МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії

Допущено до захисту
«___»_____ 2026 р.
Зав. кафедри _д.т.н., професор___
(науковий ступінь, вчене звання)
_____ __Володимир ДІДУР___
(підпис) (ініціали, прізвище)

Кваліфікаційна робота (дипломний проект)

перший (бакалаврський)
(назва освітнього рівня)

тема проекту: «Поліпшення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора шляхом удосконалення ходової частини»

Виконав: студент 3 курсу, групи 31к-ім
освітньої програми___бакалавр_____
спеціальності _208 «Агроінженерія»_
__Крецу Микола Васильович_____
(прізвище та ініціали)
Керівник доцент Пушка О.С.
(науковий ступінь, вчене звання, прізвище та ініціали)

Умань – 2026

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
УМАНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерних технологій та професійної освіти
Кафедра агроінженерії
Освітня програма «Бакалавр»
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ
Зав. кафедри
_____ Володимир ДІДУР
«___» _____ 2026 р.

З А В Д А Н Н Я
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ДИПЛОМНИЙ ПРОЕКТ)

Крецу Миколі Васильовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1. Тема проекту «Поліпшення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора шляхом удосконалення ходової частини»

керівник проекту Пушка Олександр Сергійович, доцент
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
затверджені наказом вищого навчального закладу від
" 01 " травня 2026 р. № 01-06/129
2. Строк подання студентом проекту 18.05.2026 р.
3. Вихідні дані до проекту: значення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора; основні фактори, що впливають на тягово-зчіпні властивості; аналіз взаємодії колісного рушія з ґрунтом
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити):
аналіз стану досліджуваного питання; експериментальні дослідження; питання охорони праці; техніко-економічне обґрунтування проекту.
5. Ілюстративний матеріал: підготувати ілюстративний матеріал у вигляді презентації (до 10 слайдів) як додаток до доповіді за темою дипломного проекту: мета і завдання дослідження; конструкція ходової частини трактора ХТЗ-150К для здвоєння коліс; напрями удосконалення експлуатації МТП; результати розрахунку економічного ефекту; висновки.

6. Консультанти розділів проекту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Прокопенко Е.В., доцент		

7. Дата видачі завдання 26 вересня 2025 року

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів дипломного проекту	Строк виконання етапів проекту	Примітка
1.	Підбір та вивчення літературних джерел, підготовка вступу	15.10.2025	
2.	Розділ 1. Оглядовий розділ	19.11.2025	
3.	Розділ 2. Технологічна частина	18.12.2025	
4.	Розділ 3. Охорона праці	12.02.2026	
5.	Розділ 4. Техніко-економічна частина	09.03.2026	
6.	Виконання ілюстративної частини проекту	15.04.2026	
7.	Представлення проекту керівнику на перевірку	18.05.2026	

Студент _____ Крецу М.В
(підпис) (прізвище та ініціали)

Керівник проекту _____ Пушка О.С.
(підпис) (прізвище та ініціали)

ЗМІСТ

1.ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ.....6
1.1 Значення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора..... 6
1.2 Основні фактори, що впливають на тягово-зчіпні властивості 7
1.3 Аналіз взаємодії колісного рушія з ґрунтом 9
1.4Вплив тиску в шинах на роботу ходової частини..... 11
1.5Баластування колісного трактора..... 12
1.6Застосування здвоєних і широкопрофільних коліс 14
1.7Напрями удосконалення ходової частини колісного трактора 15
2.ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА..... 19
2.1Аналіз умов роботи колісних тракторів та причин втрати тягово-зчіпних властивостей 19
2.2Основні способи підвищення тягово-зчіпних властивостей 21
2.3Довантаження ведучих коліс трактора 22
2.4Баластування як спосіб збільшення зчіпної ваги..... 24
2.5Модернізація ходової частини для підвищення прохідності 26
2.6Обґрунтування вибору здвоєних коліс як напряму удосконалення 28
2.7Конструктивне рішення для здвоєння коліс трактора ХТЗ-150К..... 31
2.8Розрахунок основних параметрів пристрою для здвоєння коліс 33
2.9Обґрунтування відстані між здвоєними колесами 35
2.10Визначення рушійної сили здвоєних коліс 37
2.11Оцінка прохідності трактора після удосконалення ходової частини 38
3ОХОРОНА ПРАЦІ 40
3.1Загальні вимоги охорони праці під час експлуатації колісного трактора 40
3.2Небезпечні та шкідливі виробничі фактори..... 41
3.3Вимоги безпеки під час удосконалення ходової частини..... 42
3.4Вимоги безпеки під час роботи трактора в полі 43
3.5Пожежна безпека та виробнича санітарія..... 44
3.6Заходи щодо підвищення безпеки під час експлуатації удосконаленої ходової частини 44
4ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ 46
4.1Мета техніко-економічного обґрунтування 46
4.2Вихідні дані для економічного розрахунку..... 47
4.3Розрахунок капітальних вкладень 47
4.4Розрахунок економії пального..... 49

4.5Розрахунок економії часу роботи агрегату 50
4.6Порівняння експлуатаційних показників до і після удосконалення..... 51
4.7Розрахунок річного економічного ефекту 52
4.8Розрахунок строку окупності..... 53
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ..... 55
ЛІТЕРАТУРА..... 58

1. ОГЛЯДОВИЙ РОЗДІЛ

1.1 Значення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора

Колісні трактори є одними з основних енергетичних засобів у сільськогосподарському виробництві. Вони використовуються для виконання широкого комплексу робіт: основного й передпосівного обробітку ґрунту, сівби, внесення добрив, міжрядного обробітку, транспортних операцій, навантажувальних робіт та агрегатування з різними сільськогосподарськими машинами. Ефективність роботи машинно-тракторного агрегату значною мірою залежить від того, наскільки повно трактор може реалізувати потужність двигуна у вигляді корисного тягового зусилля на гаку або зчіпному пристрої [1, 2].

Тягово-зчіпні властивості колісного трактора характеризують його здатність розвивати необхідне тягове зусилля без надмірного буксування, втрати робочої швидкості, перевитрати пального та погіршення агрофізичного стану ґрунту. Для сільськогосподарських тракторів важливими показниками є зчіпна вага, коефіцієнт зчеплення рушіїв із ґрунтом, буксування ведучих коліс, тяговий коефіцієнт корисної дії, питомий тиск на ґрунт, витрата пального на одиницю виконаної роботи та стабільність руху агрегату [3, 4].

У сучасних умовах до ходової частини трактора висувають підвищені вимоги. Вона повинна забезпечувати високу прохідність, достатню тягову здатність, стійкість руху, зручність керування та мінімальний шкідливий вплив на ґрунт. Особливо важливим є зниження ущільнення орного шару, оскільки надмірний тиск коліс на ґрунт погіршує його структуру, зменшує водопроникність, погіршує повітряний режим і може негативно впливати на врожайність сільськогосподарських культур [5, 6].

Підвищення тягово-зчіпних властивостей може досягатися за рахунок удосконалення конструкції ходової частини, правильного добору шин, оптимального тиску повітря в них, раціонального баластування, застосування здвоєних коліс, широкопрофільних шин, систем контролю буксування та правильного розподілу маси між осями [7, 8]. Тому тема поліпшення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора шляхом удосконалення ходової

частини є актуальною як з технічного, так і з економічного та агроекологічного погляду.

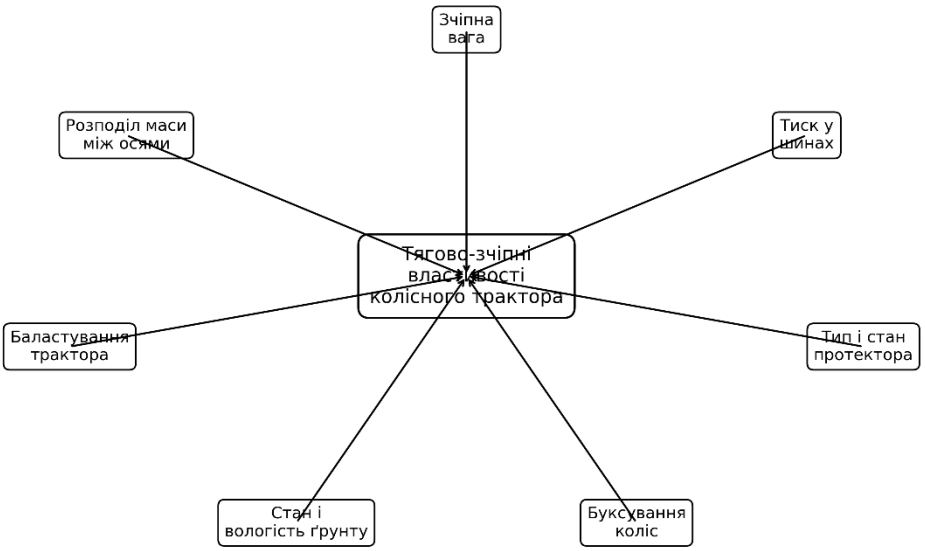


Рисунок 1.1 – Фактори, що впливають на тягово-зчіпні властивості колісного трактора

Як видно з рисунка 1.1, тягово-зчіпні властивості формуються під впливом декількох взаємопов’язаних факторів. Зміна одного з них може позитивно або негативно позначатися на роботі всього машинно-тракторного агрегату. Наприклад, збільшення баласту може зменшити буксування, але водночас підвищити навантаження на ґрунт і збільшити опір коченню. Тому удосконалення ходової частини повинно ґрунтуватися не на максимальному збільшенні маси трактора, а на пошуку оптимального співвідношення між тяговою здатністю, економічністю та збереженням ґрунтового середовища [1, 9].

1.2 Основні фактори, що впливають на тягово-зчіпні властивості

Тягово-зчіпні властивості колісного трактора формуються під дією сукупності конструктивних, експлуатаційних і ґрунтових факторів. До конструктивних факторів належать тип ходової частини, кількість ведучих коліс, розмір шин, рисунок протектора, жорсткість каркаса шини, передавальні числа трансмісії, база трактора, колія, розміщення центра мас і конструкція підвіски. До експлуатаційних факторів належать величина баласту, тиск у шинах,

швидкість руху, глибина обробітку, тяговий опір агрегатованої машини, технічний стан шин і правильність добору передачі.

Важливим показником є зчіпна вага трактора, тобто частина його ваги, яка припадає на ведучі колеса. Чим більшою є зчіпна вага, тим більше тягове зусилля може бути реалізоване без пробуксовування. Однак надмірне збільшення маси трактора не завжди є позитивним, оскільки воно спричиняє підвищення питомого тиску на ґрунт, збільшення опору коченню та витрат пального. Тому баластування повинно бути не максимальним, а оптимальним [1, 3].

Одним із найважливіших експлуатаційних показників є буксування ведучих коліс. Буксування виникає тоді, коли окружна швидкість ведучого колеса перевищує фактичну швидкість руху трактора. Невелике буксування є допустимим і навіть неминучим під час виконання тягових робіт, оскільки саме за рахунок деформації ґрунту та взаємодії протектора з опорною поверхнею формується тягове зусилля. Проте надмірне буксування призводить до втрати продуктивності, перевитрати пального, погіршення структури ґрунту та інтенсивного зношування шин [6].

У рекомендаціях щодо баластування і тиску в шинах зазначено, що для тракторів із переднім ведучим мостом та повнопривідних тракторів ефективна робота часто досягається за контрольованого рівня буксування, близького до 10 %, тоді як для двоколісних ведучих тракторів допустимий діапазон може бути дещо більшим [6]. Це пояснюється тим, що різні схеми приводу мають неоднаковий розподіл тягового зусилля між осями.

Вагомий вплив має тиск повітря в шинах. Завищений тиск зменшує площу контакту шини з ґрунтом, підвищує питомий тиск і сприяє зростанню буксування. Занижений тиск може покращити зчеплення, але за надмірного зменшення призводить до перегрівання шини, пошкодження боковин і зниження стійкості руху. Тому тиск у шинах потрібно встановлювати відповідно до навантаження на вісь, типу шини, швидкості руху та виду виконуваної операції [2, 7].

Окремим напрямом удосконалення ходової частини є застосування здвоєних коліс. Здвоювання коліс збільшує площу контакту з ґрунтом, знижує питомий тиск, підвищує тягову здатність і зменшує глибину колії. У працях, присвячених баластуванню та здвоєнню шин, наголошується, що такі рішення мають узгоджуватися з агроекологічними вимогами, вантажопідйомністю шин і положенням центра ваги трактора [4].

