

**НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ**

**Механіко – технологічний факультет**

**ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ**

**Завідувач кафедри  
Тракторів і автомобілів**

(назва кафедри)

Калінін Є.І.

(підпис)

(ПІБ)

« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА**

**на тему «Покращення експлуатаційних показників колісної машини в  
умовах експлуатації»**

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

**Гарант освітньої програми**

К.Т.Н., доцент

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Сівак І.М.

(ПІБ)

**Керівник дипломного проєкту бакалавра**

д.т.н., професор

(науковий ступінь та вчене звання)

(підпис)

Калінін Є.І.

(ПІБ)

**Виконав**

(підпис)

Курач Роман Миколайович

(ПІБ)

**КИЇВ – 2025**

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БІОРЕСУРСІВ  
І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

тракторів і автомобілів та

д.т.н., проф. \_\_\_\_\_ **Калінін Є.І.**  
(наук. ступ., вч. звання) (підпис) (ПІБ)  
« \_\_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 2024 р.

**ЗАВДАННЯ**

на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту  
**Курочу Роману Миколайовичу**

Спеціальність \_\_\_\_\_  
(прізвище, ім'я, по батькові) 208 «Агроінженерія»  
(код і назва)

Тема дипломного проєкту бакалавра на тему «Покращення експлуатаційних показників колісної машини в умовах експлуатації»  
затверджена наказом ректора НУБіП України від «26» листопада 2024р. №2098 «С»

Термін подання завершеної роботи (проєкту) на кафедру: \_\_\_\_\_ 01.05.2025  
(рік, місяць, число)

**Вихідні дані до дипломного проєкту бакалавра:** характеристики та конструктивні особливості трактора МТЗ-82, принципи функціонування та конструктивні особливості навісних гідроманіпуляторів

**Перелік питань які потрібно розробити** \_\_\_\_\_

**Вступ** \_\_\_\_\_

1 Особливості функціонування навісних маніпуляторів \_\_\_\_\_

2 Запропоноване технічне рішення з агрегування маніпулятора на трактор \_\_\_\_\_

3 Розрахунок конструктивних елементів запропонованого рішення \_\_\_\_\_

4 Визначення показників використання трактора при технологічному процесі внесення органічних добрив з суміщенням операцій \_\_\_\_\_

5 Безпека життєдіяльності, основи охорони праці \_\_\_\_\_

6 Техніко-економічне обґрунтування проєкту \_\_\_\_\_

**Висновки** \_\_\_\_\_

**Перелік графічного матеріалу:** Вступ. Стан питання та аналіз існуючих досліджень. Теоретичні дослідження. Запропоноване технічне рішення. Висновки

Дата видачі завдання «10» січня 2025 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра \_\_\_\_\_  
( підпис )

Куроч Р.М.  
(прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання \_\_\_\_\_  
( підпис )

Калінін Є.І.  
(прізвище та ініціали)

## РЕФЕРАТ

Основна частина дипломного проекту викладена на 52 сторінках пояснювальної записки і 10 слайдів презентації, ілюстрована 11 рисунками.

Пояснювальна записка складається із вступу, 6 розділів, висновків, списку використаної літератури.

Тема дипломного проекту: «Покращення експлуатаційних показників колісної машини в умовах експлуатації».

Головною метою роботи є підвищення результативності процесу внесення мінеральних добрив шляхом використання одного трактора одразу на двох операціях (внесення добрив та завантаження бункеру машини для внесення добрив) за рахунок модернізації автоматичного пристрою зчеплення, призначеного для трактора моделі МТЗ-82.

У проєкті запропоновано впровадження автоматизованого гідрофікованого зчіпного пристрою, що встановлюється на навіску трактора. Завдяки цьому забезпечується повністю автоматичне підключення гідравлічної системи до причіпного обладнання при навішуванні, що дозволяє зменшити час на стикування як машини для внесення добрив, так і крану-маніпулятора, скоротити потребу в допоміжному персоналі та суттєво покращити техніко-економічні характеристики експлуатації трактора.

У рамках технічного опрацювання виконано розрахунки міцності пальцевого з'єднання трикутника з центральною тягою, а також визначено параметри запобіжної пружини, що входить до складу з'єднання гідросистем.

Ключові слова: трактор МТЗ-82, зчіпка, гідравлічний маніпулятор, внесення органічних добрив.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	6
РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ НАВІСНИХ МАНІПУЛЯТОРІВ.....	7
1.1 Загальний принцип формування структури гідравлічного навантажувача .....	9
1.2 Будова маніпулятора.....	10
1.3 Навішування маніпулятора на трактор .....	12
1.4 Принципи експлуатації маніпулятора.....	14
1.5 Особливості безпечної експлуатації та технічного обслуговування .....	15
1.6 Конструктивні особливості навісок універсально-просапних тракторів .....	15
1.7 Автозчіпні пристрої .....	18
РОЗДІЛ 2 ЗАПРОПОНОВАНЕ ТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ З АГРЕГАТУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРА НА ТРАКТОР .....	20
2.1 Обґрунтування доцільності конструктивної розробки .....	20
2.2 Запропоноване технічне рішення .....	21
РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАПРОПОНОВАНОГО РІШЕННЯ .....	25
3.1 Перевірка міцності пальця .....	25
3.2 Аналіз параметрів запобіжної пружини .....	26
РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРА ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРИВ З СУМІЩЕННЯМ ОПЕРАЦІЙ.....	30
РОЗДІЛ 5 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ .....	34
5.1 Безпека праці при внесенні мінеральних добрив.....	34
5.2 Забезпечення безпеки праці при механізованому внесенні мінеральних добрив .....	35
5.3 Вимоги з безпеки під час експлуатації крана-маніпулятора .....	37
5.4 Правила пожежної безпеки .....	38
5.5 Вплив надмірних шумів і вібрацій: небезпеки та заходи безпеки .....	40

5.6 Дії, спрямовані на збереження і відновлення ґрунтового середовища .....	41
РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ .....	43
ВИСНОВКИ.....	48
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	49
ДОДАТКИ.....	51

## ВСТУП

У сучасному агропромисловому комплексі головним завданням модернізації виробництва є підвищення об'ємів аграрної продукції шляхом впровадження інтенсивних агротехнологій, максимальної ефективності використання сільськогосподарської техніки, застосування високоврожайного насінневого матеріалу та зменшення втрат при збиранні врожаю.

Підвищення технічної ефективності в аграрному секторі передбачає активне залучення технічних засобів до основних виробничих процесів. Один із шляхів досягнення цієї мети полягає у використанні багатофункціональних агрегатів, що забезпечують повне завантаження двигунів тракторів та іншої сільгосптехніки, що, у свою чергу, сприяє зростанню продуктивності.

Сьогодні сільське господарство широко застосовує машинно-тракторні комплекси, які зазвичай включають трактор, що з'єднується із сільськогосподарськими машинами. Для нормальної роботи багатьох таких агрегатів необхідне підключення до валу відбору потужності (ВВП), через який передається крутний момент на робочі вузли обладнання.

Крім того, значна частина навісного та причіпного обладнання функціонує на базі гідравлічного приводу, що живиться від гідросистеми трактора. При цьому з'єднання гідравлічних ліній між трактором і машиною часто потребує ручного втручання, що ускладнює процес підготовки до роботи, збільшує витрати часу та знижує загальну продуктивність машинно-тракторного агрегату.

Особливий інтерес, з точки зору експлуатаційних показників, становить завантаженість трактора впродовж року. Враховуючи те, що універсально-просапні трактори можуть використовуватись не тільки при виконанні сільськогосподарських операцій, а і при виконанні розвантажувально-завантажувальних робіт, цікавим є питання покращення ефективності таких тракторів в названому технологічному процесі.

## РОЗДІЛ 1 ОСОБЛИВОСТІ ФУНКЦІОНУВАННЯ НАВІСНИХ МАНІПУЛЯТОРІВ

В теперішній час існує чотири основні категорії джерел енергії, які використовуються для живлення навісних маніпуляторів, які використовуються разом з тракторами універсально-просапного типу, кожна з яких має свої переваги та обмеження залежно від умов експлуатації та технічних вимог.

Пневматичні маніпулятори функціонують за рахунок стисненого повітря і застосовуються переважно для роботи з великогабаритними вантажами. Завдяки відсутності електричних компонентів і високій вибухобезпеці, вони є оптимальним рішенням для роботи в середовищах із підвищеним ризиком займання. Їх використання знижує ймовірність виникнення пожежі або вибуху, що робить їх незамінними у вибухонебезпечних виробничих зонах [1].

Гідравлічні маніпулятори відзначаються ще більшою вантажопідйомністю порівняно з пневматичними, проте мають суттєві обмеження щодо швидкості виконання операцій і точності позиціонування. Вони більше підходять для завдань, де першочергову роль відіграє саме здатність витримувати надмірні навантаження, а не оперативність чи прецизійність.

Електричні маніпулятори забезпечують найвищу точність керування та зручність для оператора, завдяки чому активно використовуються для делікатних і циклічних виробничих операцій. Їх електронне управління дозволяє досягти високої швидкості реакції та повторюваності рухів. Однак електричні маніпулятори не допускаються до використання в середовищах з потенційно вибухонебезпечними речовинами, а їх експлуатація в якості навісного устаткування обмежена за рахунок необхідності електричного джерела живлення [2].

Ручні маніпулятори, хоча й не володіють значною вантажопідйомністю, дозволяють досягати максимальної плавності переміщення об'єктів та забезпечують високу точність розміщення. Їхнє застосування виправдане в

умовах, де швидкість виконання завдань не є критичною, а важливою є делікатність і акуратність дій оператора.

Щодо конструктивного виконання, маніпулятори поділяються на різновиди, проте найбільшого поширення отримали тросові маніпулятори – рис. 1.1.



Рисунок 1.1 – Тросовий навісний маніпулятор на базі трактора МТЗ

Єдиною незначною вадою тросового маніпулятора є його дещо нижча швидкість роботи порівняно з іншими аналогами, хоча різниця не є критичною. Водночас ця конструкція має низку суттєвих переваг. Зокрема, тросовий маніпулятор забезпечує кругове обертання на 360 градусів, що значно розширює його сферу застосування. Монтаж такого обладнання здійснюється виключно позаду кабіни, що дозволяє безперешкодно транспортувати довгі або високі об'єкти, які виступають за габарити кузова [3].

Крім того, тросові системи вирізняються особливою плавністю в роботі, дозволяючи виконувати маніпуляції з підвищеною точністю та м'якістю. Завдяки своїй конструкції, вони здатні опускати вантажі строго по вертикалі, навіть на значну глибину, що забезпечує точне позиціонування в умовах обмеженого простору або в процесі вантажно-розвантажувальних робіт під рівнем землі [4].

## 1.1 Загальний принцип формування структури гідравлічного навантажувача

Гідравлічний навісний поворотний маніпулятор (рис. 1.2) сумісний з будь-якими моделями тракторів вітчизняного та закордонного виробництва, оснащеними стандартною триточковою навіскою.

Призначення маніпулятора – використання на сільськогосподарських і фермерських господарствах для виконання вантажно-розвантажувальних робіт із посівними матеріалами, добривами та іншими сипучими вантажами, які перевозяться у мішках типу «біг-бег». Застосування можливо як у польових умовах безпосередньо на ґрунті, так і в межах території підприємства. Окрім того, пристрій може використовуватися для проведення різноманітних висотних ремонтних і будівельних робіт на території підприємства [5].



