,1
	200 (назад)	205	1,1	
1	200 (туди)	209	3,45	3,67
	200 (назад)	212	4,36	
2	200 (туди)	211	3,91	4,56
	200 (назад)	214	5,26	
3	200 (туди)	212	4,36	5,03