1.3 Аналіз взаємодії колісного рушія з ґрунтом

Під час руху трактора ведуче колесо взаємодіє з ґрунтом через пляму контакту шини. У цій зоні виникають нормальні та дотичні сили. Нормальні сили визначають навантаження на ґрунт, а дотичні сили забезпечують створення тягового зусилля. Ефективність цієї взаємодії залежить від фізико-механічних властивостей ґрунту, вологості, щільності, структури орного шару, глибини колії та стану поверхні поля.

Якщо ґрунт має достатню несучу здатність, колесо може передавати значне тягове зусилля без надмірного занурення. На перезволожених або пухких ґрунтах колесо сильніше деформує опорну поверхню, збільшується опір коченню, а частина енергії двигуна витрачається не на корисну роботу, а на переміщення та руйнування ґрунтового шару. Саме тому удосконалення ходової частини повинно бути спрямоване не лише на підвищення тяги, а й на зменшення шкідливого впливу на ґрунт [3, 8].

Для оцінювання роботи колісного рушія використовують коефіцієнт буксування:

$$\delta = \frac{V_т - V_ф}{V_т} 100\% \qquad (1.1)$$

де δ — буксування ведучих коліс, %;

$V_т$ — теоретична швидкість руху, м/с;

$V_ф$ — фактична швидкість руху, м/с.

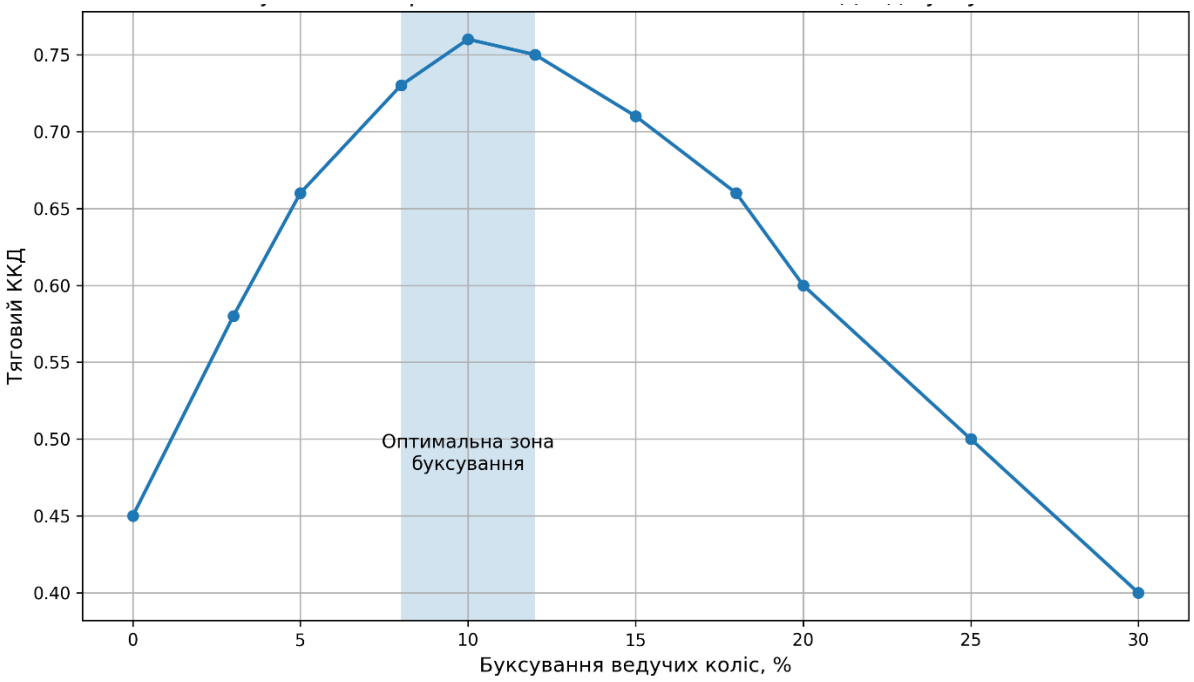


Рисунок 1.2 – Орієнтовна залежність тягового ККД від буксування ведучих коліс

З рисунка 1.2 видно, що найбільш ефективна робота трактора досягається за помірного буксування. Якщо буксування перевищує оптимальний діапазон, тяговий ККД знижується. Це означає, що трактор витрачає більше пального, але виконує менший обсяг корисної роботи. Тому завдання удосконалення ходової частини полягає у забезпеченні такого контакту колеса з ґрунтом, за якого тягове зусилля реалізується з мінімальними втратами.

Зі збільшенням буксування фактична швидкість руху трактора зменшується. Це призводить до зниження продуктивності агрегату. Крім того, підвищується витрата пального, оскільки двигун продовжує витрачати енергію на обертання коліс, але частина цієї енергії втрачається на деформацію ґрунту. Тому одним із завдань удосконалення ходової частини є підтримання буксування в оптимальному діапазоні.

Тягове зусилля, яке може реалізувати трактор, залежить від коефіцієнта зчеплення та зчіпної ваги:

$$P_{\text{т}} = \varphi \cdot G_{\text{зч}} \tag{1.2}$$

де $P_{\text{т}}$ — реалізоване тягове зусилля, Н;

φ — коефіцієнт зчеплення коліс із ґрунтом;

$G_{зч}$ — зчіпна вага, Н.

Із формули видно, що підвищити тягове зусилля можна двома шляхами: збільшити коефіцієнт зчеплення або збільшити зчіпну вагу. Перший шлях є більш бажаним, оскільки він не обов'язково призводить до зростання маси трактора. Для цього застосовують шини з розвиненим протектором, регулюють тиск у шинах, використовують здвоєні колеса або змінюють конструкцію ходової частини. Другий шлях, тобто збільшення зчіпної ваги, реалізується за рахунок баластування, але його потрібно застосовувати обмежено, щоб не допустити переущільнення ґрунту [1, 4].

1.4 Вплив тиску в шинах на роботу ходової частини

Тиск повітря в шинах є одним із найбільш доступних для регулювання параметрів, який безпосередньо впливає на тягово-зчіпні властивості трактора. При завищеному тиску площа контакту шини з ґрунтом зменшується, питомий тиск на ґрунт зростає, а здатність протектора до зачеплення з опорною поверхнею знижується. Це може призвести до збільшення буксування, зниження тягового ККД і погіршення якості виконання польових робіт [2, 14].

Зниження тиску в допустимих межах збільшує площу контакту шини з ґрунтом. Завдяки цьому зменшується питомий тиск, покращується зчеплення, зменшується глибина колії та знижується ризик переущільнення ґрунту. Разом із тим надмірне зниження тиску може бути небезпечним для шини, оскільки спричиняє перегрівання боковин, підвищену деформацію каркаса, пошкодження корду та погіршення стійкості руху [15].

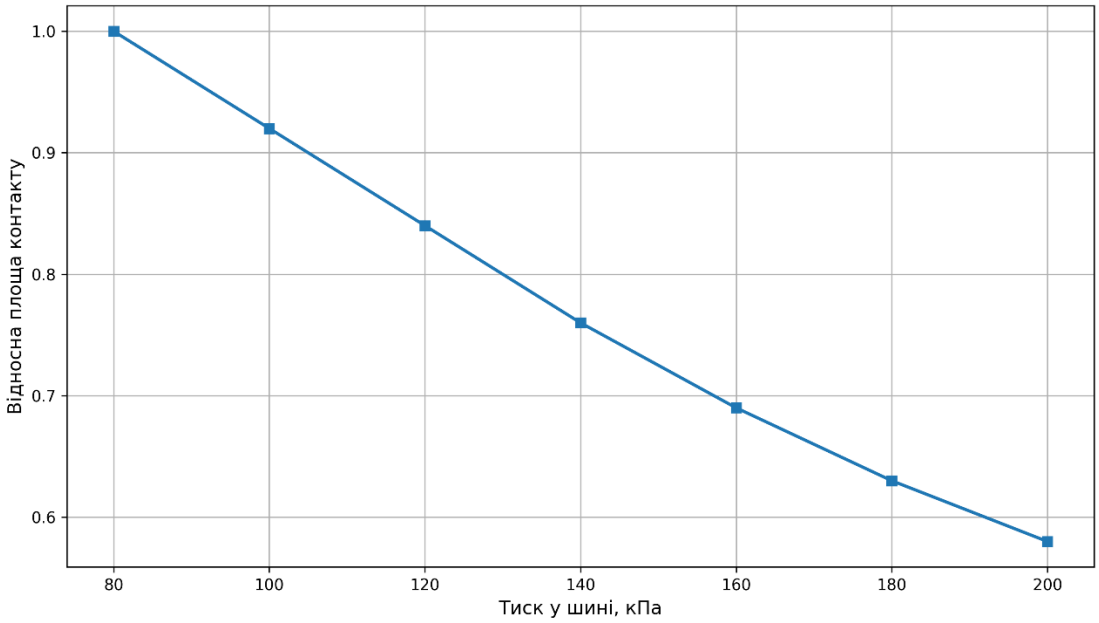


Рисунок 1.3 – Вплив тиску в шині на площу контакту з ґрунтом

Рисунок 1.3 ілюструє загальну закономірність: зі збільшенням тиску в шині відносна площа контакту з ґрунтом зменшується. Це пояснюється тим, що жорсткіша шина менше деформується під навантаженням і спирається на меншу площу. У польових умовах такий режим часто супроводжується збільшенням глибини колії та зниженням тягової ефективності. Саме тому для польових робіт рекомендовано добирати тиск відповідно до навантаження на вісь, типу шини, швидкості руху та характеру виконуваної операції [12, 16].

У сучасних тракторах перспективним є використання систем централізованого регулювання тиску в шинах. Такі системи дають змогу змінювати тиск залежно від умов роботи: знижувати його під час польових операцій і підвищувати під час транспортного руху. Це дозволяє поєднати високу тягову ефективність у полі з безпечністю та економічністю на дорогах.

1.5 Баластування колісного трактора

Баластування є поширеним способом підвищення зчіпної ваги трактора. Його застосовують тоді, коли трактор не може повністю реалізувати потужність двигуна через недостатнє навантаження на ведучі колеса. Баласт може встановлюватися на передній або задній частині трактора, на колеса або всередину шин у вигляді рідинного баласту. Правильне баластування дозволяє

зменшити буксування, підвищити робочу швидкість і покращити стабільність руху агрегату [1, 17].

Однак баластування повинно бути оптимальним. Недостатня маса призводить до надмірного буксування, а надмірна — до збільшення витрат енергії на самопересування трактора. Надлишковий баласт підвищує навантаження на шини, підшипники, трансмісію, мости та ґрунт. Крім того, зайва маса може збільшувати витрату пального, особливо під час транспортних робіт або виконання операцій із невеликим тяговим опором [7, 12].

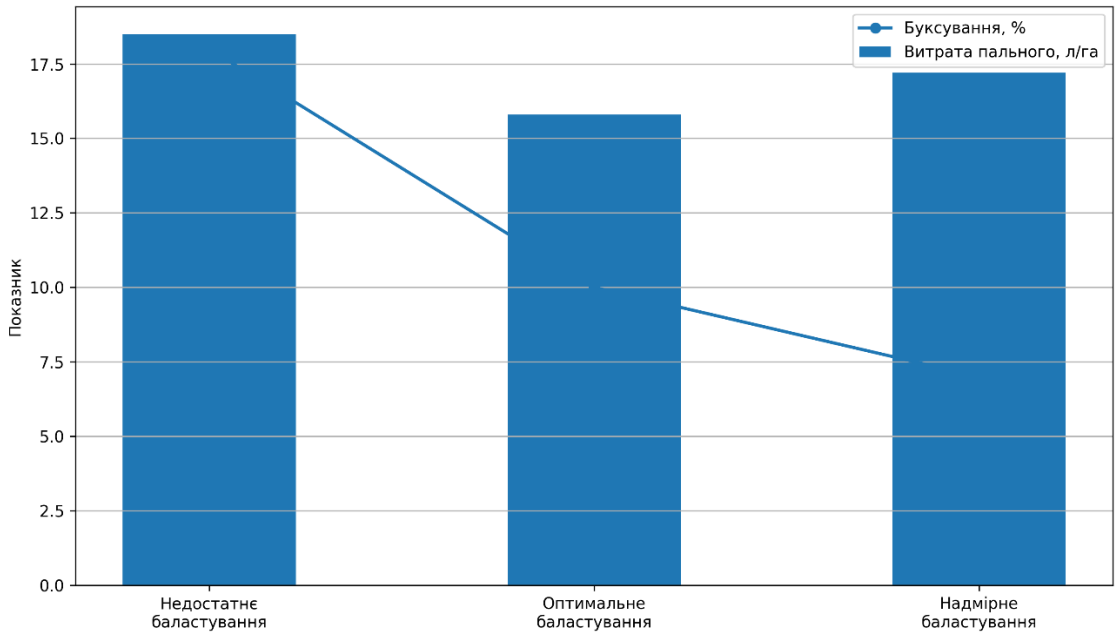


Рисунок 1.4 – Вплив баластування на витрату пального та буксування

На рисунку 1.4 показано, що найкращі показники досягаються за оптимального баластування. У цьому випадку буксування зменшується до раціонального рівня, а витрата пального є меншою порівняно з режимами недостатнього або надмірного баластування. Така залежність підтверджує, що метою удосконалення ходової частини має бути не просте збільшення маси, а забезпечення правильного співвідношення між масою трактора, тиском у шинах, тяговим опором агрегату та умовами ґрунту.