Рисунок 1.2 – Кран-маніпулятор на задню навіску при виконанні навантажувальної операції в сільському господарстві

Категорично заборонено виконувати з маніпулятором дії, що не відповідають його призначенню: штовхати або забивати предмети, фіксувати вантажі у неспеціалізованих для цього зонах стріли, волочити вантажі по землі та інші подібні маніпуляції [4].

Маніпулятор розрахований на роботу при температурному діапазоні від – 40 до +40 градусів Цельсія та за швидкості вітру, що не перевищує 14 метрів на секунду. Рельєф майданчика для установки маніпулятора повинен мати нахил не більше 3 градусів. Максимально допустимий кут нахилу самого маніпулятора при роботі з максимальною вантажною навантаженістю становить 5 градусів [1].

## 1.2 Будова маніпулятора

На рис. 1.3 наведені основні складові маніпулятора: 1 – колонна, 2 – стріла, 3 – телескопічний подовжувач, 4 – рама, 5 – механічний подовжувач, 6, 7, 8, 9 – гідроциліндри, 10 – кронштейни для монтажу пульта управління, 11 – гідравлічний вантажний крюк, 12 – аутригер, 13 – опора.

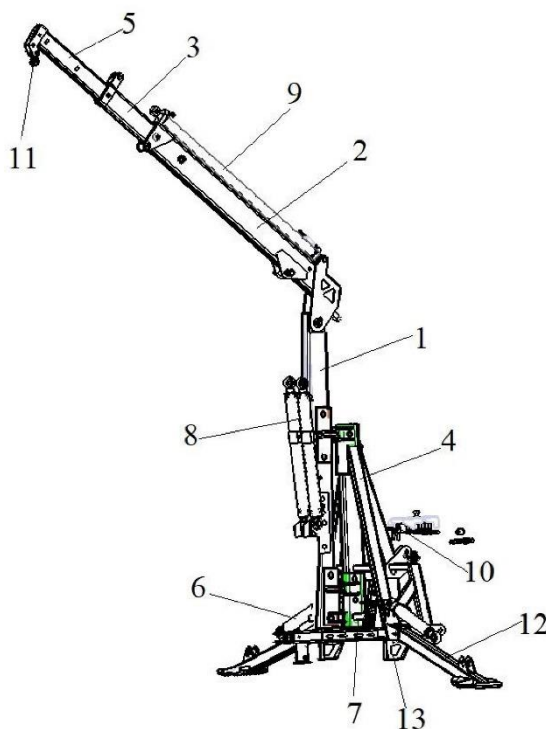


Рисунок 1.3 – Будова маніпулятора

Рама під номером 4 (див. рис. 1.3) призначена для кріплення маніпулятора до трактора.

До верхньої частини колони 1 шарнірно приєднана стріла 2. Поворот колони здійснюється двома гідроциліндрами 7, що забезпечують її обертання. Підйом та опускання стріли виконується завдяки двом гідроциліндрам 8.

Всередині стріли розташований телескопічний подовжувач 3, робота якого забезпечується гідроциліндром 9.

Для збільшення максимального вильоту маніпулятора встановлено механічний подовжувач 5, який перед початком вантажно-розвантажувальних операцій висувається вручну. На цей механічний подовжувач підвішений вантажний крік 11, що використовується для захоплення вантажів.

Управління всіма виконавчими механізмами маніпулятора здійснюється через гідравлічний розподільник, закріплений на кронштейні 10, що забезпечує зручний доступ оператора [7].

Кінематична схема маніпулятора відображена на рис. 1.4.

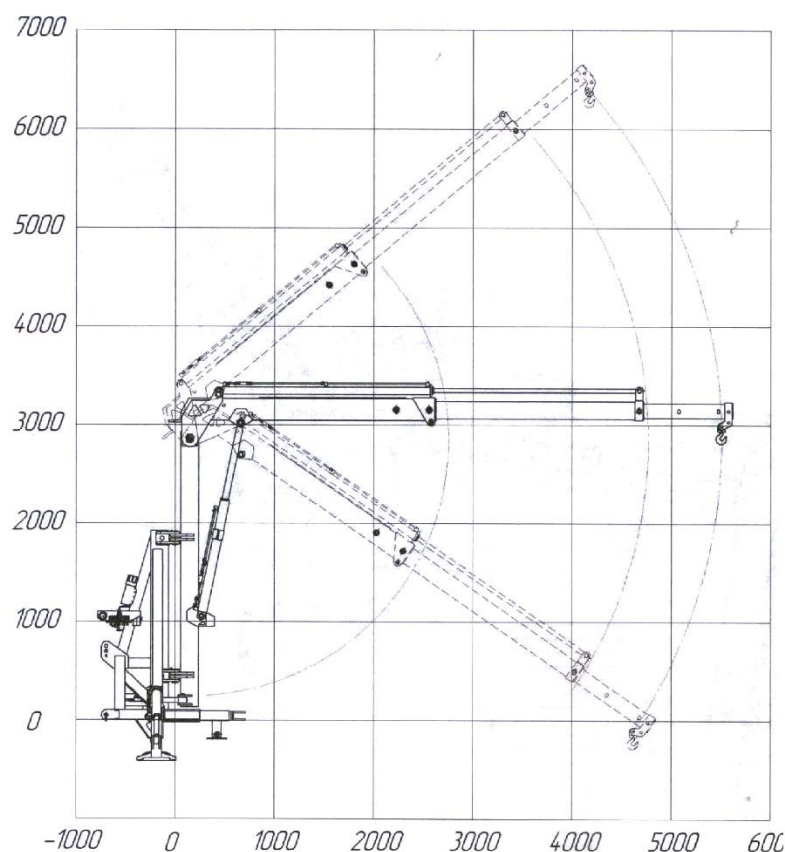


Рисунок 1.4 – Кінематична схема маніпулятора

Керування робочими елементами маніпулятора виконується оператором вручну за допомогою важелів, з'єднаних із гідророзподільником. Уся система працює на основі гідравлічного приводу, який є ключовим елементом у забезпеченні руху та функціональності механізму. Живлення цього приводу

здійснюється від трактора, що виступає у ролі джерела енергії, необхідної для обертання насоса, який створює тиск у гідросистемі.

Детальна схема вантажопідйомних можливостей маніпулятора представлена на рис. 1.5, де можна побачити залежність допустимого навантаження від положення стріли та її вильоту [10].

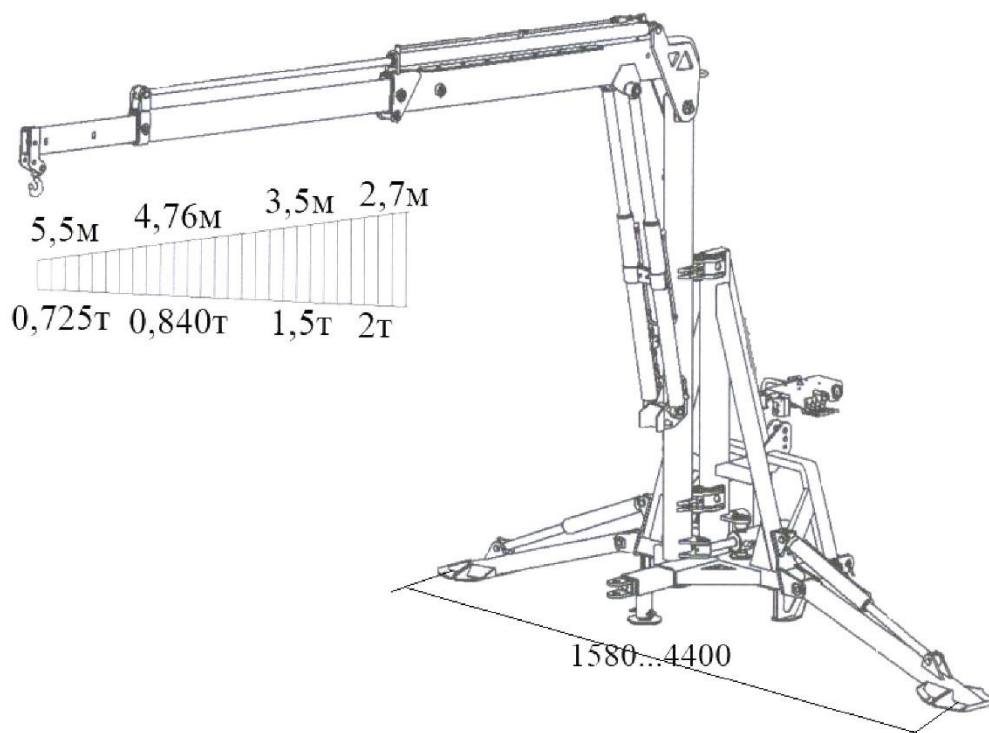


Рисунок 1.5 – Схема вантажопідйомності маніпулятора

### 1.3 Навішування маніпулятора на трактор

Під час монтажу маніпулятора на трактор (рис. 1.6) слід суворо дотримуватись певних технічних умов.

По-перше, установка обладнання повинна здійснюватися виключно на рівній і стійкій поверхні. Перед початком монтажу трактор слід акуратно підвести до маніпулятора, опустити задню навісну систему, зупинити двигун і зафіксувати машину стоянковим гальмом. Далі відбувається механічне з'єднання маніпулятора з навіскою за допомогою штифтів, які йдуть у комплекті, причому обов'язковою умовою є їх надійне шплінтування. Після цього

необхідно відрегулювати положення агрегата за допомогою центральної тяги [11].

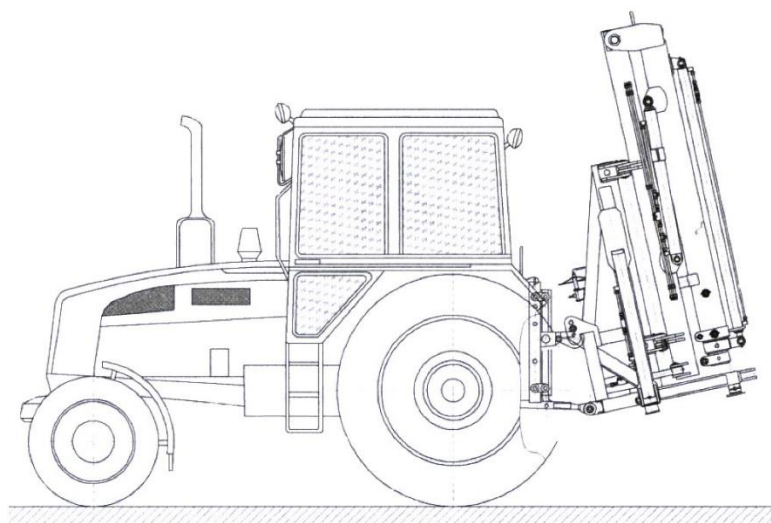


Рисунок 1.6 – Встановлення маніпулятора на тракторі

Перед тим як приєднати гідравлічні шланги, слід переконатися у відсутності тиску в гідросистемі трактора. Важливо під'єднати напірну й зливну магістралі відповідно до схеми, наведеної на рис. 1.7, оскільки помилкове з'єднання може призвести до пошкодження системи.