Особливе значення має розподіл маси між передньою та задньою осями. Для тракторів із переднім ведучим мостом важливо забезпечити таке навантаження на передню вісь, щоб вона брала участь у створенні тягового зусилля, але не перевантажувалася. Неправильний розподіл маси може

призвести до погіршення керованості, підвищеного зношування шин, нестійкої роботи агрегату та збільшення буксування однієї з осей [11, 18].

1.6 Застосування здвоєних і широкопрофільних коліс

Одним із ефективних напрямів удосконалення ходової частини колісного трактора є застосування здвоєних коліс. Здвоювання дозволяє збільшити площу контакту трактора з ґрунтом, зменшити питомий тиск, підвищити тягову здатність і знизити глибину колії. Це особливо важливо під час роботи на вологих, пухких або слабонесучих ґрунтах, де звичайні колеса можуть інтенсивно буксувати та занурюватися в ґрунт [5, 19].

Здвоєні колеса забезпечують кращий розподіл навантаження по ширині опорної поверхні. Завдяки цьому зменшується локальне ущільнення ґрунту, поліпшується прохідність і підвищується стабільність руху трактора. Проте їх застосування має певні недоліки: збільшуються габарити трактора, ускладнюється рух дорогами загального користування, зростає вартість комплекту ходової частини, а також збільшується час на монтаж і демонтаж [19].

Альтернативою здвоєним колесам є використання широкопрофільних або радіальних шин. Радіальні шини мають кращу деформаційну здатність, більшу пляму контакту та можуть працювати за нижчого тиску. Це сприяє підвищенню тягової ефективності й зменшенню ущільнення ґрунту. У багатьох випадках широкопрофільні шини є зручнішими за здвоєні колеса, оскільки не настільки збільшують габарити машини [15, 20].

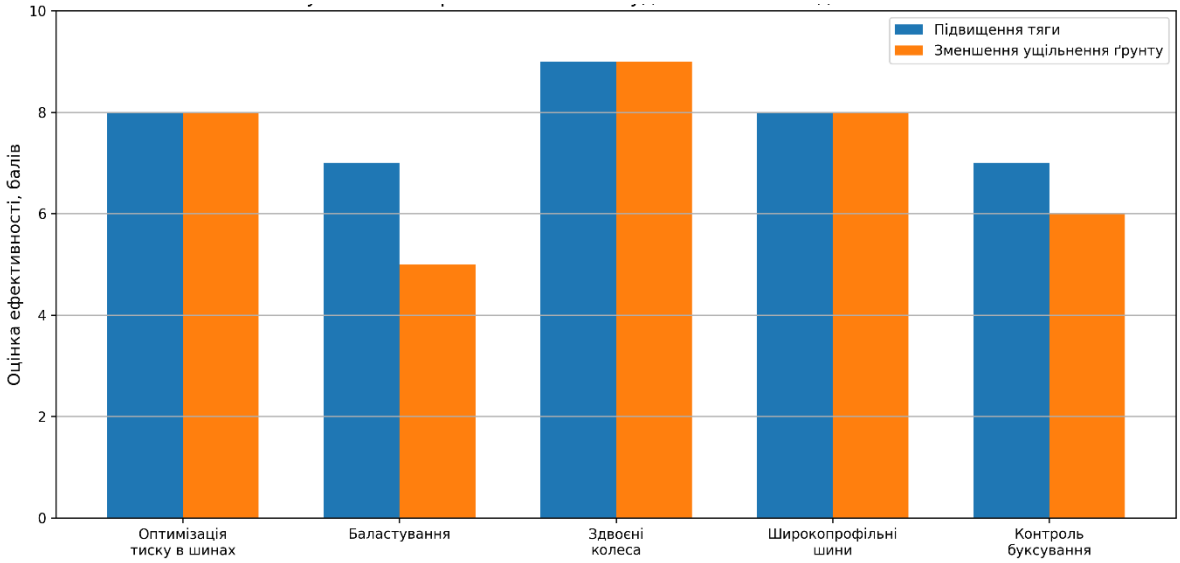


Рисунок 1.5 – Порівняння способів удосконалення ходової частини колісного трактора

Як видно з рисунка 1.5, різні способи удосконалення ходової частини мають неоднаковий вплив на підвищення тягової здатності та зменшення ущільнення ґрунту. Здвоєні колеса і широкопрофільні шини забезпечують високий ефект щодо зменшення питомого тиску на ґрунт, тоді як баластування переважно спрямоване на підвищення зчіпної ваги. Найкращий результат досягається при комплексному застосуванні декількох заходів.

1.7 Напрями удосконалення ходової частини колісного трактора

Удосконалення ходової частини колісного трактора може здійснюватися за кількома напрямами. Найбільш поширеними є: оптимізація баластування, регулювання тиску в шинах, застосування здвоєних або широкопрофільних шин, поліпшення рисунка протектора, удосконалення розподілу маси між осями, використання систем контролю буксування та впровадження пристроїв для коригування зчіпної ваги.

Баластування є одним із найпростіших способів підвищення зчіпної ваги. Воно може здійснюватися встановленням передніх, задніх або колісних вантажів, а також використанням рідинного баласту в шинах. Проте баластування має бути узгоджене з умовами роботи. За недостатнього баласту трактор буксує, не може реалізувати потужність двигуна та працює з

підвищеною витратою пального. За надмірного баласту збільшується опір коченню, навантаження на трансмісію, шини й ґрунт [1, 9].

Регулювання тиску в шинах є ефективним і відносно простим методом поліпшення тягово-зчіпних властивостей. Зниження тиску в допустимих межах збільшує площу контакту шини з ґрунтом, зменшує питомий тиск і підвищує коефіцієнт зчеплення. У дослідженнях впливу баласту та тиску в шинах зазначено, що правильне налаштування цих параметрів істотно впливає на тягову ефективність трактора [2]. Водночас зниження тиску повинно виконуватися відповідно до рекомендацій виробника шин, оскільки перевантаження шини за низького тиску може спричинити її пошкодження.

Застосування здвоєних коліс дозволяє збільшити опорну площу трактора. Це особливо доцільно під час виконання польових робіт на вологих, пухких або слабонесучих ґрунтах. Здвоєні колеса зменшують глибину колії та дають змогу краще використати потужність двигуна. Водночас вони ускладнюють маневрування, збільшують габарити трактора та потребують додаткових витрат на монтаж і обслуговування [4, 10].

Перспективним напрямом є використання широкопрофільних і радіальних шин. Радіальні шини мають більшу деформаційну здатність, краще пристосовуються до нерівностей ґрунту, формують більшу пляму контакту й можуть працювати за нижчого тиску. Це сприяє підвищенню тягової ефективності та зменшенню ущільнення ґрунту [7, 9].

У сучасних тракторах усе частіше застосовують електронні системи контролю буксування. Такі системи аналізують швидкість обертання коліс, фактичну швидкість руху, навантаження на двигун і автоматично коригують режим роботи трансмісії або навісного обладнання. Завдяки цьому трактор працює ближче до оптимального режиму, зменшуються втрати потужності та підвищується економічність.

Для теми даної роботи найбільш доцільним є комбінований підхід до удосконалення ходової частини. Він передбачає раціональне баластування трактора, оптимізацію тиску в шинах, можливе застосування здвоєних коліс або

шин збільшеної ширини, а також удосконалення розподілу навантаження між передньою та задньою осями. Такий підхід дозволяє підвищити тягово-зчіпні властивості без надмірного збільшення маси трактора та без значного погіршення агроекологічних показників.

1.8. Обґрунтування необхідності удосконалення ходової частини

Необхідність удосконалення ходової частини колісного трактора зумовлена тим, що в реальних умовах експлуатації трактор часто працює в режимах, далеких від оптимальних. Це пов’язано з неоднорідністю ґрунтових умов, зміною вологості поля, різним тяговим опором сільськогосподарських машин, неправильним баластуванням і відсутністю оперативного регулювання тиску в шинах.

Недостатня реалізація тягових можливостей трактора призводить до збільшення буксування, зниження робочої швидкості, перевитрати пального та зростання собівартості механізованих робіт. Наприклад, під час оранки або глибокого розпушування значна частина потужності двигуна може втрачатися через нераціональну взаємодію коліс із ґрунтом. У транспортних роботах недостатня зчіпна вага може погіршувати рушання з місця, рух на підйомах і стійкість агрегату [8].

Удосконалення ходової частини має також екологічне значення. Надмірний тиск на ґрунт спричиняє його ущільнення, зменшує водопроникність, погіршує повітряний режим і негативно впливає на розвиток кореневої системи рослин. Тому сучасний підхід до підвищення тягових властивостей трактора повинен ураховувати не лише тягове зусилля, а й питомий тиск на ґрунт [3, 4].

Основними очікуваними результатами удосконалення ходової частини є:

- – зменшення буксування ведучих коліс;
- – підвищення тягового коефіцієнта корисної дії;
- – зниження витрати пального;
- – підвищення продуктивності машинно-тракторного агрегату;
- зменшення ущільнення ґрунту;
- підвищення стійкості та керованості трактора;

– – зменшення зношування шин і деталей трансмісії.

Отже, удосконалення ходової частини є технічно й економічно доцільним напрямом поліпшення експлуатаційних показників колісного трактора. Воно дозволяє повніше використовувати потужність двигуна, зменшити втрати енергії та підвищити якість виконання сільськогосподарських операцій.

2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Аналіз умов роботи колісних тракторів та причин втрати тягово-зчіпних властивостей

У сільськогосподарському виробництві колісні трактори виконують значну частину робіт безпосередньо в польових умовах. Їх експлуатація пов’язана не лише з переміщенням дорогами загального користування або внутрішньогосподарськими шляхами, а насамперед із виконанням технологічних операцій на ґрунтах різного стану. До таких операцій належать оранка, культивація, сівба, глибоке розпушування, боронування, внесення добрив, агрегатування з широкозахватними машинами та виконання транспортних робіт у межах господарства.

Транспортні операції можуть здійснюватися як на короткі відстані, наприклад між виробничими ділянками, так і на більші — під час перевезення зерна, насіння, добрив або кормів. Проте основне навантаження на трактор припадає саме на польові роботи, де опорна поверхня має змінні фізико-механічні властивості. Тому під час проектування, модернізації та експлуатації колісних тракторів особливу увагу приділяють їхній прохідності, здатності реалізовувати тягове зусилля та зменшенню буксування ведучих коліс.

Тягово-зчіпні властивості трактора визначають його можливість працювати з необхідним тяговим навантаженням без значних втрат швидкості, перевитрати пального та пошкодження ґрунтового шару. Вони залежать від стану рушіїв, типу шин, зчіпної ваги, коефіцієнта зчеплення з опорною поверхнею, вологості та щільності ґрунту, навантаження на осі, тиску повітря в шинах і конструктивних особливостей ходової частини.

Недостатнє зчеплення коліс із ґрунтом призводить до буксування. У цьому випадку частина енергії двигуна витрачається не на корисне переміщення агрегату, а на проковзування рушіїв, руйнування поверхневого шару ґрунту та збільшення опору коченню. Коли колесо втрачає належний контакт із ґрунтом, воно починає заглиблюватися до більш щільного шару. Це частково збільшує зчеплення, однак одночасно підвищує втрати енергії та створює глибоку колію.

За критичного зниження зчіпної здатності трактор може повністю втратити прохідність і потребувати сторонньої допомоги для подальшого руху.

Буксування є одним із найнебажаніших явищ під час роботи колісного трактора. Воно знижує продуктивність машинно-тракторного агрегату, збільшує витрати пального, прискорює зношування шин і погіршує стан ґрунту. Основними чинниками, які визначають величину буксування, є коефіцієнт зчеплення колеса з ґрунтом, опір коченню, зчіпна вага, конструкція протектора, тиск у шинах і характер навантаження від агрегатованої машини.