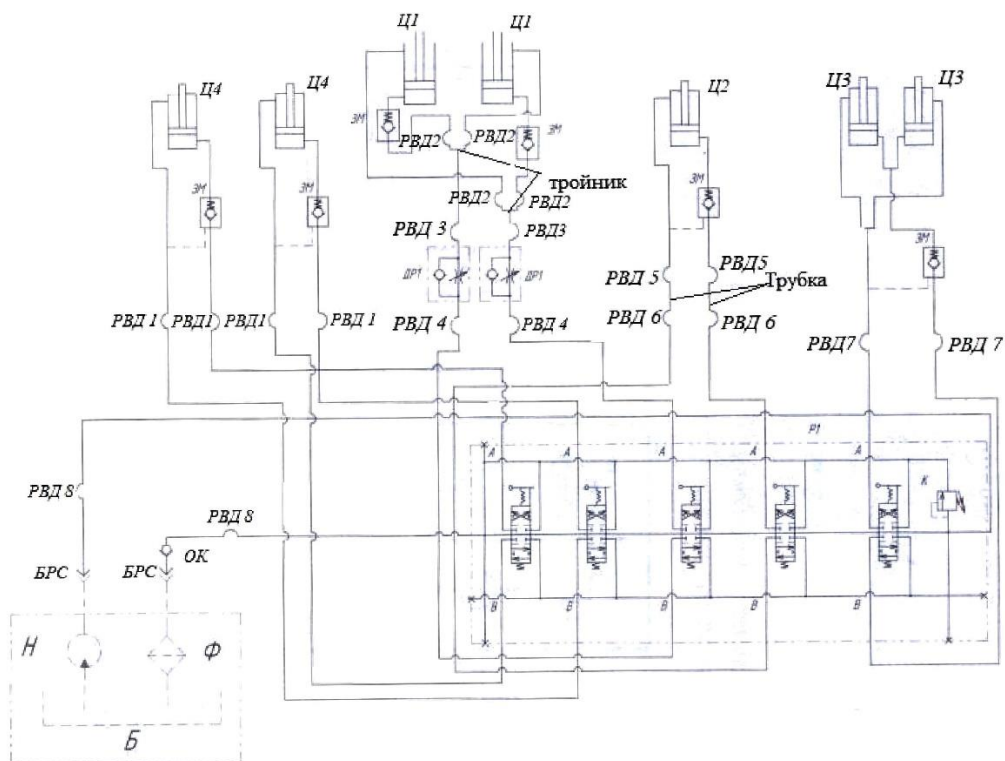


Рисунок 1.7 – Гідравлічна схема маніпулятора

Установка маніпулятора повинна враховувати обмеження, встановлені для дорожніх транспортних засобів: максимально допустиме навантаження на осі, ширина, висота конструкції [12].

#### 1.4 Принципи експлуатації маніпулятора

Перед пуском необхідно перевірити, чи всі важелі гідророзподільника встановлені в нейтральне положення. Запуск роботи починається з увімкнення насоса і короткочасної прокачки оливи через розподільник. Варто впевнитися, що поблизу зони роботи немає сторонніх осіб або перешкод.

Для стабілізації положення трактора слід перевести в робоче положення виносні опори – аутригери. Вони повинні зняти частину навантаження з коліс, але останні не мають відриватися від ґрунту. Рівність встановлення перевіряється за допомогою індикатора, розташованого в основі маніпулятора. Положення повітряної бульбашки має відповідати центральному колу на шкалі.

Перед початком вантажопідйомних операцій необхідно подати звуковий сигнал – це попередить сторонніх людей про можливу небезпеку. Кнопка сигналу знаходиться ліворуч від гідророзподільника. Під час переміщення вантажів звуковий сигнал подається повторно, щоб уникнути нещасних випадків. Усі переміщення слід виконувати з максимальною плавністю, уникаючи різких і неконтрольованих рухів [8].

Запуск гідросистеми проводиться на малій швидкості. Після ознайомлення з реакцією маніпулятора оператор підбирає оптимальну швидкість для забезпечення точності та безпеки. Переміщення вантажів варто здійснювати на невеликій висоті від землі, піднімаючи їх лише безпосередньо перед навантаженням. Аналогічно, при розвантаженні спочатку вантаж опускається, а потім відводиться стріла.

Слід уникати горизонтального положення основної стріли під час роботи – в такому положенні зменшується вантажний момент. Для завдань, що потребують горизонтального вильоту, використовується друга секція стріли [10].

## 1.5 Особливості безпечної експлуатації та технічного обслуговування

Неналежно закріплені, зношені чи пошкоджені елементи крюка можуть спричинити падіння вантажу, що значно підвищує ризик травматизму. Рекомендується регулярно оглядати крюк на наявність деформацій, змін геометрії, ускладнення обертання. У разі виявлення подібних відхилень – елемент слід зняти для подальшого огляду [12].

Особливу увагу варто звертати на внутрішню частину крюка, де найчастіше відбувається знос. Допускається зменшення висоти його перерізу не більш ніж на 10% від початкового розміру. Будь-які порушення цілісності у вигляді надрізів, тріщин, іржі, вм'ятин, зміни кольору вважаються неприпустимими.

Розширення зева крюка також регламентується – відхилення не повинні перевищувати 10% від номінального значення. Фіксатор крюка має утримуватися в закритому положенні й не відкриватися самостійно. Гранично допустиме зменшення товщини тіла крюка – не більше 10% від початкового значення [14].

## 1.6 Конструктивні особливості навісок універсально-просапних тракторів

Універсальне навісне підйомне обладнання є одним з основних елементів оснащення трактора, що дозволяє агрегатувати з ним широкий спектр сільськогосподарських машин і знарядь. Щоб забезпечити взаємозамінність, такі пристрої виготовляються відповідно до стандартизованих вимог і класифікуються на чотири групи. Категорія навісного механізму відповідає класу трактора та потужності, що передається через вал відбору потужності.

Приєднання навісної техніки до трактора за допомогою універсального триточкового механізму виконується досить швидко і не вимагає складних дій. Проте під час монтажу потрібно вручну фіксувати кульові шарніри трикутника з'єднання з рамою агрегату, що дещо ускладнює процес. На відміну від цього, у навісних систем з автоматичним зчепленням ця операція усунута [15].

Триточкові задні навісні системи використовуються в тракторах тягових класів 0,6; 0,9; 1,4 і 2. В моделях потужніших класів – 3, 4, 5, 6, 8 – зазвичай застосовують механізми з можливістю переходу на двоточкову схему. У таких випадках нижні тягові елементи кріпляться або в одній спільній центральній точці, або у двох, що розташовані максимально близько одна до одної. Така компоновка дозволяє відтворити кінематику руху машини відносно трактора, подібну до тієї, що має місце при причіпному з'єднанні.

Двоточкове налаштування частіше застосовують при з'єднанні гусеничних тракторів з плугами – воно дозволяє таким агрегатам рухатися по криволінійних траєкторіях з опущеними робочими органами без ризику пошкодження. Натомість триточкова система більше підходить для машин з великим робочим захватом, оскільки забезпечує стійке їх положення у горизонтальній площині під час руху [10].

Для розширення функціональності деякі моделі тракторів комплектуються не лише заднім, а й фронтальним навісним механізмом. Це переважно стосується універсально-просапних тракторів, які здатні одночасно виконувати дві різні операції: одну – за допомогою передньої машини, іншу – за допомогою навісного обладнання, розташованого позаду.

Однак слід враховувати, що не кожна сільськогосподарська машина чи агрегат може бути під'єднана через універсальний навісний пристрій. У деяких випадках потрібне індивідуальне рішення, яке залежить від конструктивних особливостей агрегату і наявності відповідних точок кріплення на тракторі. Наприклад, підмоторна рама трактора часто виконує функцію монтажної бази – на ній передбачено низку отворів для фіксації спеціального обладнання. Такі індивідуальні механізми навішування входять до складу самої машини і призначені для використання лише з конкретними моделями тракторів [8].

Що стосується конструкції заднього навісного пристрою, вона виконує одразу кілька функцій: приєднання навісних та напівнавісних агрегатів, підняття їх у транспортне положення та опускання у робоче. З'єднання здійснюється

через три точки: дві нижні тяги та верхній шарнір. Це забезпечує стабільність агрегатованої техніки під час роботи.

Класичним прикладом конструкції заднього навісного механізму можна вважати рішення, реалізоване в тракторі МТЗ-100/102 (рис. 1.8) [10].

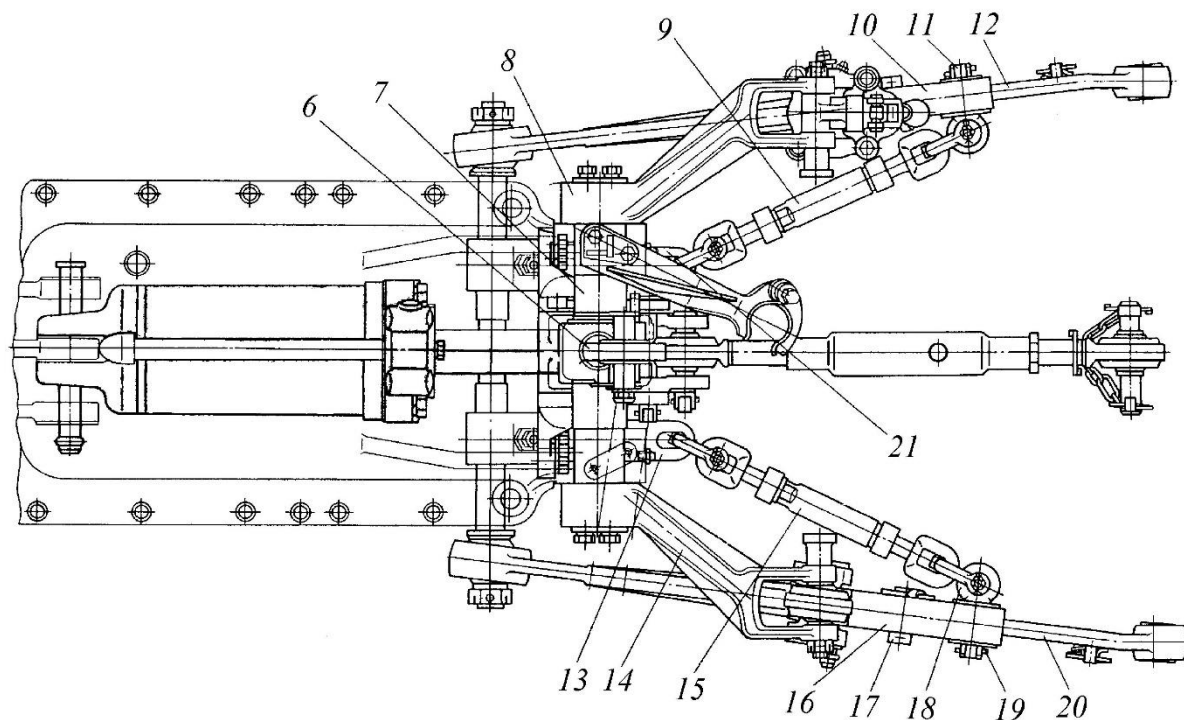


Рисунок 1.8 – Навіска трактора МТЗ-100/102

Основним елементом є гідроциліндр 2, встановлений на кришці заднього моста 3, яка литим способом з'єднана з віссю 1. У вушках кришки знаходиться поворотний вал 7, на шліцах якого за допомогою пальця 22 закріплений важіль повороту 6.

На шліцьовій частині валу 7 змонтовані зовнішні важелі 8 і 14, які з'єднані зі штангами 10 і 16 за допомогою розкосів 23 та 24. Довжина лівого розкоса 24 (відстань між осями верхнього і нижнього пальців) повинна становити 515 мм. Поперечне положення навішеного агрегату регулюється правим телескопічним різьбовим розкосом 23, довжина якого змінюється через обертання ручки 26, що з'єднана зубчастою передачею з різьбовою втулкою [11].