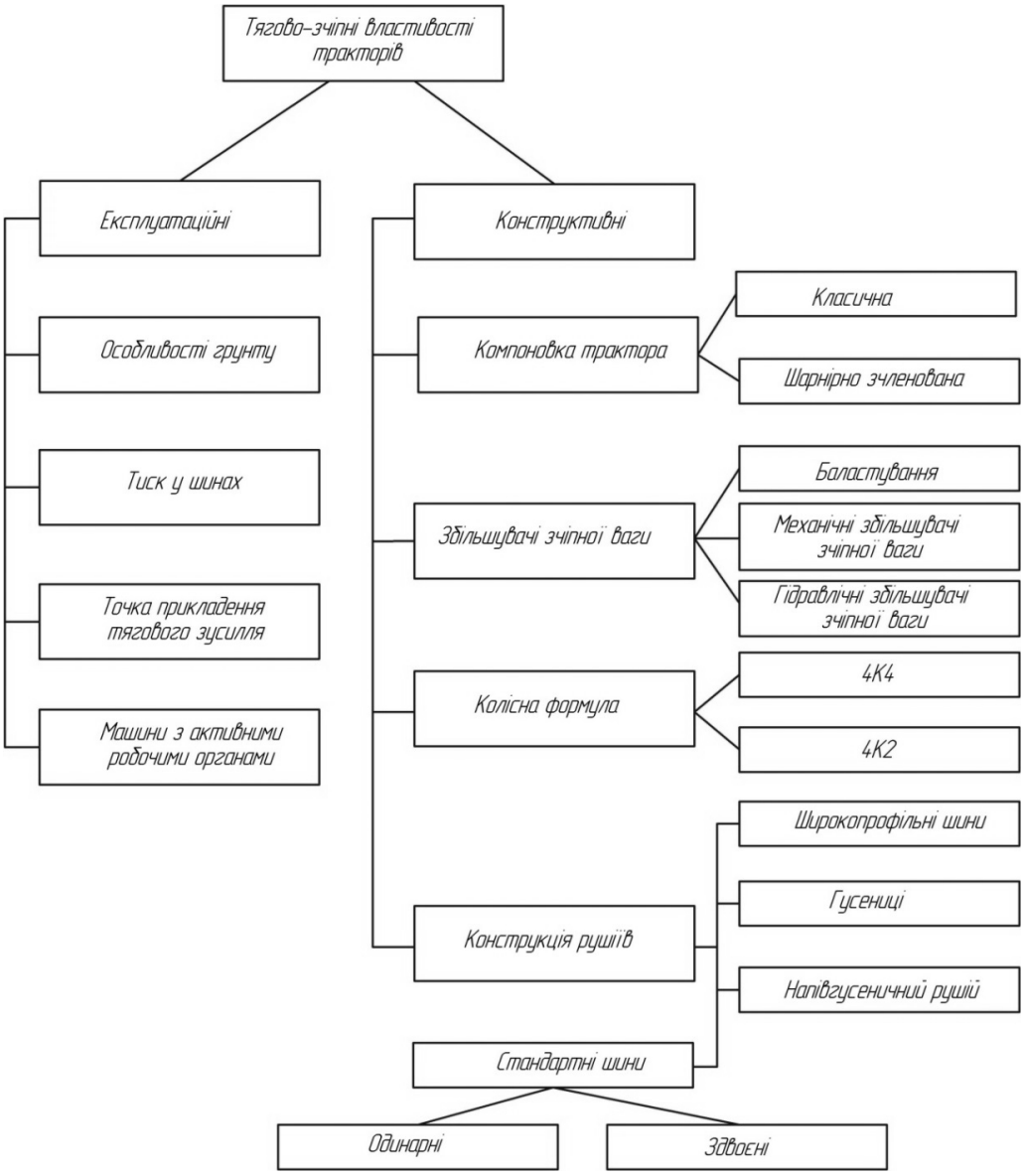


Рисунок 2.1 – Фактори, що впливають на тягово-зчіпні властивості колісного трактора

До головних факторів, що визначають тягово-зчіпні показники колісного трактора, можна віднести:

– зчіпну вагу трактора;
– тиск повітря в шинах;
– тип і технічний стан протектора;
– кількість ведучих коліс;
– опір коченню;
– стан, вологість і щільність ґрунту;
– ширину та площу контакту рушія з опорною поверхнею;
– правильність баластування;
– розподіл маси між передньою та задньою осями;
– швидкісний режим роботи агрегату.

Таким чином, підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора може бути досягнуте шляхом збільшення зчіпної ваги, покращення контакту рушіїв із ґрунтом, зменшення питомого тиску на опорну поверхню та вдосконалення конструкції ходової частини.

2.2 Основні способи підвищення тягово-зчіпних властивостей

Підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора може здійснюватися різними технічними та експлуатаційними способами. Найбільш поширеними серед них є довантаження ведучих коліс, баластування, регулювання тиску в шинах, застосування додаткових ґрунтозачепів, використання напівгусеничних рушіїв, встановлення широкопрофільних або здвоєних шин.

Одним із традиційних способів підвищення тягової здатності є збільшення вертикального навантаження на ведучі колеса. Це дозволяє підвищити силу зчеплення між колесом і ґрунтом. Однак такий спосіб має обмеження, оскільки надмірне збільшення маси трактора погіршує агрофізичний стан ґрунту, збільшує опір коченню і може спричинити додаткове навантаження на елементи трансмісії та ходової частини.

Іншим напрямом є збільшення площі контакту рушіїв з опорною поверхнею. Цього можна досягти за рахунок встановлення здвоєних коліс, широкопрофільних шин, зниження тиску в шинах або застосування гусеничних та напівгусеничних рушіїв. Такий підхід є більш перспективним, оскільки він дозволяє не лише підвищити тягову здатність, а й зменшити питомий тиск на ґрунт.

Узагальнюючи наявні способи підвищення тягово-зчіпних властивостей, можна зазначити, що вони мають як переваги, так і недоліки. Наприклад, баластування є простим у реалізації, але збільшує масу трактора. Зниження тиску в шинах покращує контакт із ґрунтом, але потребує точного контролю, щоб не допустити пошкодження шин. Напівгусеничні рушії значно підвищують прохідність, але ускладнюють конструкцію та потребують часу на переобладнання. Здвоєні колеса забезпечують компроміс між тяговою ефективністю, зменшенням тиску на ґрунт і відносною простотою впровадження.

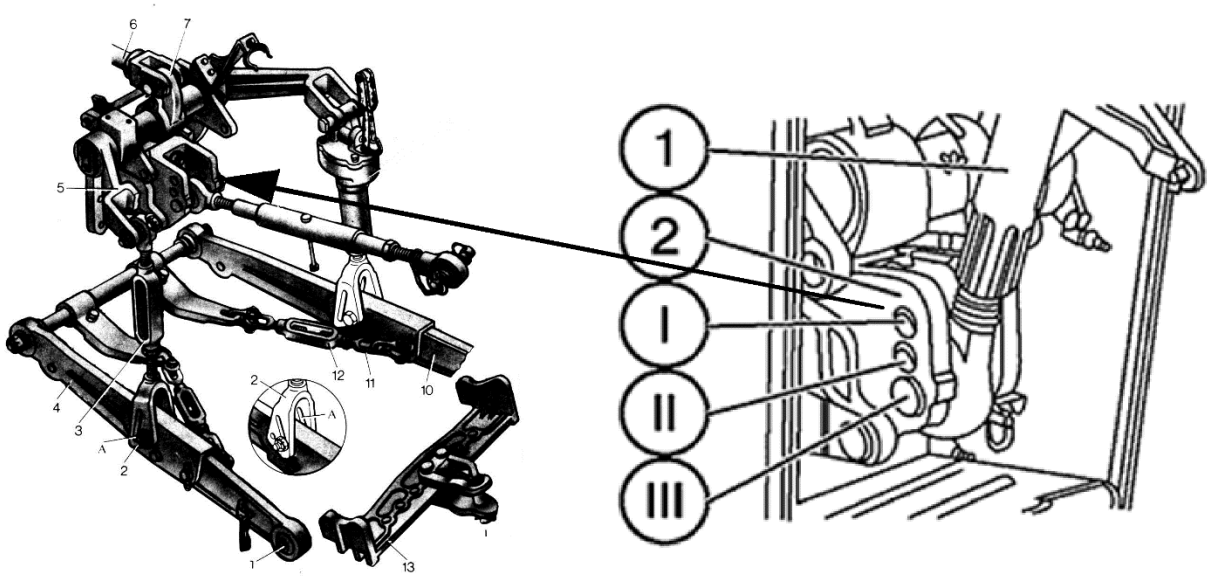
2.3 Довантаження ведучих коліс трактора

Широке застосування навісних сільськогосподарських машин сприяло розвитку способів підвищення тягово-зчіпних властивостей за рахунок довантаження ведучих коліс. Суть цього способу полягає у частковому перенесенні ваги навісного знаряддя або вертикальної складової реакції ґрунту на ведучі колеса трактора. У результаті збільшується зчіпна вага, поліпшується реалізація тягового зусилля та зменшується буксування.

Перевагою такого способу є те, що конструктивна маса трактора не збільшується. Тобто трактор не потребує встановлення додаткових вантажів, а підвищення тягових властивостей досягається за рахунок більш раціонального використання навісної системи та взаємодії з агрегатованою машиною. Крім того, довантаження ведучих коліс може зменшувати навантаження на опорні колеса сільськогосподарської машини, що знижує її тяговий опір.

Довантаження може бути механічним або гідравлічним. Механічне довантаження реалізується шляхом зміни положення центральної тяги механізму

навіски. Зміна кута нахилу центральної тяги впливає на положення миттєвого центру обертання навісної машини, внаслідок чого частина її ваги передається на ведучі колеса трактора.



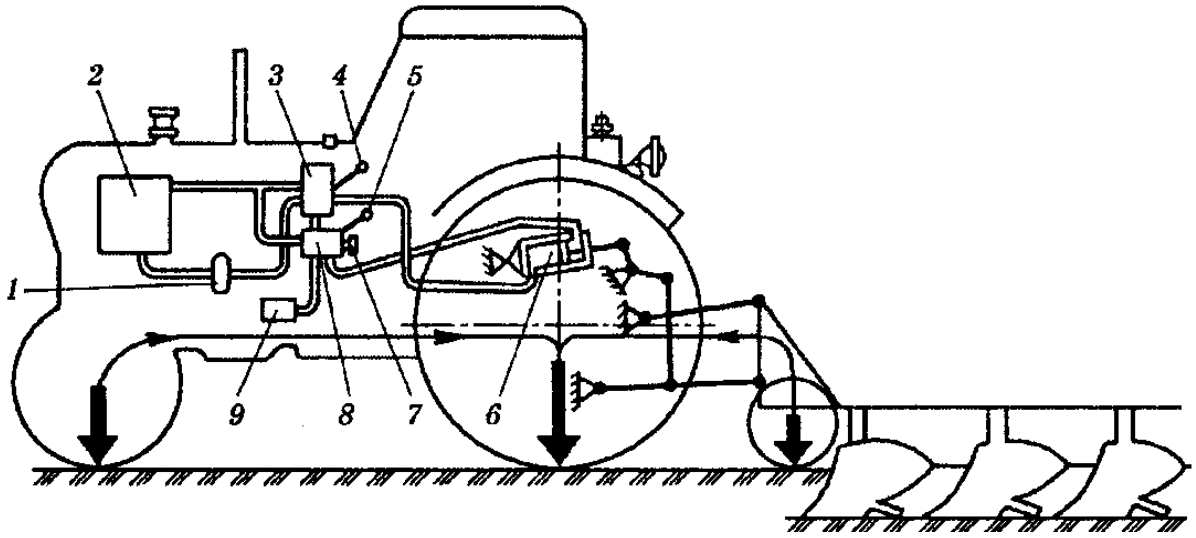
1 – центральна тяга; 2 – кронштейн; I , II, III – позиції положення центральної тяги механічного довантажувача.

Рисунок 2.2 – Схема механічного довантаження ведучих коліс трактора

За механічного способу центральна тяга може встановлюватися в різні положення кронштейна. Для важких тягових операцій, наприклад оранки, доцільним є таке положення тяги, за якого забезпечується максимальне довантаження ведучих коліс. Під час культивації або глибокого розпушування ґрунту положення центральної тяги може добиратися так, щоб забезпечити не лише зчіпну здатність, а й стабільну глибину ходу робочих органів.

Недоліком механічного довантаження є те, що переналаштування навісного пристрою не завжди зручне і не може виконуватися безпосередньо під час руху. Крім того, зміна положення миттєвого центру обертання навісної машини може впливати на рівномірність глибини обробітку.

Гідравлічне довантаження ведучих коліс здійснюється за допомогою гідросистеми трактора. У цьому випадку збільшення нормальної реакції на ведучих колесах досягається шляхом створення надлишкового тиску в порожнині підйому гідроциліндра механізму навіски.



1 – насос; 2 – гідробак; 3 – розподільник гідроприводу; 4 – рукоятка; 5 – важіль; 6 – гідроциліндр; 7 – маховичок; 8 – гідрозбільшувач зчіпної ваги; 9 – гідроакумулятор

Рисунок 2.3 – Схема гідравлічного довантажувача ведучих коліс

Перевагою гідравлічного довантаження є можливість плавного регулювання зчіпної ваги без внесення істотних змін у конструкцію трактора. Керування таким пристроєм може здійснюватися трактористом із кабіни під час роботи. Це підвищує зручність експлуатації та дозволяє оперативно реагувати на зміну умов руху.

2.4 Баластування як спосіб збільшення зчіпної ваги

Баластування трактора є одним із найпростіших і найпоширеніших способів підвищення тягово-зчіпних властивостей. Його суть полягає у збільшенні маси трактора за рахунок встановлення додаткових вантажів. Баластні вантажі можуть монтуватися на передню частину рами, на колісні диски або використовуватися у вигляді рідини, що заливається в шини.



а)



б)

а – баластування трактора Т-150К;

б – баластування трактора Джон Дір на оранці;

Рисунок 2.4 – Баластування трактора встановленням додаткових вантажів

Встановлення баласту дозволяє збільшити вертикальне навантаження на ведучі колеса і тим самим підвищити силу зчеплення з ґрунтом. Особливо це важливо під час виконання енергоємних операцій, де тяговий опір агрегатованої машини є значним. Проте ефективність баластування залежить від правильного добору маси вантажів і їх розміщення.

Надмірне баластування може мати негативні наслідки. Зайва маса збільшує питомий тиск на ґрунт, сприяє його ущільненню, підвищує опір коченню та збільшує витрату пального. Крім того, зростає навантаження на шини, підшипники, мости, трансмісію та раму трактора. Тому баластування повинно бути не максимальним, а оптимальним.

Окремим різновидом баластування є заповнення шин рідиною. Такий спосіб дозволяє суттєво збільшити масу колеса. Наприклад, для шин розміром

18.4-38 маса одного колеса може збільшуватися на сотні кілограмів. Зазвичай шина заповнюється рідиною не повністю, а приблизно на 70–75 %, щоб зберегти можливість підтримання необхідного внутрішнього тиску.



Рисунок 2.5 – Баластування коліс трактора рідиною

Разом із тим рідинне баластування має низку недоліків. Воно ускладнює технологію обслуговування коліс, потребує додаткового часу на заповнення і зливання рідини, може сприяти корозії елементів обода та погіршує ремонтопридатність шини. Крім того, збільшення маси трактора не завжди повністю реалізується у прирості тягового зусилля. Тому застосування такого способу доцільне лише в окремих умовах, коли потрібне значне підвищення зчіпної ваги.

2.5 Модернізація ходової частини для підвищення прохідності

Одним із ефективних способів поліпшення взаємодії колісного трактора з ґрунтом є регулювання тиску повітря в шинах. Зменшення тиску в допустимих межах збільшує площу плями контакту шини з ґрунтом. Це сприяє зменшенню питомого тиску, покращенню зчеплення і зниженню буксування.

Проте надмірне зниження тиску може створювати небезпеку провертання шини на диску, пошкодження боковини та перегрівання каркаса. Тому зміна тиску має виконуватися з урахуванням навантаження на колесо, швидкості руху, типу шини та умов роботи. Для підвищення ефективності такого регулювання можуть застосовуватися системи централізованої підкачки шин, які дають змогу змінювати тиск безпосередньо під час експлуатації.

Ще одним способом підвищення прохідності є використання накладних ґрунтозачепів або ланцюгів проти ковзання. Такі пристрої покращують зачеплення рушія з опорною поверхнею, особливо на слизьких або перезволожених ґрунтах. Проте вони майже не зменшують питомий тиск на ґрунт і не забезпечують суттєвого зниження глибини колії. Тому їх доцільніше розглядати як допоміжний засіб для короткочасного покращення прохідності.

Для підвищення прохідності універсально-просапних тракторів можуть застосовуватися напівгусеничні рушії. Вони встановлюються на основне ведуче колесо та додаткове натяжне колесо, розміщене перед ним. Такий пристрій дозволяє швидко переобладнати колісний трактор у напівгусеничний.



Рисунок 2.6 – Напівгусеничний рушій універсально-просапного трактора

Напівгусеничний рушій збільшує площу контакту з ґрунтом, зменшує питомий тиск і підвищує прохідність, особливо в умовах бездоріжжя. Завдяки розподілу ваги між основним колесом і додатковим натяжним колесом зменшується навантаження на одиницю площі опорної поверхні. За окремими даними, використання такого рушія може знижувати середній тиск на ґрунт майже в півтора раза.

Сучасним розвитком цього напряму є використання повністю гусеничних або чотиригусеничних тракторів. Такі машини мають значну потужність, високу

тягову здатність і знижений питомий тиск на ґрунт завдяки великій площі контакту ходової частини з опорною поверхнею.



Рисунок 2.7 – Трактор із гусеничною ходовою частиною

Гусеничні рушії забезпечують високу прохідність і менший негативний вплив на ґрунт. Проте вони мають і недоліки: складнішу конструкцію, більшу вартість, підвищені вимоги до обслуговування та обмежену універсальність. Для багатьох господарств більш прийнятним рішенням є не повна заміна колісної ходової частини, а її модернізація шляхом встановлення здвоєних коліс.

2.6 Обґрунтування вибору здвоєних коліс як напряму удосконалення

Застосування здвоєних коліс є одним із найбільш раціональних способів підвищення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора. Такий варіант дозволяє збільшити площу контакту з ґрунтом без повної зміни типу ходової частини. У результаті зменшується питомий тиск, підвищується прохідність, знижується буксування і покращується використання потужності двигуна.

Використання здвоєних шин особливо доцільне на енергонасичених тракторах, які працюють із широкозахватними ґрунтообробними або посівними агрегатами. За таких умов трактор повинен передавати на ґрунт значне тягове зусилля, не допускаючи надмірного буксування. Одинарні колеса не завжди

забезпечують достатню площу контакту, тому встановлення додаткового колеса дозволяє покращити роботу рушія.

Порівняно з баластуванням, здвоєні колеса мають важливу перевагу: вони не просто збільшують масу або зчіпну вагу, а покращують розподіл навантаження на ґрунт. Це дає змогу підвищити тягову здатність без різкого збільшення питомого тиску. Порівняно з напівгусеничними рушіями, здвоєні колеса мають простішу конструкцію, меншу вартість і кращу універсальність.

Практичні дослідження показують, що застосування здвоєних коліс може зменшувати буксування, підвищувати робочу швидкість і збільшувати продуктивність агрегату. Під час роботи з широкозахватним культиватором використання здвоєних шин дозволяє стабілізувати рух трактора, зменшити втрати на буксування і покращити якість обробітку ґрунту.



Рисунок 2.8 – Тягові випробування трактора зі здвоєними колесами

Застосування здвоєних коліс на тракторах також поширене серед зарубіжних виробників. Багато сучасних моделей передбачають можливість встановлення додаткових коліс за допомогою спеціальних пристроїв кріплення.

Такі системи підвищують універсальність трактора та дозволяють адаптувати його до різних умов експлуатації.

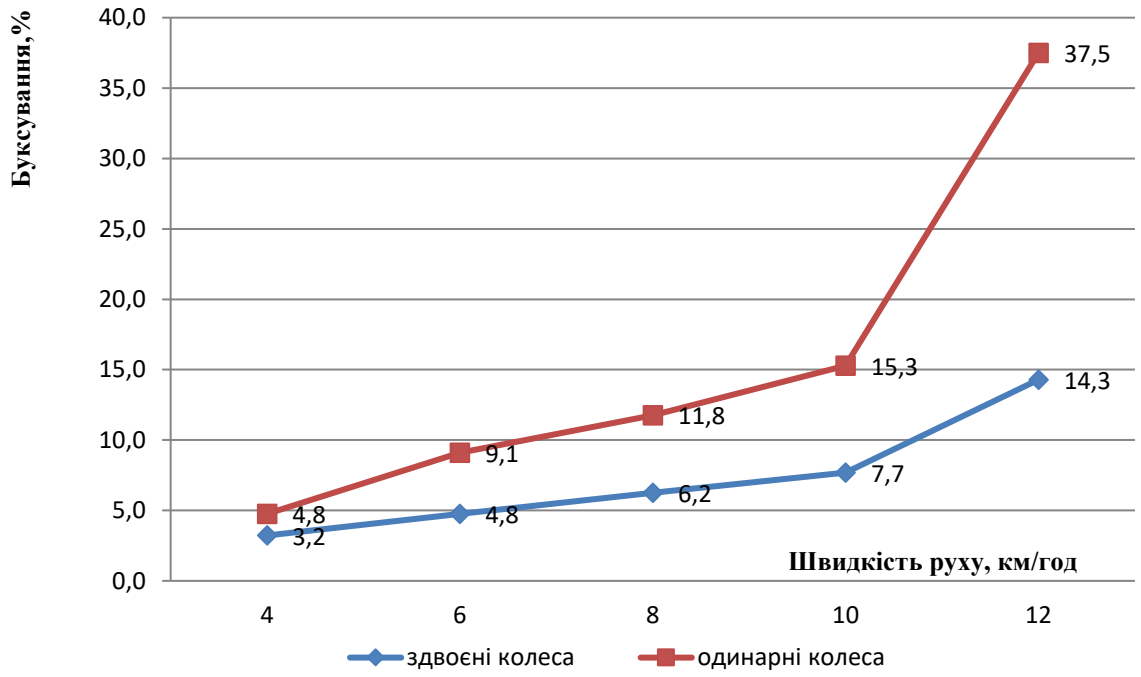


Рисунок 2.9 – Залежність буксування рушіїв трактора від швидкісного режиму



Рисунок 2.10 – Приклад використання здвоєних коліс на тракторі

Отже, аналіз існуючих способів підвищення тягово-зчіпних властивостей показує, що для умов роботи енергонасиченого колісного трактора найбільш

доцільним є використання здвоєних коліс. Саме цей напрям приймається для подальшого конструктивного опрацювання.

2.7 Конструктивне рішення для здвоєння коліс трактора ХТЗ-150К

З урахуванням проведеного аналізу для удосконалення ходової частини трактора ХТЗ-150К обрано варіант установлення здвоєних коліс. Такий спосіб дає змогу підвищити ефективність роботи трактора під час агрегатування з широкозахватними машинами, що використовуються для обробітку ґрунту або сівби сільськогосподарських культур.

Для встановлення додаткових коліс можуть використовуватися різні конструктивні рішення. Найпоширенішими є кріплення через додаткову ступицю або кріплення за допомогою стяжок із центруючою вставкою. Варіант із додатковою ступицею має високу міцність і надійність, однак потребує значного часу на монтаж і демонтаж. Кріплення за допомогою стяжок є більш зручним з погляду швидкого переобладнання, але потребує надійного центрування і рівномірного розподілу притискного зусилля.

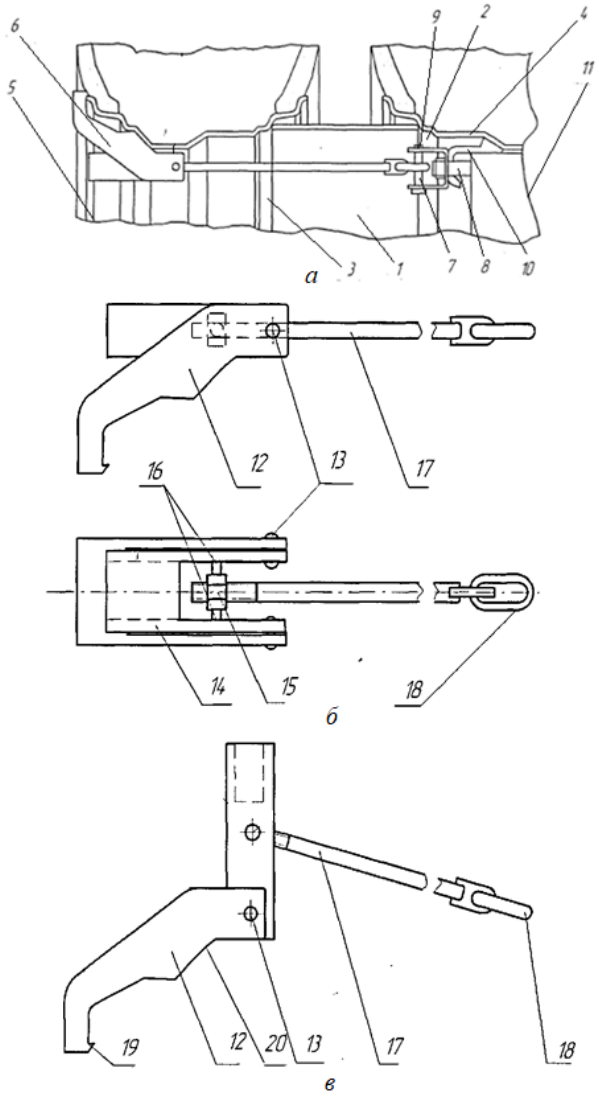


а б

а — за допомогою додаткової ступиці; б — із використанням стяжок і центруючої вставки

Рисунок 2.11 – Варіанти кріплення додаткових коліс

Після порівняння переваг і недоліків різних способів кріплення запропоновано швидкознімну конструкцію пристрою для здвоєння коліс, адаптовану до трактора ХТЗ-150К. Основною вимогою до такого пристрою є забезпечення надійного з’єднання основного та додаткового колеса, збереження співвісності, передача крутного моменту без провертання і можливість відносно швидкого монтажу в умовах господарства.