Штанги нижні виконані складеними: задні частини 12 і 20 є висувними і кріпляться пальцями 17 до головних тяг 10 і 16, які передніми шарнірами

закріплені на горизонтальній осі. Верхня тяга 5 має регульовану довжину, складається з двох наконечників з шарнірами та центральної муфти з різьбою, яка обертається воротком, що вставляється в спеціальний паз. Переднім кінцем тяга кріпиться пальцем із запірною чекою до одного з трьох отворів на кронштейні датчика силового регулятора. Зміна положення верхньої тяги дає змогу впливати на момент заглиблення робочого органу, зокрема плуга, що також забезпечує оптимальне навантаження на ведучі колеса трактора.

У випадку роботи з машинами великої ширини захвату, штанги 10 і 16 приєднують до розкосів 23 і 24 через подовжні пази. Це дає навішеній техніці необхідний вільний вертикальний хід, який покращує адаптацію до рельєфу ґрунту. Щоб зменшити поперечне зміщення навішеної машини під час роботи або транспортування, штанги з'єднуються з остовом трактора через регульовані стяжки 9 і 15, що монтуються на кронштейни 13 і 21, розміщені на осі поздовжніх тяг. У кронштейни вгвинчуються болти 27, які, впираючись у картер заднього моста, забезпечують натяг стяжок при піднятті навішеної техніки у транспортне положення [12].

### 1.7 Автозчіпні пристрої

Для спрощення процедури агрегатування використовуються пристрої для швидкого приєднання – автозчіпки. Підключення навішеної машини до трактора традиційно потребує виходу оператора з кабіни, що пов'язано з ручною працею. Зі зростанням енергозабезпеченості тракторів підвищується і маса агрегованих машин. Це стало передумовою до розробки систем, які б дозволили виконувати з'єднання з технікою простіше і, за можливості, без участі оператора поза кабіною.

Такі пристрої отримали назву автоматичних зчепних механізмів – автозчіпок. Найпоширеніший варіант автозчіпки, наведений на рис. 1.9, має двокомпонентну конструкцію: рамку 1, що встановлюється на трактор, і замок 5, який входить до складу сільськогосподарського знаряддя. Рамка 1 під'єднується

до навісної системи трактора у трьох точках і має форму рівнобедреного трикутника. В її нижній частині розміщені знімні пальці 3, які служать для приєднання до поздовжніх тяг, а у верхній – вушка 2 для з'єднання з центральною тягою. Конструкція рамки – трубчаста, з прямокутним перерізом. У верхній ділянці розташований механізм фіксації у вигляді заціпки (собачки) 4, що приводиться в дію важелем 6 і пружиною [15].

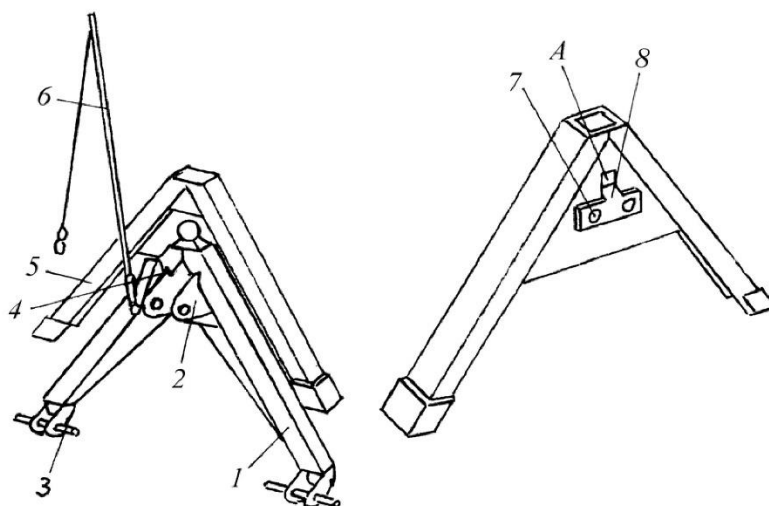


Рисунок 1.9 – Автоматичний зчіпний пристрій

Замок 5, як і рамка, має форму рівнобедреного трикутника, у його верхній частині встановлений упор 8 для фіксації заціпки. Для здійснення зчеплення навісне обладнання разом з рамкою 1 опускається вниз. Подаючи трактор назад, рамку вводять у замок, після чого піднімають пристрій, і рамка входить у внутрішню частину замка 5. У момент з'єднання собачка 4 фіксується в пазі А замка, забезпечуючи надійне зчеплення [16].

## РОЗДІЛ 2 ЗАПРОПОНОВАНЕ ТЕХНІЧНЕ РІШЕННЯ З АГРЕГАТУВАННЯ МАНІПУЛЯТОРА НА ТРАКТОР

### 2.1 Обґрунтування доцільності конструктивної розробки

Одним з основних експлуатаційних показників трактора є річна завантаженість трактора.

Показник річної завантаженості трактора відображає загальну кількість мотогодин, яку він відпрацював за дванадцять місяців. Інакше кажучи, це сумарна тривалість використання машини протягом календарного року. Такий параметр є ключовим для визначення ефективності експлуатації тракторної техніки і залежить від її призначення, типу і умов роботи.

Річна завантаженість може подаватися як у мотогодинах, так і в гектарах оброблених площ – коли мова йде про сільськогосподарське використання. Завдяки цьому значенню можна оцінити продуктивність застосування техніки, а також на основі отриманих даних планувати її подальше технічне обслуговування і розподіл робочого ресурсу [18].

Найкращим варіантом річної завантаженості вважається така, що відповідає можливостям конкретного трактора з урахуванням його потужності, технічних характеристик і умов експлуатації. У більшості випадків цей об'єм становить від 1500 до 2000 мотогодин на рік, хоча можуть бути певні відхилення в ту чи іншу сторону залежно від специфіки застосування техніки.

Одним зі шляхів збільшення річної завантаженості універсально-просапних тракторів може бути їх комбіноване використання не тільки як енергетичного засобу для основних сільськогосподарських операцій, а і як додаткового елемента для виконання підготовчих операцій в рослинництві [15].

Таким комбінуванням, наприклад, може бути використання трактора як у складі агрегату для внесення органічних добрив, так і як енергетичного засобу для крана-маніпулятора для завантаження добрив в технологічну машину.

Однак, така сукупність робіт призводить до необхідності ще більшої автоматизації роботи зчипки, щоб зменшити час формування агрегату за рахунок зменшення часу під'єднання гідравлічного обладнання, що, зазвичай, передбачає вихід оператора з кабіни.

## 2.2 Запропоноване технічне рішення

Розроблено модернізований варіант автоматичного зчипного механізму, що забезпечує одночасне й автоматичне підключення гідравлічної системи трактора до системи начіпного сільськогосподарського агрегату (рис. 2.1). Основний елемент цієї конструкції – трикутна рамка автозчипки, до якої інтегровано спеціальний штуцер із клапаном для під'єднання гідроліній. Ця рамка встановлюється на стандартну задню навісну систему трактора. Зі свого боку, на замку машини передбачено гніздо з ущільнювачем і зворотним клапаном, яке слугує з'єднувальним елементом із гідросистемою сільськогосподарського знаряддя.

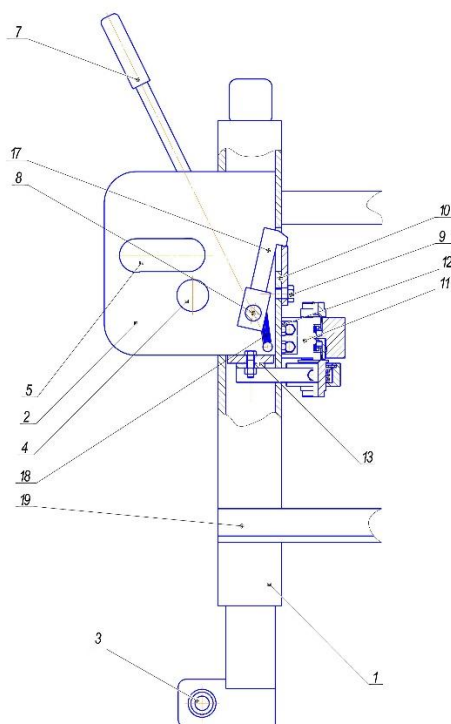


Рисунок 2.1 – Запропоноване технічне рішення

Таке технічне рішення дає змогу ефективно поєднати маслопроводи трактора з гідравлічними каналами причіпного обладнання без необхідності ручного втручання.

За основу конструктивної розробки взято принцип дії роз'ємної муфти, подібної до тієї, що використовується в гідросистемах тракторів тягового класу 1,4. Вузол складається з двох частин – верхньої та нижньої (рис. 2.2).

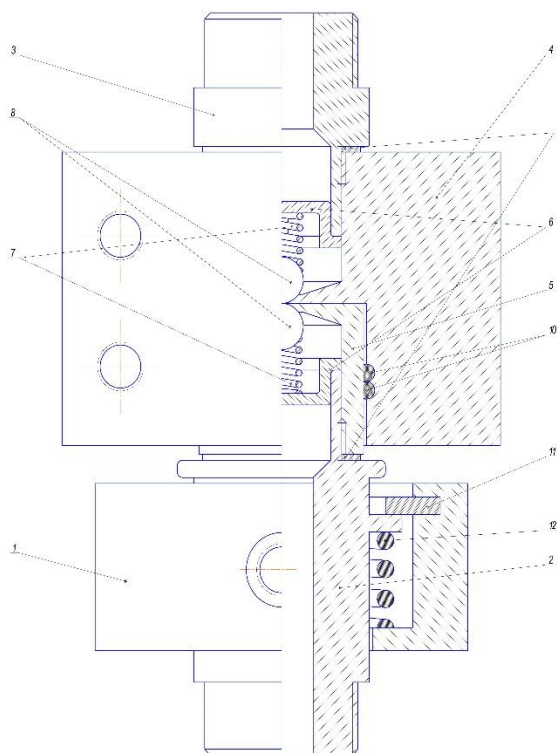


Рисунок 2.2 – Вузол з'єднання

Нижній елемент представляє собою прямокутний пустотілий корпус 1 з кільцевою канавкою для установки стопорного кільця 11. У середині цього корпусу розміщено штуцер 2, який має нарізну частину для надійного кріплення стакана 5, що містить нижній клапан. У верхній частині стакана передбачено посадочне місце для кулькового клапана 8 з діаметром 8 мм. Зі зворотного боку кулька притискається пружиною 7, яка впирається в шайбу 6, закріплену на кінці штуцера. Для забезпечення герметичності конструкції нижнього клапана використовується ущільнююча шайба 9.

З метою уникнення витoku оливи в зоні стику між зовнішнім стаканом 4 і елементом нижнього клапана 5, у його конструкції передбачено спеціальні ущільнювальні елементи. У нижній частині стакана 4 виконано дві кільцеві проточки, в які встановлюються кільця ущільнювачів 10, що забезпечують герметичність з'єднання під час функціонування агрегату в зчепленому стані.

Алгоритм дії пристрою передбачає наступну послідовність: для здійснення стикування трактора з начіпною машиною необхідно під'їхати до неї заднім ходом, дотримуючись точного вирівнювання по напрямку руху. Правильна траєкторія дозволяє забезпечити збіг осей симетрії трикутного елемента автозчипки 1 і корпусу замка 6 (рис. 2.1).

Подальший етап – безпосереднє входження рамки в гніздо замка до моменту щільного зіткнення площин. Після цього вмикається гідравлічна система, що активує підйом навісного механізму. У результаті підняття рамки зуб фіксатора 17 входить у відповідний отвір, розташований у косинці корпусу замка 6. Цей отвір регулюється за допомогою спеціальної планки 12. Зачеплення фіксатора надійно блокує обидві частини з'єднання, запобігаючи їхньому випадковому розмиканню, навіть за умови неконтрольованого чи випадкового переміщення важеля гідророзподільника.

В момент з'єднання трикутної частини механізму 1 з рамкою замка 6, нижній штуцер 2 разом зі стаканом 5 входить у внутрішню порожнину верхнього стакана 4, де встановлено ущільнювальний елемент 10. Завдяки цьому досягається герметичне з'єднання між гідравлічними магістралями трактора та агрегатованої машини. Водночас, щоб уникнути ушкоджень елементів через можливі осьові зусилля, які можуть виникати внаслідок невірної регулювання навісної системи або положення замка, у конструкцію введено пружину 12. Вона працює як демпфер, компенсуючи небажані навантаження і забезпечуючи надійність з'єднувального вузла між гідросистемами обох агрегатів.

Процес від'єднання машини починається з її опускання на поверхню. Далі, за допомогою спеціального кільця 4 і прикріпленого до нього шнура 5,

виконується поворот важеля 6. Ця дія звільняє фіксатор 17, що утримував рамку в зчепленому положенні, і дозволяє від'єднати її від корпусу замка 6. За допомогою гідравліки трактора рамка поступово опускається вниз. У цей момент нижній стакан 5 виводиться з зони зчеплення з верхнім стаканом 4 (рис. 2.2). Завдяки внутрішньому тиску в трубопроводах гідросистеми, кулькові клапани обох штуцерів автоматично закриваються, запобігаючи витоку оливи. Після завершення цього процесу трактор може безперешкодно від'їхати від навісної машини.

## РОЗДІЛ 3 РОЗРАХУНОК КОНСТРУКТИВНИХ ЕЛЕМЕНТІВ ЗАПРОПОНОВАНОГО РІШЕННЯ

### 3.1 Перевірка міцності пальця

Конструкція трикутника передбачає його приєднання до центральної тяги навісного механізму трактора через з'єднувальний палець. На цей елемент діє зусилля, що передається від маси начіпного знаряддя. Визначення навантаження на палець виконується за залежністю виду [18]:

$$N = P_m F, \quad (3.1)$$

де  $P_m = 87,5$  МПа – питомий тиск на палець при приєднанні розкидача органічних добрив;  $P_m = 93,6$  МПа – питомий тиск на палець при приєднанні гідроманіпулятора (при максимальній вантажопідйомності);  $F$  – площа поперечного перерізу пальця, яка обчислюється за формулою [18]:

$$F = \pi r^2. \quad (3.2)$$

Для початкових розрахунків приймаємо еквівалентний радіус пальця, по якому відбувається дія сили,  $r = 3$  см.

Тоді:

$$F = 3,14 \cdot 3^2 = 28,26 \text{ см}^2. \quad (3.3)$$

Звідси розрахункова сила:

– для розкидача добрив:

$$N = 87,5 \cdot 28,28 = 2474,5 \text{ Н}; \quad (3.4)$$

– для гідроманіпулятора:

$$N = 93,6 \cdot 28,28 = 2647,01 \text{ Н}. \quad (3.5)$$

Наступним кроком є перевірка, чи витримає палець це зусилля на зсув для різних видів машин [18]:

$$\tau_{zp} = \frac{N}{F_{zp}} \leq [\tau_{zp}], \quad (3.6)$$

де  $F_{zp}$  – площа поперечного перерізу при зрізі, яка обчислюється як:

$$F_{zp} = \pi \frac{d^2}{4}. \quad (3.7)$$

Припустимо діаметр пальця конструктивно дорівнює  $d = 30$  мм.

Тоді:

$$F_{zp} = 3,14 \frac{30^2}{4} = 706,5 \text{ мм}^2. \quad (3.8)$$

Матеріалом для виготовлення пальця обрана сталь марки 45, допустиме значення напруження на зріз для якої становить  $[\tau_3] = 80$  МПа [18].

Обчислюємо фактичне напруження:

– для розкидача добрив:

$$\tau_{zp} = \frac{2474,5 \cdot 10^3}{706,5} = 35,02 \text{ МПа}; \quad (3.9)$$

– для гідроманіпулятора:

$$\tau_{zp} = \frac{2647,01 \cdot 10^3}{706,5} = 37,46 \text{ МПа}. \quad (3.10)$$

Оскільки отримані значення менше допустимого, то можна стверджувати, що палець має достатню міцність для безпечного функціонування у складі з'єднання між щоками трикутника автозчеплення та центральною тягою навісної системи трактора для обох варіантів агрегування [18].

### 3.2 Аналіз параметрів запобіжної пружини

Вихідні характеристики: використовується пружина стискання. Початкове зусилля  $F_1 = 20$  Н, кінцеве –  $F_2 = 120$  Н, хід пружини  $h = 45$  мм, зовнішній діаметр  $D_1 = 50$  мм, максимально допустима швидкість руху  $V_{max} = 5$  м/с. Необхідна умова надійності –  $N_F \geq 1 \times 10^{-7}$  [18].

Для початку визначимо силу стиску пружини при граничному деформуванні. Згідно формули (3.11):

$$F_3 = \frac{F_2}{1 - \delta}. \quad (3.11)$$

В межах допустимого значення  $\delta = 0,05 \dots 0,25$  отримаємо діапазон зусиль [18]:

$$F_3 = \frac{120}{1-0,05} \dots \frac{120}{1-0,25} = 126,31 \dots 160 \text{ Н.} \quad (3.12)$$

Згідно ДСТУ 13766-86, даному інтервалу характеристик відповідають пружини класу I, розряду 1 із зусиллями: 85, 90, 95, 100, 106 Н. Враховуючи габарити та необхідність досягнення критичної швидкості, оптимальною є пружина з параметрами:  $F_3 = 106$  Н;  $D = 4,0$  мм;  $D_1 = 50$  мм; жорсткість  $C_1 = 97,05$  Н/мм;  $s_3 = 1,092$  мм.

Для пружин класу I допустиме напруження визначається як  $\tau = 0,3\tau_m$ . Для сталі з міцністю  $\tau_m = 2300$  Н/мм<sup>2</sup> отримаємо  $\tau = 690$  Н/мм<sup>2</sup> [18].

Знайдемо критичну швидкість  $V_\kappa$ , щоб визначити клас пружини [18]:

$$V_\kappa = \frac{\tau \left( 1 - \frac{F_2}{F_3} \right)}{\sqrt{2G_p \cdot 10^{-3}}}. \quad (3.13)$$

Підставляючи значення, отримуємо (за максимального зусилля):

$$V_\kappa = \frac{690 \left( 1 - \frac{120}{160} \right)}{35,1} = 4,91 \text{ м/с.} \quad (3.14)$$

Оскільки отримано значення, що менше критичного, то пружина не забезпечує достатню витривалість через наявність зіткнень витків. Отже, обираємо пружину II класу.

Для  $F_3 = 95$  Н при  $D_1 = 50$  мм згідно ДСТУ 13770-86 підходить пружина з такими параметрами:  $D = 3,2$  мм;  $D_1 = 50$  мм,  $C_1 = 36,58$  Н/мм;  $s_3 = 2,597$  мм.

Для класу II приймаємо  $\tau_3 = 0,5\tau_m$ , тобто  $\tau = 0,5 \times 2300 = 1150$  Н/мм<sup>2</sup>. Розраховуємо критичну швидкість пружини, яка дорівнює:

$$V_{\kappa} = \frac{1150 \left(1 - \frac{120}{160}\right)}{35,1} = 8,19 \text{ м/с.} \quad (3.15)$$

Перевірка на співвідношення  $V_{max} / V_{\kappa}$  [18]:

$$\frac{V_{max}}{V_{\kappa}} = \frac{5,0}{8,19} = 0,61 < 1. \quad (3.16)$$

Пружина відповідає всім вимогам, однак через обмежений ресурс пружин II класу доцільно мати запасні елементи.

Визначаємо жорсткість пружини:

$$C = \frac{F_2 - F_1}{h} = \frac{120 - 20}{45} = 2,22 \text{ Н/мм;} \quad (3.17)$$

Визначаємо кількість робочих витків за формулою [18]:

$$n = \frac{C_1}{C}. \quad (3.18)$$

Після підстановки значень отримуємо:

$$n = \frac{36,58}{2,22} = 16,47 \approx 16,5. \quad (3.19)$$

Тоді, уточнена жорсткість визначається за виразом [18]:

$$C = \frac{C_1}{n}. \quad (3.20)$$

Після підстановки значень отримуємо:

$$C = \frac{C_1}{n} = \frac{36,58}{16,5} = 2,23 \text{ Н/мм.} \quad (3.21)$$

Повна кількість витків, враховуючи відсутність функціонування півтора витка пружини:

$$n_{повн} = n + 1,5 = 16,5 + 1,5 = 18 \text{ витків.} \quad (3.22)$$

Середній діаметр пружини визначається з виразу [18]:

$$D = D_1 - d. \quad (3.23)$$

Після підстановки значень отримуємо:

$$D = 50 - 1,4 = 48,6 \text{ мм.} \quad (3.24)$$

Деформації пружини:

– попередня:

$$s_1 = \frac{F_1}{C} = \frac{20}{2,23} = 8,97 \text{ мм.} \quad (3.25)$$

– робоча:

$$s_2 = \frac{F_2}{C} = \frac{120}{2,23} = 53,81 \text{ мм.} \quad (3.26)$$

– максимальна:

$$s_3 = \frac{F_3}{C} = \frac{160}{2,23} = 71,74 \text{ мм.} \quad (3.27)$$

Довжини:

– за максимальної деформації:

$$l_3 = (n_{повн} + 1 - 1,5)d = (18 + 1 - 1,5)1,4 = 24,5 \text{ мм.} \quad (3.28)$$

– при вільному стані:

$$l_0 = l_3 + s_3 = 24,5 + 71,74 = 96,24 \text{ мм.} \quad (3.29)$$

– при попередній деформації

$$l_0 = l_3 - s_1 = 24,5 - 8,97 = 15,53 \text{ мм.} \quad (3.30)$$

Крок витків у вільному стані:

$$t = s_3 + d = 71,74 + 1,4 = 73,14 \text{ мм.} \quad (3.31)$$

## РОЗДІЛ 4 ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРА ПРИ ТЕХНОЛОГІЧНОМУ ПРОЦЕСІ ВНЕСЕННЯ ОРГАНІЧНИХ ДОБРІВ З СУМІЩЕННЯМ ОПЕРАЦІЙ

Розрахунок часу виконання одного повного циклу роботи агрегату на загінці здійснюється за формулою [20]:

$$t_u = t_p + t_x, \quad (4.1)$$

де  $t_p$  – чистий робочий час за цикл;  $t_x$  – час проходження холостих поворотів.