а — загальний вигляд;

б — пристрій у замкненому стані;

в — пристрій у розімкненому стані

Рисунок 2.12 – Пристрій для здвоєння коліс трактора ХТЗ-150К

Запропонований пристрій складається з центруючого циліндра, на зовнішній поверхні якого виконано конічні пояски для встановлення основного та додаткового колеса. Додаткове колесо фіксується за допомогою запірних механізмів і вузлів кріплення, які приєднуються до шпильок ступиці основного колеса.

Запірний механізм містить захват, зажим, шарнірні елементи, регулювальну гайку, стяжку та ланку. Під час монтажу додаткового колеса захват встановлюється на обід, після чого зажим повертається за допомогою важеля і створює необхідне притискне зусилля. Різьбове з’єднання дозволяє регулювати силу стискання, забезпечуючи щільний контакт між основним колесом, центруючою вставкою та додатковим колесом.

Для рівномірного притискання по колу обода передбачено декілька запірних пристроїв. Їх кількість повинна забезпечувати надійне кріплення, рівномірний розподіл навантаження і відсутність перекосів під час руху трактора. Така конструкція дозволяє здійснювати здвоєння коліс без складного переобладнання ходової частини, що є важливою перевагою для умов експлуатації в господарстві.

2.8 Розрахунок основних параметрів пристрою для здвоєння коліс

Для забезпечення надійної роботи пристрою необхідно визначити його основні конструктивні параметри. До них належать діаметр центруючої проставки, сила притискання, діаметр стяжок, відстань між здвоєними колесами та здатність пристрою передавати крутний момент без провертання.

З урахуванням конструктивних розмірів коліс трактора ХТЗ-150К приймається діаметр центруючої проставки 457 мм. Цей розмір забезпечує можливість надійного центрування коліс і створення необхідної площі контакту між елементами з’єднання.

Максимальний крутний момент на колесі визначається з урахуванням максимального крутного моменту двигуна та передавального числа трансмісії на нижчій передачі:

$$M_{кр} = \frac{M_{дв} \cdot i_{тр}}{4} = \frac{0,693 \cdot 52,3}{4} = 9,06\ кН / м, \quad (2.1)$$

де $M_{кр}$ — максимальний крутний момент на колесі;

$M_{дв}$ — максимальний крутний момент двигуна;

$i_{тр}$ — передавальне число трансмісії.

Дотична сила на ободі колеса визначається за залежністю:

$$P_к = \frac{M_{кр}}{r_к} = \frac{9,06}{0,30} = 27,45\ кН, \quad (2.2)$$

де $P_к$ — дотична сила на ободі колеса;

$r_к$ — радіус обода колеса.

Щоб не допустити провертання проставки відносно колеса, сила тертя між деталями повинна бути більшою за дотичну силу, яка діє на ободі:

$$P_к < P_{об} \quad (2.3)$$

Сила тертя визначається за формулою:

$$P_{об} = N \cdot f_{ст}, кН \quad (2.4)$$

де N — сила стискання проставки до обода;

$f_{ст}$ — коефіцієнт тертя сталі по сталі.

Звідси необхідна сила стискання становить:

$$P_{ст} \geq P_к / f_{ст} = 27,45 / 0,19 = 144\ кН, \quad (2.5)$$

Оскільки притискання здійснюється кількома стяжками, сила, що припадає на одну стяжку, визначається діленням загальної сили стискання на кількість стяжок. За результатами розрахунку сила на одну стяжку становить приблизно 18 кН.

Діаметр стяжки визначається з умови міцності на розтяг:

$$d = \sqrt{\frac{4 \cdot P_{ст1}}{\pi \cdot \sigma}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 18000}{3,14 \cdot 180}} = 11,28\ мм \quad (2.6)$$

де d — розрахунковий діаметр стяжки;

P_{cm1} — сила, що діє на одну стяжку;

$[\sigma]$ — допустиме напруження матеріалу.

З урахуванням допустимого напруження для сталі марки 20 приймається стандартний діаметр стяжки 12 мм. Такий розмір забезпечує достатню міцність і технологічність виготовлення пристрою.

2.9 Обґрунтування відстані між здвоєними колесами

Відстань між здвоєними колесами є важливим конструктивним параметром, який впливає на характер взаємодії рушіїв із ґрунтом. Якщо відстань між колесами занадто мала, ґрунт між ними може ущільнюватися у вигляді клина, що збільшує опір руху. Якщо відстань надмірно велика, зростають габарити трактора, ускладнюється маневрування і підвищується навантаження на елементи кріплення.

Для теоретичного обґрунтування відстані між колесами розглядається схема взаємодії здвоєних шин із ґрунтовим клином. Приймається, що клин має форму рівнобедреного трикутника, а поперечний переріз колеса наближено описується еліпсом. Таке припущення дозволяє оцінити геометричні умови формування ґрунтового клина між колесами.

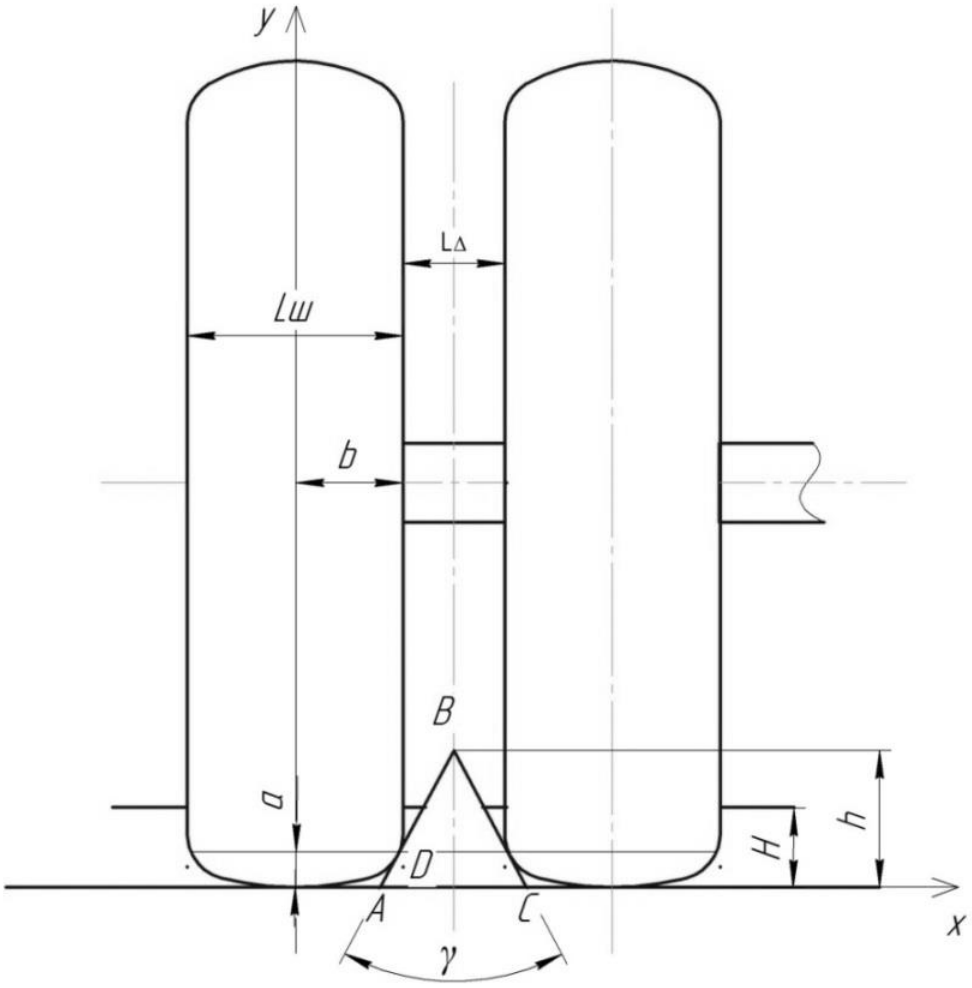


Рисунок 2.13 – Схема взаємодії здвоєних коліс із ґрунтовим клином

Площа ґрунтового клина між колесами приймається рівною площі частини одного колеса, зануреної в ґрунт. Це дає змогу встановити залежність між глибиною колії, висотою клина, шириною зазору між колесами та геометричними параметрами шини.

У результаті теоретичного аналізу встановлено, що оптимальна відстань між здвоєними колесами повинна перебувати в межах 162–186 мм за допустимої глибини колії 20–30 мм. При цьому висота ґрунтового клина становить орієнтовно 26–33 мм. Для подальшого конструктивного опрацювання приймається відстань між колесами 165 мм, оскільки вона відповідає розрахунковому діапазону і забезпечує достатню технологічність конструкції.

2.10 Визначення рушійної сили здвоєних коліс

Рушійна сила здвоєних коліс формується внаслідок взаємодії протектора шини з ґрунтом і дії сил тертя між колесом та опорною поверхнею. Її можна подати як суму реакцій ґрунту на ґрунтозачепах і сил тертя:

$$P_{руш} = \sum P_{пз} + \sum P_{тр} \tag{2.7}$$

де $P_{руш}$ — рушійна сила;

$\sum P_{пз}$ — сумарна реакція ґрунту на ґрунтозачепах;

$\sum P_{тр}$ — сумарна сила тертя між шинами та ґрунтом.

Сумарна реакція ґрунту залежить від кількості ґрунтозачепів, що одночасно перебувають у контакті з ґрунтом, площі контакту, глибини колії, фізико-механічних властивостей ґрунту та навантаження на колесо. У разі встановлення здвоєних коліс площа контакту збільшується, а кількість ґрунтозачепів, що працюють у зачепленні, фактично зростає. Це забезпечує збільшення рушійної сили без пропорційного зростання питомого тиску на ґрунт.

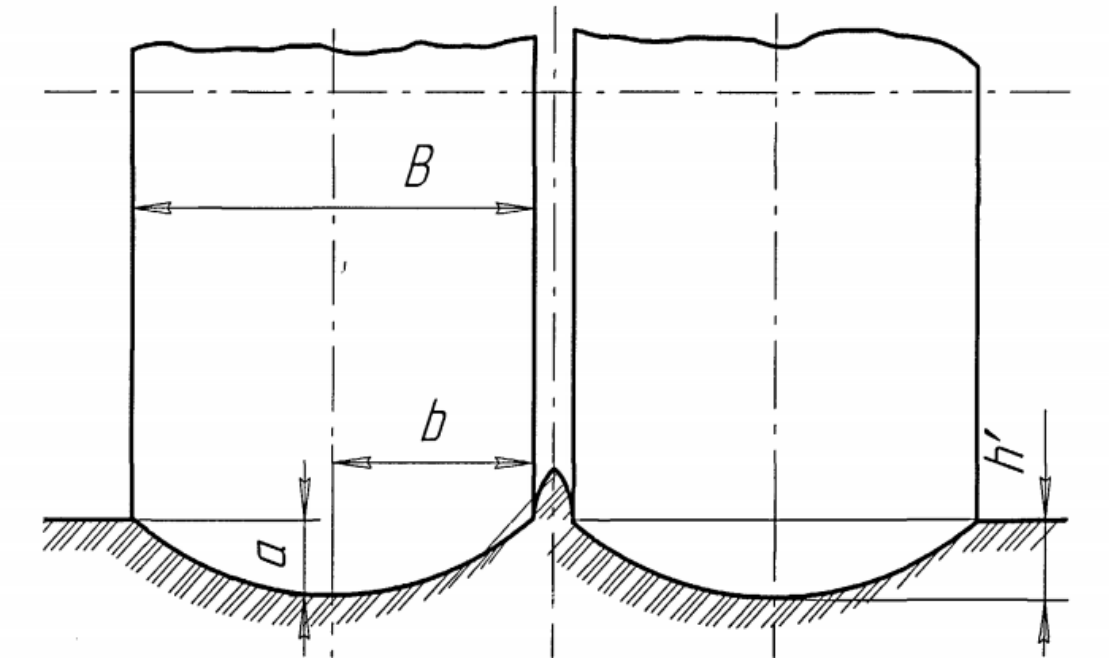


Рисунок 2.14 – Схема до розрахунку рушійної сили здвоєних коліс

Під час розрахунку враховується, що контакт колеса з ґрунтом у поперечному перерізі можна приблизно подати у вигляді дуги еліпса. Такий підхід дозволяє оцінити активну площу контакту та кількість ґрунтозачепів, які беруть участь у створенні тягового зусилля.