Формула для розрахунку чистого часу роботи за один цикл має наступний вигляд [20]:

$$t_p = \frac{2l_p \cdot 60}{V_p \cdot 1000}. \quad (4.2)$$

Проведемо розрахунок для умовного поля довжиною  $L = 2000$  м та шириною поворотних смуг в  $ПС = 17$  м. Тоді довжина робочого ходу:

$$l_p = L - 2ПС = 2000 - 2 \cdot 17 = 1966 \text{ м}. \quad (4.3)$$

Враховуючи робочу швидкість розкидача органічних добрив на рівні  $V_p = 11$  км/год, отримаємо:

$$t_p = \frac{2 \cdot 1966 \cdot 60}{11 \cdot 1000} = 21,45 \text{ хв}. \quad (4.4)$$

Для визначення часу на холості повороти впродовж одного циклу використовують залежність виду:

$$t_x = \frac{2l_x \cdot 60}{V_p \cdot 1000}, \quad (4.5)$$

де  $l_x$  – довжина одного безпетльового повороту, яка дорівнює:

$$l_x = 7R + 2e. \quad (4.6)$$

За стандартних значень, радіус повороту становить  $R = 10,8$  м, а довжина виїзду (для агрегату трактор МТЗ-82 + розкидач М320 4FARMER – загальна довжина 1,37 м) –  $e = 0,14$

Тоді:

$$l_x = 7 \cdot 10,8 + 2 \cdot 0,14 = 29,7 \text{ м.} \quad (4.7)$$

Остаточню отримаємо:

$$t_x = \frac{2 \cdot 29,7 \cdot 60}{11 \cdot 1000} = 0,32 \text{ хв.} \quad (4.8)$$

Загальний час одного циклу становить:

$$t_y = 21,45 + 0,32 = 21,77 \text{ хв.} \quad (4.9)$$

Кількість можливих циклів протягом зміни обчислюється за формулою:

$$n_y = \frac{T_{zm} - T_{nz} - T_{on}}{t_y}, \quad (4.10)$$

де  $T_{zm} = 420$  хв – час зміни;  $T_{nz}$  – час на підготовчо-заклучні операції;  $T_{on} = 30$  хв – час технічного обслуговування машин на загоні.

Час на підготовчо-заклучні операції складається з наступних елементів:

$$T_{nz} = T_{nk} + T_{цо} + T_{нкк} + T_{нн}, \quad (4.11)$$

де  $T_{nk}$  – час на заправку або завантаження технологічних ємностей агрегату;  $T_{цо}$  – час на проведення щозмінного технічного обслуговування;  $T_{нкк}$  – час на отримання наряду та переїзди на початку та в кінці зміни;  $T_{нн}$  – час на відпочинок та власні потреби.

Враховуючи зменшення часу на заправку або завантаження технологічних ємностей агрегату, отримаємо – табл. 4.1.

Таблиця 4.1 – Зміна часу на підготовчо-заклучні операції з використанням запропонованого пристрою

Показник	Базовий варіант	Запропонований варіант
$T_{nk}$ , хв	25	13
$T_{цо}$ , хв	30	30
$T_{нкк}$ , хв	13	13
$T_{нн}$ , хв	10	10
$T_{nz}$ , хв	78	66

Тоді кількість можливих циклів протягом зміни:

– для базового варіанту:

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 78 - 30}{21,77} = 14,33 \approx 14 \text{ циклів.} \quad (4.12)$$

– для запропонованого варіанту:

$$n_{\text{ц}} = \frac{420 - 66 - 30}{21,77} = 14,88 \approx 15 \text{ циклів.} \quad (4.13)$$

Повний час активної роботи агрегату протягом зміни [20]:

$$T_p = t_p n_{\text{ц}}, \quad (4.14)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

– для базового варіанту

$$T_p = 21,45 \cdot 14 = 300,72 \text{ хв.} \quad (4.15)$$

– для запропонованого варіанту

$$T_p = 21,45 \cdot 15 = 321,75 \text{ хв.} \quad (4.16)$$

Час на холостий хід за зміну [20]:

$$T_x = t_x n_{\text{ц}}. \quad (4.17)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

– для базового варіанту

$$T_x = 0,32 \cdot 15 = 4,8 \text{ хв.} \quad (4.18)$$

– для запропонованого варіанту

$$T_x = 0,32 \cdot 16 = 5,12 \text{ хв.} \quad (4.19)$$

Тривалість простоїв агрегату з увімкненим двигуном трактора визначається за формулою [20]:

$$T_0 = T_{\text{нк}} + T_{\text{цo}} + T_{\text{нн}} + T_{\text{оп}}. \quad (4.20)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

– для базового варіанту

$$T_0 = 25 + 30 + 10 + 30 = 95 \text{ хв.} \quad (4.21)$$

– для запропонованого варіанту

$$T_0 = 13 + 30 + 10 + 30 = 83 \text{ хв.} \quad (4.22)$$

Фактична тривалість зміни [20]:

$$T_{зм.д.} = T_p + T_x. \quad (4.23)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

– для базового варіанту

$$T_{зм.д.} = 300,72 + 4,8 = 305,5 \text{ хв.} \quad (4.24)$$

– для запропонованого варіанту

$$T_{зм.д.} = 321,75 + 5,12 = 326,8 \text{ хв.} \quad (4.25)$$

Коефіцієнт використання часу зміни [20]:

$$\tau = \frac{T_p}{T_{зм.д.}}. \quad (4.26)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

– для базового варіанту

$$\tau = \frac{300,72}{305,52} = 0,97. \quad (4.27)$$

– для запропонованого варіанту

$$\tau = \frac{321,75}{326,87} = 0,98. \quad (4.28)$$

Продуктивність агрегату протягом однієї зміни [20]:

$$W_{зм} = 0,1B_{\kappa}\beta V_p T_p. \quad (4.29)$$

Підставляючи значення, отримуємо:

– для базового варіанту

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 16 \cdot 0,984 \cdot 11 \cdot 300,72 = 5207,9 \text{ га} \quad (4.30)$$

– для запропонованого варіанту

$$W_{зм} = 0,1 \cdot 16 \cdot 0,984 \cdot 11 \cdot 321,75 = 5572,2 \text{ га} \quad (4.31)$$

Продуктивність за один цикл:

$$W_{ц} = 2B_{\kappa}\beta l_p 10^{-4} = 2 \cdot 16 \cdot 0,984 \cdot 1966 \cdot 10^{-4} = 6,19 \text{ га.} \quad (4.32)$$

## РОЗДІЛ 5 БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ, ОСНОВИ ОХОРОНИ ПРАЦІ

### 5.1 Безпека праці при внесенні мінеральних добрив

Кожен виробничий фактор, що становить небезпеку, незалежно від його природи, інтенсивності чи інших характеристик, завжди впливає в межах певної зони. У випадках, коли ця зона має сталі розміри, що не змінюються в часі, її вважають постійною. Проте, якщо під час виконання роботи зона впливу фактора змінюється – наприклад, через зміну його інтенсивності або переміщення у просторі – така зона класифікується як змінна.

Існують обставини, зокрема в аварійних ситуаціях, коли зона дії небезпечного фактору може раптово розширитися за межі попередньо встановлених границь. У таких випадках загроза для працівника виникає вже поза визначеною небезпечною територією. Саме тому кожен працівник, що експлуатує конкретне обладнання або виконує роботу на певному робочому місці, повинен бути добре обізнаний із потенційними небезпеками, навіть якщо вони формально виходять за межі очікуваних.

Під час процесу внесення мінеральних добрив виникають так звані постійні небезпечні зони, які зумовлені зчепленням машин з трактором, їх налаштуванням та обслуговуванням, а також технічними маніпуляціями з трактором і розкидачем.

У ході виконання технологічного процесу, при недотриманні вимог охорони праці або внаслідок помилкових дій, є ймовірність потрапляння працівника в небезпечну зону. Дія, яка призводить до цього, вважається небезпечною. Наприклад, у разі внесення мінеральних добрив людина може опинитися в зоні ризику через відсутність відповідних попереджувальних знаків, несправності в системі гідравліки, відсутність захисних елементів (як-от ланцюгів чи кожухів), а також через грубі порушення правил експлуатації агрегату – наприклад, коли регулювання виконується при ввімкненому двигуні,

або під час усунення засмічення робочих органів «на ходу», чи при використанні технічно несправних розкидачів [5].

Функціонування машинно-тракторного агрегату (МТА) може супроводжуватись небезпечними умовами праці, які часто є наслідком недосконалості конструкції машин, технологічного обладнання, а також незадовільної організації виробничого процесу.

Усі вищезгадані чинники, що спричиняють виникнення небезпечної ситуації, мають певну ймовірність реалізації. Це означає, що небезпечні умови, небезпечні дії і небезпечні ситуації, а також їх наслідки – такі як аварії чи травмування – належать до категорії випадкових подій. Через їхню стохастичну природу не завжди вдається заздалегідь передбачити їх появу та вчасно запобігти шкідливим наслідкам.

З огляду на це, важливим є моделювання механізмів виникнення та розвитку небезпечних ситуацій, що дозволяє завдяки аналітичному підходу виявляти не лише вже існуючі, а й потенційні загрози. Такий підхід сприяє своєчасному вжиттю заходів для зниження ризиків і забезпечення безпечних умов праці [15].

## 5.2 Забезпечення безпеки праці при механізованому внесенні мінеральних добрив

Під час проведення механізованих робіт із внесення мінеральних добрив, усі використовувані машини та агрегати повинні перебувати у справному технічному стані, бути повністю укомплектованими відповідним інструментом, засобами індивідуального захисту, пристроями для проведення техобслуговування, а також аптечкою першої допомоги. Захисні кожухи на елементах, що рухаються, є обов'язковими, адже саме вони запобігають травмуванню операторів і технічного персоналу [10].

У випадку виконання технічного обслуговування машин безпосередньо на полі, відповідальність за дотримання правил охорони праці несе механізатор,

закріплений за агрегатом. Перед початком роботи він зобов'язаний пройти інструктаж, що охоплює як технологічні аспекти, так і правила пожежної безпеки.

Проведення техобслуговування допускається виключно у денний час. Усі операції, пов'язані з обслуговуванням, окрім налаштування двигуна, мають виконуватись лише після його повної зупинки. Якщо виникає потреба у роботі під агрегатом, необхідно загальмувати машину, вимкнути двигун, включити одну з передач і встановити під колеса упорні колодки. Крім того, під час таких робіт обов'язковим є використання утеплених підкладок [8].

У разі, коли обслуговування виконується при піднятому положенні машини, підйомне обладнання слід надійно закріпити за допомогою спеціальних фіксуючих пристроїв або опор, які запобігають мимовільному опусканню. Використання для підпору випадкових предметів суворо заборонено, оскільки це не відповідає нормам безпеки праці.

Трактори, що працюють у складі сільськогосподарських агрегатів, потребують особливої уваги щодо безпечної експлуатації. Робоче місце механізатора розташоване у кабіні, де знаходяться сидіння, елементи управління і прилади контролю. Кабіна повинна бути обладнана міцним захисним каркасом, здатним витримати перевертання техніки без деформації. Крім того, сидіння має бути оснащено ременем безпеки, що значно знижує ризик отримання травм у разі аварійної ситуації [7].

Для забезпечення зручності керування агрегатом і поліпшення огляду, кабіна має широке засклення, а також додаткові оглядові вікна у нижній частині передньої панелі, які дають змогу контролювати точність руху передніх коліс.

Обладнання кабіни повинно включати ортопедичне торсійне сидіння з гідравлічним амортизатором, аптечку, ємність із питною водою (термос), склоочисники, захисний козирок та дзеркала заднього виду.

Органи керування слід розміщувати відповідно до логіки технологічних операцій і частоти їх використання. Переміщення важелів не повинно вимагати

надмірного фізичного зусилля, а педалі мають бути обладнані підсилювальними механізмами.

Герметичність кабіни є важливою умовою, особливо під час внесення мінеральних добрив у суху погоду, коли значно підвищується запиленість повітря. Захищене середовище в кабіні сприяє збереженню здоров'я механізатора [12].

Окремий блок вимог стосується монтажу сільськогосподарських машин на задню навіску тракторів, зокрема навісного обладнання. Під час виконання таких операцій слід залучати допоміжних працівників, а початок роботи допускається лише після того, як навішене обладнання буде надійно закріплено і перевірено на стійкість та справність.

### 5.3 Вимоги з безпеки під час експлуатації крана-маніпулятора

Перед початком роботи машиніст зобов'язаний упевнитися, що тиск у пневматичних шинах відповідає рекомендованим показникам, а сам трактор надійно зафіксований у нерухомому положенні. У ситуації, коли стоянкове гальмо не забезпечує блокування всіх коліс або відсутнє навантаження на загальмовані осі, необхідно вжити додаткових заходів для унеможливлення мимовільного руху під час роботи з маніпулятором – наприклад, встановити під опорні колеса спеціальні упори або клини.

У разі підйому вантажів, вага яких наближається до максимально допустимого значення при поточному вильоті стріли, необхідно перевірити правильність їх стропування та стабільність самої установки. Для цього вантаж підіймається на висоту 10...20 см над опорною поверхнею – цього достатньо для візуального контролю [5].

Категорично заборонено експлуатацію крана-маніпулятора у разі виявлення таких порушень:

– несправність приладів сигналізації або елементів безпеки;

– невідповідність робочого майданчика встановленим вимогам до опори та стійкості;

– експлуатація при температурних умовах, що виходять за межі значень, зазначених у технічному паспорті.

Щоб уникнути аварійних ситуацій, у разі зупинки роботи, а також при залишенні машиністом робочого місця – навіть на короткий час – обов’язковим є відчеплення вантажу та переведення стріли маніпулятора в безпечне положення. Допускається опускання обладнання у кузов транспортного засобу або приведення його у транспортний стан.

Під час наявності вантажу на гаку забороняється [5]:

– вимикати двигун трактора або зупиняти гідравлічний привід насоса;

– залишати місце управління;

– здійснювати робочі операції, особливо пов’язані з граничними навантаженнями;

– намагатися відірвати вантаж, що примерз, засипаний ґрунтом або іншим чином закріплений;

– проводити ремонт, налаштування чи будь-яке технічне обслуговування маніпулятора.

Також суворо забороняється допускати сторонніх осіб до участі в стропуванні, зачепленні вантажів, а також до перебування у зоні дії крана-маніпулятора. Проведення робіт без контролю відповідальної за безпеку особи є неприпустимим і створює загрозу аварійної ситуації.

#### 5.4 Правила пожежної безпеки

У випадках, коли кран-маніпулятор працює із легкозаймистими матеріалами або перебуває в зоні з підвищеним ризиком виникнення пожежі, оператор зобов’язаний негайно попередити всіх залучених до роботи працівників про потенційну небезпеку.

В таких умовах суворо заборонено палити, використовувати відкритий вогонь або допускати будь-які дії, здатні спричинити іскроутворення. Машиніст повинен уважно стежити за тим, щоб у процесі заправлення паливом, оливами чи іншими горючими речовинами не виникало відкритого вогню або джерел займання. Також забороняється паління в радіусі обслуговування машини [15].

Особливу увагу необхідно приділити вихлопній системі – біля неї не повинні знаходитися жодні легкозаймисті речовини чи предмети, що здатні спалахнути від нагрітих елементів. За необхідності проведення зварювальних робіт потрібно вжити всіх заходів для недопущення загоряння.

У разі виникнення пожежі першочерговими діями повинні бути: негайне вимкнення живлення електрообладнання та зупинка силової установки. Ліквідація вогнища займання на ранній стадії покладається на персонал об'єкта – для цього передбачено використання так званих первинних засобів пожежогасіння [12].

До них належать: вогнегасники різного типу, спеціальні пожежні інструменти (гачки, сокири, ломи), пожежний реманент – відра (пожежні і совкові), лопати, ємності з водою, ящики з піском та вогнетривкі покривала, виготовлені з негорючого теплоізоляційного матеріалу. Таке обладнання використовується для локалізації незначних загорянь до прибуття пожежних розрахунків або до включення стаціонарних і мобільних систем пожежогасіння.

Можливим варіантом засобів пожежогасіння може бути порошковий вогнегасник ВВК-3,5 (ОУ-5) [10].

Технічні параметри вуглекислотного вогнегасника ВВК-3,5 (ОУ-5):

- Об'єм балона: 5 літрів
- Маса активної вогнегасної речовини (рідкий  $\text{CO}_2$ ): 3,5 кг
- Загальна маса пристрою: до 12 кг
- Температурний діапазон для експлуатації: від  $-20^\circ\text{C}$  до  $+50^\circ\text{C}$
- Робочий тиск при температурі  $+20^\circ\text{C}$ : 5,7 МПа
- Робочий тиск при температурі  $+50^\circ\text{C}$ : 14,7 МПа

- Показник вогнегасної ефективності: 34В
- Вогнегасна речовина: зріджений вуглекислий газ (відповідно до ДСТУ 4817)
- Гарантований термін служби пристрою — 10 років

Ці параметри дозволяють ефективно боротися з осередками займання, забезпечуючи належний рівень захисту техніки та персоналу в умовах підвищеного пожежного ризику.

#### 5.5 Вплив надмірних шумів і вібрацій: небезпеки та заходи безпеки

Під час експлуатації обладнання, яке створює інтенсивні шумові та вібраційні навантаження, слід неухильно дотримуватись встановлених норм і стандартів, зокрема, вимог ДСН 3.3.6.039-99 щодо допустимих параметрів вібрації на робочих поверхнях.

Коливальні навантаження, що виникають у ході роботи з важкою технікою, віднесено до першої категорії за ступенем впливу. Ці вібрації чинять суттєвий фізіологічний вплив на операторів, які працюють у кабінах самохідних машин, вантажних засобів і причепів, що пересуваються аграрними угіддями, будівельними майданчиками та дорожньою мережею [5].

Для мінімізації небажаного впливу необхідно регулярно здійснювати технічний огляд обладнання та забезпечувати його належне обслуговування. Особливої уваги вимагають вузли, відповідальні за вібраційні процеси: вони мають бути ретельно змащені, а зношені або розбалансовані деталі – замінені. Окрім того, рекомендується впорядковувати робочий графік так, щоб обмежити безперервне перебування персоналу в зоні впливу вібрацій. Наприклад, можна впровадити чергування завдань, розподіл робочого навантаження та організацію обов'язкових перерв для відпочинку.

Шумові фактори також становлять серйозну загрозу, особливо якщо їхній рівень перевищує допустимі значення, визначені у ДСН 3.3.6.037-99. Умови підвищеного акустичного тиску порушують сприйняття мовлення та

ускладнюють комунікацію між працівниками, що може критично впливати на координацію дій у небезпечних ситуаціях. За таких обставин особа може не почути сигнал тривоги, шум наближення техніки або звуки, які вказують на падіння предметів чи інші потенційні загрози [12].

У разі перевищення дозволеного шумового фону оператори повинні користуватися індивідуальними засобами захисту слуху – наприклад, шумозахисними навушниками або вкладишами. Щоб знизити негативний вплив вібрацій на руки й передпліччя, рекомендовано використовувати спеціалізовані захисні рукавички з віброізоляційними прокладками, виготовленими з гуми або аналогічних матеріалів.

Ретельне дотримання вимог техніки безпеки щодо шумів і вібрації не лише забезпечує збереження здоров'я працівників, а й підвищує ефективність та злагодженість виконання виробничих завдань у складних умовах експлуатації техніки.

#### 5.6 Дії, спрямовані на збереження і відновлення ґрунтового середовища

Інтенсивне застосування механізованих технологій у процесі вирощування та обробітку сільськогосподарських культур часто викликає негативні зміни в природних умовах, руйнуючи існуючий баланс екосистеми. Така діяльність, хоча й спрямована на підвищення продуктивності, здатна викликати значне виснаження ресурсів ґрунту.

У цьому контексті особливо важливо забезпечити збалансоване поєднання інтенсифікації аграрного виробництва з екологічною відповідальністю. Тільки комплексний підхід дозволяє одночасно підтримувати ефективність агропроцесів та забезпечувати екологічну стабільність навколишнього середовища. Збереження ґрунтового потенціалу – це не лише вимога сучасного агровиробництва, а й обов'язкова умова для довгострокового сталого розвитку.

Незважаючи на реалізацію окремих заходів, спрямованих на підвищення родючості та зменшення хімічного забруднення ґрунтів, загальна ефективність

природоохоронної діяльності в агросекторі все ще залишається недостатньою. Найбільш критичною проблемою є механічний вплив тракторних агрегатів на верхній родючий шар, що спричиняє ущільнення, погіршення аерації і зменшення водопроникності ґрунту [5].

Надмірна експлуатація великої сільськогосподарської техніки, часті повторні проходи по одному й тому самому маршруту, а також застосування машин з недостатньою зчіпною масою значно погіршують структуру ґрунту. Це створює несприятливі умови для проростання та розвитку рослин, а також знижує загальну врожайність.

Щоб уникнути таких наслідків, слід строго дотримуватись принципів правильного формування машинно-тракторних агрегатів. Зокрема, важливо забезпечити відповідність між тяговим класом трактора та агрегатованим із ним сільськогосподарським обладнанням. Це дозволяє оптимізувати тиск на ґрунт і мінімізувати його пошкодження [11].

Одним із дієвих рішень може бути впровадження малогабаритної та полегшеної техніки, такої як трактори типу МТЗ-82. Їх використання значно знижує ризики ущільнення, що особливо актуально в умовах частотої механічної обробки полів.

Додатково, великого значення набуває впровадження комплексу технологічних і організаційних заходів, що спрямовані на боротьбу з ерозійними процесами. До таких належать дотримання науково обґрунтованої сівозміни, суворе виконання рекомендацій щодо чергування культур, а також систематичне і збалансоване внесення добрив органічного й мінерального походження.

Підвищити ефективність цих дій дозволяє застосування сучасних аграрних технологій, заснованих на точному землеробстві, мінімальному обробітку ґрунту та інших прогресивних підходах. Лише комплексне та відповідальне ставлення до охорони ґрунтових ресурсів може гарантувати як збереження навколишнього середовища, так і стабільність аграрного виробництва в довгостроковій перспективі.

## РОЗДІЛ 6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

Для оцінки економічної доцільності модернізації системи навішування тракторів МТЗ-82 було проведено порівняльний аналіз витрат за стандартним (базовим) варіантом та після впровадження змін (проектним варіантом), згідно з методикою, поданою у [3]. Розрахунок ефективності впровадження нових технічних рішень проводився з урахуванням рівня цін станом на 2024 рік.

Основою для визначення економічної вигоди стала оцінка скорочення витрат під час експлуатації техніки. Формула розрахунку економічного ефекту ( $E_e$ ) у результаті впровадження трактора з оновленим начіпним пристроєм виглядає наступним чином [24]:

$$E_e = (B_1 - B_2)B_p, \quad (6.1)$$

де  $E_e$  – економічний ефект у гривнях;  $B_1$  – зведені витрати на одиницю виконаної роботи для базового трактора, грн/га;  $B_2$  – зведені витрати для модернізованого трактора, грн/га;  $B_p$  – об'єм річного навантаження, тобто загальна площа, оброблена трактором протягом року, га.

Поняття зведених витрат включає два основні компоненти: власне експлуатаційні витрати та нормативний прибуток на вкладені інвестиції. Це можна записати у вигляді [24]:

$$B_n = B_e + H_n, \quad (6.2)$$

де  $B_e$  – фактичні експлуатаційні витрати в розрахунку на гектар;  $H_n$  – нормативна величина прибутку на вкладені кошти, грн/га.