З урахуванням проведених розрахунків встановлено, що встановлення здвоєних коліс збільшує опорну площу та кількість ґрунтозачепів, які одночасно взаємодіють із ґрунтом. У результаті рушійна сила трактора може зростати до 40 кН. Це підтверджує доцільність застосування здвоєних коліс для підвищення тягово-зчіпних властивостей трактора ХТЗ-150К.

2.11 Оцінка прохідності трактора після удосконалення ходової частини

Прохідність є одним із найважливіших показників роботи трактора в польових умовах. Вона характеризує здатність машини рухатися по ґрунтах із різною несучою здатністю без надмірного буксування, заглиблення коліс і втрати керованості. Прохідність можна розглядати як профільну та опорно-зчіпну.

Профільна прохідність визначається геометричними параметрами трактора: дорожнім просвітом, колісною базою, шириною колії, кутами в’їзду та з’їзду. Опорно-зчіпна прохідність залежить від взаємодії рушіїв із ґрунтом, тобто від питомого тиску, коефіцієнта зчеплення, площі контакту, буксування і глибини колії.

Для оцінки опорної прохідності трактора може використовуватися узагальнений конструктивний показник, який враховує питоме тягове зусилля, коефіцієнт зчіпної ваги та умовний питомий тиск колеса на ґрунт. У спрощеному вигляді він дозволяє порівняти прохідність трактора зі стандартною ходовою частиною і після встановлення здвоєних коліс.

Після встановлення здвоєних коліс збільшується площа контакту шин із ґрунтом, зменшується питомий тиск і покращується використання зчіпної ваги. Це позитивно впливає на опорно-зчіпну прохідність. За результатами розрахунку

встановлено, що застосування здвоєних коліс на тракторі ХТЗ-150К дозволяє підвищити прохідність на 85,7 % порівняно зі стандартною ходовою частиною.

Такий результат пояснюється тим, що здвоєні колеса забезпечують кращий розподіл ваги трактора по опорній поверхні. Зменшується глибина колії, знижується буксування, підвищується стабільність руху і покращується реалізація тягового зусилля. Це особливо важливо під час роботи на вологих, пухких або недостатньо ущільнених ґрунтах.

3 ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Загальні вимоги охорони праці під час експлуатації колісного трактора

Охорона праці під час експлуатації колісного трактора є важливою складовою організації безпечного сільськогосподарського виробництва. Робота тракториста-машиніста пов’язана з дією механічних, шумових, вібраційних, пилових, температурних та ергономічних факторів. Крім того, під час удосконалення ходової частини, встановлення баластних вантажів, монтажу здвоєних коліс або регулювання тиску в шинах виникає підвищена небезпека травмування.

Відповідно до Закону України «Про охорону праці», охорона праці розглядається як система правових, соціально-економічних, організаційно-технічних і санітарно-гігієнічних заходів, спрямованих на збереження життя, здоров’я і працездатності працівників у процесі трудової діяльності [11]. Правила охорони праці у сільськогосподарському виробництві затверджені наказом Міністерства соціальної політики України від 29.08.2018 № 1240 і зареєстровані в Міністерстві юстиції України 21.09.2018 за № 1090/32542 [12].

До керування трактором допускаються особи, які мають відповідну професійну підготовку, посвідчення тракториста-машиніста, пройшли медичний огляд, вступний і первинний інструктажі з охорони праці, а також навчання з безпечних методів виконання робіт. Працівник повинен знати будову трактора, особливості роботи ходової частини, правила агрегатування машин, порядок перевірки технічного стану та дії у разі аварійної ситуації.

Перед початком роботи необхідно перевірити справність гальм, рульового керування, світлової та звукової сигналізації, стан шин, надійність кріплення коліс, відсутність пошкоджень дисків і шин, герметичність пневматичної системи, справність зчіпного пристрою та наявність захисних кожухів. Не допускається експлуатація трактора з несправною ходовою частиною, пошкодженими шинами, ослабленими гайками кріплення коліс або несправними гальмами.

Особливу увагу необхідно приділяти роботам, пов’язаним із баластуванням і встановленням додаткових вантажів. Баластні вантажі повинні кріпитися тільки у передбачених конструкцією місцях. Забороняється застосовувати випадкові предмети як баласт, оскільки вони можуть зміститися під час руху і спричинити аварійну ситуацію.

3.2 Небезпечні та шкідливі виробничі фактори

Під час експлуатації колісного трактора на працівника можуть впливати такі небезпечні та шкідливі фактори:

– рухомі частини машинно-тракторного агрегату;

– можливість перекидання трактора на схилах або нерівній поверхні;

– підвищений рівень шуму та вібрації;

– пил, відпрацьовані гази та аерозолі;

– підвищене фізичне навантаження під час монтажу коліс і баласту;

– небезпека розриву шини під час накачування;

– защемлення рук під час встановлення здвоєних коліс;

– наїзд на працівників або сторонні предмети;

– пожежна небезпека під час роботи з паливом і мастильними матеріалами.

Одним із найбільш небезпечних факторів є можливість перекидання трактора. Ризик перекидання зростає під час руху на схилах, різкого повороту, роботи з важкими навісними машинами, неправильного баластування або надмірного зміщення центра мас. Для зменшення цього ризику необхідно дотримуватися рекомендованої швидкості руху, уникати різких маневрів, правильно розподіляти баласт і не працювати на схилах, крутизна яких перевищує допустимі значення для конкретної моделі трактора.

Небезпека також виникає під час накачування шин. Шина перебуває під значним внутрішнім тиском, тому за пошкодження корду, неправильного монтажу або перевищення допустимого тиску можливий її розрив. Накачування шин потрібно виконувати з використанням справного манометра, захисного пристосування та з дотриманням рекомендацій виробника. Забороняється перебувати безпосередньо перед боковиною шини під час її накачування.

Під час роботи трактора з удосконаленою ходовою частиною слід ураховувати зміну габаритів машини. Застосування здвоєних коліс збільшує ширину трактора, що може створювати небезпеку під час руху дорогами, біля перешкод, у дворах, на фермах або біля складів. У такому разі тракторист повинен дотримуватися безпечної швидкості, контролювати боковий інтервал і використовувати світлову сигналізацію.

3.3 Вимоги безпеки під час удосконалення ходової частини

Роботи з удосконалення ходової частини колісного трактора повинні виконуватися на рівному, твердому та достатньо освітленому майданчику. Перед початком робіт трактор необхідно загальмувати стоянковим гальмом, вимкнути двигун, увімкнути нижчу передачу або режим блокування трансмісії, підкласти противідкотні упори під колеса та вивісити попереджувальний знак про проведення ремонтних робіт.

Під час зняття або встановлення коліс потрібно використовувати справні домкрати, підставки, гайкові ключі відповідного розміру та вантажопідіймальні пристрої. Забороняється виконувати роботи під трактором, який утримується лише домкратом. Після піднімання трактора його необхідно встановити на надійні підставки, здатні витримати масу машини.

Монтаж здвоєних коліс повинен виконуватися не менше ніж двома працівниками або з використанням підйомного пристрою. Колеса мають значну масу, тому ручне переміщення без допоміжних засобів може призвести до травмування спини, рук і ніг. Працівники повинні використовувати захисне взуття, рукавиці та спецодяг.

Під час встановлення баласту потрібно переконатися, що маса вантажів відповідає технічним вимогам до трактора, а кріпильні елементи не мають тріщин, деформацій або зношеної різьби. Після встановлення вантажів необхідно перевірити симетричність їх розміщення, надійність затягування болтів і відсутність контакту з рухомими деталями.

Регулювання тиску в шинах виконується тільки справним компресором із редуктором і манометром. Тиск повинен відповідати навантаженню на вісь і

типу виконуваної роботи. Забороняється перевищувати максимально допустимий тиск, зазначений виробником шини. Після регулювання тиску необхідно перевірити герметичність вентиля та встановити захисний ковпачок.

3.4 Вимоги безпеки під час роботи трактора в полі

Перед виїздом у поле тракторист повинен перевірити маршрут руху, стан ґрунту, наявність перешкод, канав, каміння, електроопор, зрошувальних трубопроводів та інших небезпечних об’єктів. Особливо обережно потрібно працювати на схилах, перезволожених ґрунтах і ділянках із нерівним рельєфом.

Під час роботи забороняється:

– перевозити сторонніх осіб у кабіні або на навісному обладнанні;

– виконувати регулювання ходової частини під час руху;

– перебувати між трактором і агрегатованою машиною під час зчеплення;

– очищати колеса, протектор або робочі органи машини при працюючому двигуні;

– працювати з несправними гальмами, рульовим керуванням або пошкодженими шинами;

– залишати трактор із працюючим двигуном без нагляду.

Під час роботи з важкими агрегатами потрібно уникати різкого рушання, пробуксовування та перевантаження двигуна. Якщо буксування перевищує допустимий рівень, слід зменшити глибину обробітку, перейти на нижчу передачу, скоригувати баластування або тиск у шинах. Тривала робота з надмірним буксуванням є небезпечною, оскільки може спричинити втрату керованості, перегрівання шин і підвищене навантаження на трансмісію.

Під час руху дорогами загального користування трактор із розширеною колією або здвоєними колесами повинен відповідати вимогам безпечного габариту. За потреби необхідно встановити попереджувальні знаки, світловідбивачі та забезпечити справність зовнішнього освітлення.

3.5 Пожежна безпека та виробнича санітарія

Пожежна безпека під час експлуатації трактора забезпечується справністю паливної системи, електрообладнання, системи випуску відпрацьованих газів і наявністю первинних засобів пожежогасіння. На тракторі повинен бути справний вогнегасник, а тракторист має знати порядок його використання.

Не допускається витікання пального, мастила або гідравлічної рідини. У разі виявлення підтікання роботу потрібно припинити, усунути несправність і тільки після цього продовжити експлуатацію. Заправляння трактора пальним слід виконувати при вимкненому двигуні, забороняється палити або користуватися відкритим вогнем поблизу місця заправки.

До санітарно-гігієнічних вимог належать підтримання чистоти кабіни, справність вентиляції та опалення, зниження рівня шуму й вібрації, використання засобів індивідуального захисту. Тракторист повинен мати спецодяг, захисне взуття, рукавиці, а за потреби — засоби захисту органів слуху та дихання.

Під час роботи в запиленому середовищі слід контролювати герметичність кабіни та справність фільтрів системи вентиляції. Робоче місце тракториста повинно забезпечувати достатню оглядовість, зручне розміщення органів керування та мінімальне фізичне навантаження.

3.6 Заходи щодо підвищення безпеки під час експлуатації удосконаленої ходової частини

Для підвищення безпеки під час експлуатації трактора з удосконаленою ходовою частиною доцільно передбачити такі заходи:

- розробити інструкцію з безпечного встановлення баласту та здвоєних коліс;
- проводити регулярний контроль тиску в шинах;
- перевіряти момент затягування гайок кріплення коліс;
- контролювати стан протектора, боковин і дисків;
- не перевищувати допустиму масу баласту;

– забезпечити трактор противідкотними упорами, вогнегасником і аптечкою;

– навчити працівників безпечним методам монтажу коліс і баластних вантажів;

– проводити періодичний огляд ходової частини після виконання важких тягових робіт.

Виконання цих заходів дозволить зменшити ризик травматизму, підвищити надійність трактора та забезпечити безпечні умови праці під час виконання сільськогосподарських операцій.

4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПРОЕКТУ

4.1 Мета техніко-економічного обґрунтування

Метою техніко-економічного обґрунтування є визначення доцільності впровадження пристрою для здвоєння коліс трактора ХТЗ-150К. Запропоноване удосконалення ходової частини спрямоване на підвищення тягово-зчіпних властивостей, зменшення буксування, зниження питомого тиску на ґрунт, покращення прохідності та підвищення продуктивності машинно-тракторного агрегату.