Експлуатаційні витрати займають вагоме місце у структурі собівартості продукції в рослинництві, оскільки охоплюють широкий спектр витрат, пов'язаних із використанням техніки. Вони класифікуються на постійні та змінні, залежно від річного обсягу механізованих робіт, який визначає ступінь завантаження агрегатів.

До постійних витрат, які частково або повністю не змінюються при зростанні або зниженні обсягів робіт, належать витрати на амортизацію та утримання техніки. Ці витрати нараховуються незалежно від інтенсивності її використання.

У той же час змінні витрати тісно пов'язані з реальним завантаженням машин. Сюди включаються витрати на паливо та мастильні матеріали, заробітна плата механізаторів, технічне обслуговування і ремонт. Зі зростанням річного обсягу робіт ці витрати збільшуються пропорційно.

Таким чином, проведена модернізація навіски не лише технічно вдосконалила трактор, але й дозволила суттєво зменшити змінні витрати при експлуатації, що й забезпечило позитивний економічний результат.

Річний обсяг експлуатаційних витрат визначається на основі наступного рівняння [24]:

$$B_{\text{екс}} = B_{\text{он}} + A + T + B_{\text{рес}} + IB, \quad (6.3)$$

де  $B_{\text{он}}$  – витрати на оплату праці з нарахуваннями, грн;  $A$  – амортизаційні нарахування на використану техніку, грн;  $T$  – витрати на технічне обслуговування та ремонт, грн;  $B_{\text{рес}}$  – загальна сума, витрачена на енергоресурси протягом року, грн;  $IB$  – додаткові (інші) витрати, грн.

Витрати на заробітну плату розраховуються як сума фонду заробітної плати та обов'язкових нарахувань на нього [24]:

$$B_{\text{он}} = Z + H_3, \quad (6.4)$$

де  $Z$  – загальний фонд оплати праці (за рік), грн;  $H_3$  – соціальні нарахування, які включають єдиний внесок у розмірі 22%. Таким чином,  $H_3 = 0,22 \cdot Z$ .

Фонд оплати праці обчислюється за формулою [24]:

$$Z = N_n t_{\text{доб}} D_p C_{\text{год}}, \quad (6.5)$$

де  $N_n$  – кількість працівників, що обслуговують агрегат;  $t_{\text{доб}}$  – щоденна тривалість експлуатації, год;  $D_p$  – кількість робочих днів на рік;  $C_{\text{год}}$  – погодинна тарифна ставка.

Для базового варіанта:

$$З = 2 \cdot 7 \cdot 248 \cdot 65 = 225680 \text{ грн.} \quad (6.6)$$

Для проектного:

$$З = 1 \cdot 7 \cdot 248 \cdot 65 = 112840 \text{ грн.} \quad (6.7)$$

Відповідно, нарахування на зарплату:

Базовий:

$$H_z = 0,22 \cdot 225680 = 49649,6 \text{ грн.} \quad (6.8)$$

Проектний:

$$H_z = 0,22 \cdot 112840 = 24824,8 \text{ грн.} \quad (6.9)$$

Тоді загальні витрати на оплату праці:

Базовий варіант:

$$B_{on} = 225680 + 49649,6 = 275329, \text{ грн.} \quad (6.10)$$

Проектний варіант:

$$B_{on} = 112840 + 24824,8 = 137664, \text{ грн.} \quad (6.11)$$

Амортизаційні нарахування на техніку обчислюються за формулою [24]:

$$A = \frac{B_m \alpha t_{\text{доб}} D}{100 D Z t}, \quad (6.12)$$

де  $B_m$  – первісна (балансова) вартість техніки, грн;  $\alpha$  – річна ставка амортизації (15% для машин і обладнання);  $D$  – кількість робочих днів на рік;  $Z$  – кількість змін на добу;  $t_{zm}$  – тривалість зміни в годинах;  $D_m$  – середня тривалість місяця;  $Z_{\text{доб}}$  – змін у добу.

Розрахунки:

Базовий:

$$A = \frac{1200000 \cdot 15 \cdot 8 \cdot 170}{100 \cdot 170 \cdot 8 \cdot 2} = 90000 \text{ грн.} \quad (6.13)$$

Проектний:

$$A = \frac{1250000 \cdot 15 \cdot 8 \cdot 170}{100 \cdot 170 \cdot 8 \cdot 2} = 93750. \quad (6.14)$$

Витрати на сервісне обслуговування та ремонт [24]:

$$T = \frac{B_m b t_{\text{доб}} D}{100 D Z t}, \quad (6.15)$$

де  $b = 10\%$  – норматив відрахувань.

Базовий:

$$T = \frac{1200000 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 170}{100 \cdot 170 \cdot 8 \cdot 2} = 60000 \text{ грн.} \quad (6.16)$$

Проектний:

$$T = \frac{1250000 \cdot 10 \cdot 8 \cdot 170}{100 \cdot 170 \cdot 8 \cdot 2} = 62500 \text{ грн.} \quad (6.17)$$

Витрати на енергоресурси визначаються як [24]:

$$B_{\text{рес}} = B_{\text{пмм}}, \quad (6.18)$$

а витрати на ПММ – за формулою:

$$B_{\text{пмм}} = Z_{\text{пмм}} C_{\text{пмм}}, \quad (6.19)$$

де  $Z_{\text{пмм}}$  – обсяг використаного пального, кг;  $C_{\text{пмм}}$  – вартість 1 кг, прийнято – 40,5 грн/кг.

Базовий:

$$B_{\text{пмм}} = Z_{\text{пмм}} C_{\text{пмм}} = 8964 \cdot 40,5 = 363042 \text{ грн.} \quad (6.20)$$

Проектний:

$$B_{\text{пмм}} = Z_{\text{пмм}} C_{\text{пмм}} = 4980 \cdot 40,5 = 201690 \text{ грн.} \quad (6.21)$$

Інші витрати становлять 5% від суми усіх попередніх [24]:

$$IB = \frac{B_{\text{он}} + A + T + B_{\text{рес}}}{100} 5, \quad (6.22)$$

Базовий:

$$IB = \frac{275329 + 90000 + 60000 + 363042}{100} 5 = 39418,55 \text{ грн.} \quad (6.23)$$

Проектний:

$$IB = \frac{137664,8 + 93750 + 62500 + 201690}{100} 5 = 24780,24 \text{ грн.} \quad (6.24)$$

Підсумкові річні експлуатаційні витрати:

Базовий:

$$B_{екс} = 275329,6 + 90000 + 60000 + 363042 + 39418,55 = 827790,1 \text{ грн.} \quad (6.25)$$

Проектний:

$$B_{екс} = 137664,8 + 93750 + 62500 + 201690 + 24780,24 = 520385,0 \text{ .} \quad (6.26)$$

Термін окупності додаткових капіталовкладень [24]:

$$T_o = \frac{\Delta K_g}{E_p}, \quad (6.27)$$

де  $\Delta K_g$  – перевищення вартості проектного варіанту над базовим;  $E_p$  – річна економія витрат:

$$\Delta K_g = 2150000 - 2100000 = 50000 \text{ грн.} \quad (6.28)$$

$$E_p = 827790,15 - 520385,04 = 307405,1 \text{ грн.} \quad (6.29)$$

Отже, термін окупності становить:

$$T_o = \frac{50000}{307405,11} = 0,16 \text{ року.} \quad (6.30)$$

## ВИСНОВКИ

Головною метою роботи є підвищення результативності процесу внесення мінеральних добрив шляхом використання одного трактора одразу на двох операціях (внесення добрив та завантаження бункеру машини для внесення добрив) за рахунок модернізації автоматичного пристрою зчеплення, призначеного для трактора моделі МТЗ-82.

Процес приєднання причіпної техніки до трактора потребує значних зусиль та затрат часу, зумовлених ручним приєднанням елементів гідравлічної системи. Це, у свою чергу, негативно впливає на ефективність експлуатації агрегату в цілому.

У проєкті запропоновано впровадження автоматизованого гідрофікованого зчіпного пристрою, що встановлюється на навіску трактора. Завдяки цьому забезпечується повністю автоматичне підключення гідравлічної системи до причіпного обладнання при навішуванні, що дозволяє зменшити час на стикування як машини для внесення добрив, так і крану-маніпулятора, скоротити потребу в допоміжному персоналі та суттєво покращити техніко-економічні характеристики експлуатації трактора.

У рамках технічного опрацювання виконано розрахунки міцності пальцевого з'єднання трикутника з центральною тягою, а також визначено параметри запобіжної пружини, що входить до складу з'єднання гідросистем.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Погребняк П. І., Клименко Г. П. Особливості конструкції навісної системи МТЗ-82. 2018. Київ. 120 с.
2. Романюк В. Б. Навісні пристрої для сільськогосподарських тракторів. 2017. Львів. 240 с.
3. Павленко М. О. Огляд навісних агрегатів до МТЗ-82 в рослинництві. 2019. Харків. 156 с.
4. Сидоренко Л. Ю. Експлуатація тракторів МТЗ-82 на посівних роботах. 2020. Київ. 98 с.
5. Жук Т. М. Навісні збирачі та розкидачі на МТЗ-82. 2021. Вінниця. 132 с.
6. Демиденко О. Підвищення ефективності роботи МТЗ-82 у зернових культурах. 2018. Черкаси. 110 с.
7. Коваленко С. В., Іванова Н. Р. Сумісність навісної системи МТЗ-82 з навісною технікою. 2022. Одеса. 176 с.
8. Бойко В. Ю. Технічне обслуговування навіски МТЗ-82. 2019. Полтава. 84 с.
9. Назаренко В. М. Управління трактором МТЗ-82 при агрегуванні. 2017. Хмельницький. 204 с.
10. Орлик А. Методика підготовки МТЗ-82 до весняних польових робіт. 2020. Чернівці. 90 с.
11. Гончаренко І. А. Гідравлічна система МТЗ-82 при роботі з культиваторами. 2021. Херсон. 116 с.
12. Шевченко П. Зчіпні пристрої МТЗ-82: типи та стандарти. 2018. Житомир. 140 с.
13. Кравченко П. Експлуатаційні характеристики МТЗ-82 на оранці. 2019. Кременчук. 128 с.

14. Макарчук С. Навісне обладнання та енергетика МТЗ-82. 2022. Кам'янець-Подільський. 152 с.
15. Петренко Н. Застосування МТЗ-82 на межових обробках ґрунту. 2017. Луцьк. 104 с.
16. Савчук Г. Практика агротехнічних робіт із МТЗ-82. 2020. Тернопіль. 122 с.
17. Бондаренко О. Навіска МТЗ-82 в культурі кукурудзи. 2019. Рівне. 130 с.
18. Задорожний А. Конструктивні вдосконалення навіски МТЗ-82. 2021. Запоріжжя. 144 с.
19. Мельник І. Ремонт гідросистеми МТЗ-82 у польових умовах. 2022. Ужгород. 98 с.
20. Лукашенко В. Менеджмент техніки: трактор МТЗ-82. 2018. Полтава. 158 с.
21. Цибонь О. Інтеграція МТЗ-82 з сучасними сівалками. 2020. Умань. 115 с.
22. Продан І. Навісні причіпні агрегати до МТЗ-82 у технології сільського господарства. 2021. Суми. 168 с.
23. Тарасенко Л. Робота МТЗ-82 на ріллі зимівлі. 2019. Кіровоград. 124 с.
24. Федюк Є. Оптимізація виробничих процесів із трактором МТЗ-82. 2022. Львів. 180 с.
25. Чорний А. Навіска та технічний супровід МТЗ-82 у сучасному господарстві. 2021. Харків. 138 с.

## ДОДАТКИ