У попередньому розділі було встановлено, що застосування здвоєних коліс дозволяє збільшити опорну площу рушіїв, підвищити рушійну силу до 40 кН та покращити опорно-зчіпну прохідність трактора на 85,7 %. Крім того, для пристрою прийнято діаметр стяжок 12 мм, а оптимальна відстань між здвоєними колесами становить 165 мм. Такі конструктивні параметри забезпечують надійне кріплення додаткового колеса і можливість ефективного використання трактора на енергоємних польових роботах.

Економічна ефективність запропонованого рішення формується за рахунок:

– зменшення буксування ведучих коліс;

– зниження витрати пального на одиницю виконаної роботи;

– підвищення продуктивності агрегату;

– скорочення тривалості виконання польових робіт;

– зменшення зношування шин і деталей трансмісії;

– зниження ущільнення ґрунту та покращення якості агротехнічної операції.

У розрахунках прийнято, що в господарстві вже є комплект додаткових коліс або можливість їх використання з наявного машинно-тракторного парку. Тому капітальні вкладення визначаються переважно за витратами на виготовлення та встановлення пристрою для здвоєння коліс.

4.2 Вихідні дані для економічного розрахунку

Для проведення розрахунків приймаємо вихідні показники, наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Вихідні дані для техніко-економічного розрахунку

Показник	Позначення	Значення
Марка трактора	—	ХТЗ-150К
Тип удосконалення	—	здвоєння коліс
Річний обсяг робіт	W	600 га
Продуктивність до удосконалення	$П_1$	4,8 га/год
Продуктивність після удосконалення	$П_2$	5,4 га/год
Витрата пального до удосконалення	q_1	18,0 л/га
Витрата пального після удосконалення	q_2	16,3 л/га
Вартість дизельного пального	$Ц_п$	60 грн/л
Буксування до удосконалення	δ_1	23,1 %
Буксування після удосконалення	δ_2	14,3 %
Вартість 1 машино-години без урахування пального	$С_{м-г}$	450 грн/год
Додаткові річні витрати на обслуговування пристрою	$В_д$	9000 грн
Капітальні вкладення на виготовлення пристрою	К	184200 грн

Прийняте підвищення продуктивності пояснюється зменшенням буксування, кращою реалізацією тягового зусилля та стабільнішим рухом агрегату. Зниження витрати пального пов’язане з тим, що менша частина потужності двигуна витрачається на проковзування коліс і деформацію ґрунту.

4.3 Розрахунок капітальних вкладень

Капітальні вкладення на виготовлення пристрою для здвоєння коліс включають витрати на матеріали, механічну обробку, зварювальні та складальні

роботи, виготовлення запірних пристроїв, кріпильні елементи, фарбування, монтаж і випробування.

Загальна сума капітальних вкладень визначається за формулою:

$$К = В_м + В_{мех} + В_{зв} + В_{кр} + В_ф + В_{монт} + В_{накл} \quad (4.1)$$

де К — загальні капітальні вкладення, грн;

$В_м$ — вартість металу та заготовок, грн;

$В_{мех}$ — витрати на механічну обробку, грн;

$В_{зв}$ — витрати на зварювання та складання, грн;

$В_{кр}$ — вартість запірних пристроїв і кріплення, грн;

$В_ф$ — витрати на фарбування та антикорозійний захист, грн;

$В_{монт}$ — витрати на монтаж і випробування, грн;

$В_{накл}$ — накладні витрати, грн.

Таблиця 4.2 – Розрахунок капітальних вкладень

Стаття витрат	Сума, грн
Метал і заготовки для центруючих циліндрів, скоб і стяжок	48000
Механічна обробка деталей	42000
Зварювання та складання конструкції	22000
Запірні пристрої, гайки, пальці, кріпильні елементи	36000
Фарбування та антикорозійний захист	6500
Монтаж і виробничі випробування	12000
Накладні витрати	17700
Разом	184200

Отже, загальна вартість виготовлення та встановлення пристрою для здвоєння коліс становить: $К = 184200$ грн.

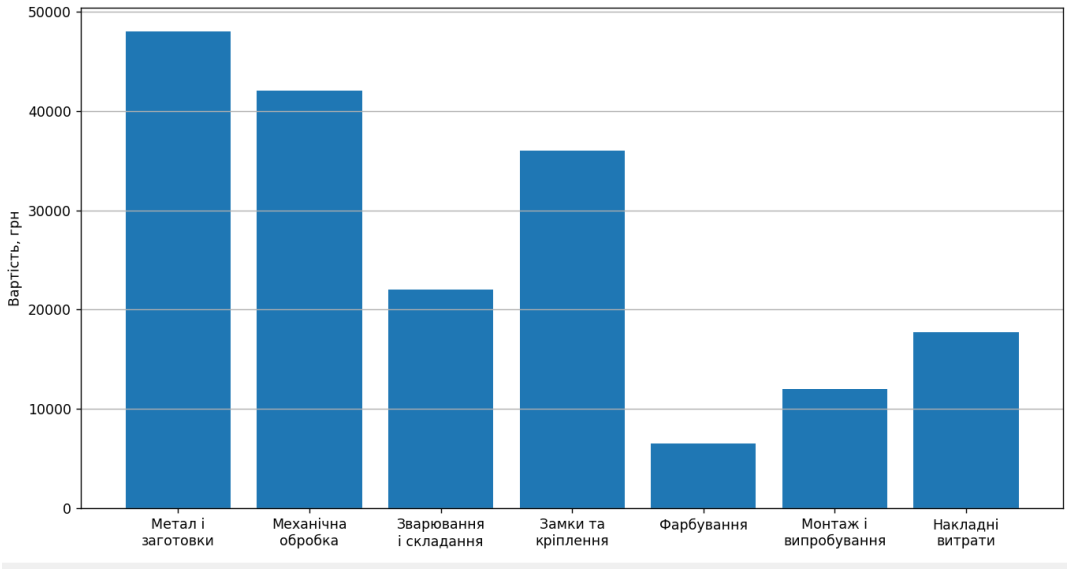


Рисунок 4.1 – Структура капітальних витрат на виготовлення пристрою

З рисунка 4.1 видно, що найбільшу частку витрат становлять метал і заготовки, механічна обробка, а також виготовлення запірних пристроїв і кріпильних елементів. Це пояснюється тим, що пристрій повинен працювати в умовах значних динамічних навантажень, тому його елементи мають бути достатньо міцними, точно виготовленими та надійно зафіксованими.

4.4 Розрахунок економії пального

Одним із головних джерел економічного ефекту є зниження витрати пального. До удосконалення витрата пального становила 18,0 л/га, після встановлення здвоєних коліс — 16,3 л/га.

Економія пального на 1 га визначається за формулою:

$$\text{Е}_{\text{п1}} = q_1 - q_2 \tag{4.2}$$

де $\text{Е}_{\text{п1}}$ — економія пального на 1 га, л/га;

q_1 — витрата пального до удосконалення, л/га;

q_2 — витрата пального після удосконалення, л/га.

$$\text{Е}_{\text{п1}} = 18{,}0 - 16{,}3 = 1{,}7 \text{ л/га}$$

Річна економія пального:

$$\text{Е}_{\text{пр}} = \text{Е}_{\text{п1}} \cdot W \tag{4.3}$$

де W — річний обсяг робіт, га.

$$\text{Е}_{\text{пр}} = 1{,}7 \cdot 600 = 1020 \text{ л}$$

Грошова економія пального:

$$Е_{пг} = Е_{пр} \cdot Ц_{п} \quad (4.4)$$

де $Ц_{п}$ — вартість 1 л дизельного пального, грн/л.

$$Е_{пг} = 1020 \cdot 60 = 61200 \text{ грн}$$

Отже, за рахунок зменшення буксування та кращого використання тягової сили річна економія пального становить 1020 л, або 61200 грн.

4.5 Розрахунок економії часу роботи агрегату

Підвищення продуктивності машинно-тракторного агрегату дозволяє зменшити тривалість виконання польових робіт. До удосконалення продуктивність агрегату становила 4,8 га/год, після встановлення здвоєних коліс — 5,4 га/год.

Тривалість виконання річного обсягу робіт до удосконалення:

$$T_1 = \frac{W}{П_1} \quad (4.5)$$

$$T_1 = \frac{600}{4{,}8} = 125 \text{ год}$$

Тривалість виконання робіт після удосконалення:

$$T_2 = \frac{W}{П_2} \quad (4.6)$$

$$T_2 = \frac{600}{5{,}4} = 111{,}1 \text{ год}$$

Економія часу:

$$Е_{ч} = T_1 - T_2 \quad (4.7)$$

$$Е_{ч} = 125 - 111{,}1 = 13{,}9 \text{ год}$$

Грошовий ефект від скорочення тривалості роботи:

$$Е_{чг} = Е_{ч} \cdot С_{м-г} \quad (4.8)$$

де $С_{м-г}$ — вартість 1 машино-години без урахування пального, грн/год.

$$Е_{чг} = 13{,}9 \cdot 450 = 6255 \text{ грн}$$

Отже, за рахунок підвищення продуктивності річна економія часу становить 13,9 год, що у грошовому вираженні дорівнює приблизно 6250 грн.

4.6 Порівняння експлуатаційних показників до і після удосконалення

Використання здвоєних коліс впливає не лише на витрату пального, а й на загальну ефективність експлуатації трактора. Основні зміни наведено в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3 – Порівняння експлуатаційних показників трактора

Показник	До удосконалення	Після удосконалення	Зміна
Продуктивність, га/год	4,8	5,4	+12,5 %
Витрата пального, л/га	18,0	16,3	−9,4 %
Буксування, %	23,1	14,3	−38,1 %
Опорно-зчіпна прохідність, % до базового рівня	100	185,7	+85,7 %
Рушійна сила, кН	умовно базова	до 40	збільшення

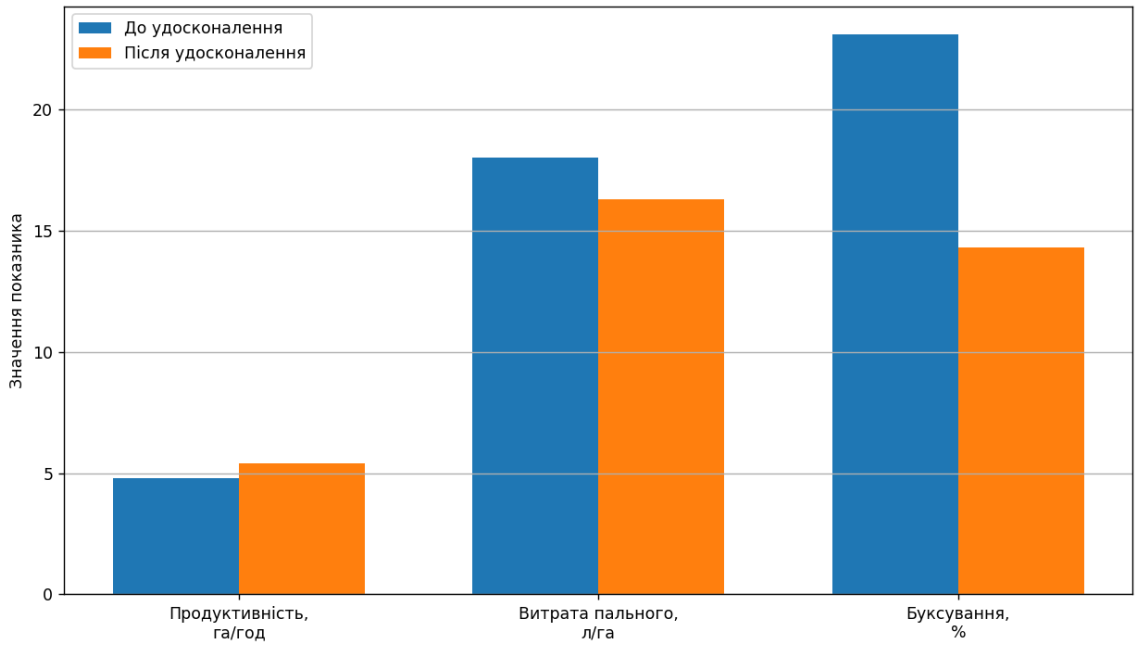


Рисунок 4.2 – Порівняння експлуатаційних показників трактора до і після удосконалення

З рисунка 4.2 видно, що після встановлення здвоєних коліс продуктивність агрегату зростає, а витрата пального і буксування зменшуються. Найбільша відносна зміна спостерігається за показником буксування, що є важливим

результатом для польових робіт, оскільки саме буксування значною мірою визначає втрати енергії та погіршення стану ґрунту.

4.7 Розрахунок річного економічного ефекту

Річний економічний ефект від упровадження пристрою для здвоєння коліс формується з кількох складових:

$$E_р = E_{пг} + E_{чг} + E_{зн} + E_{агр} - B_д \quad (4.9)$$

де $E_р$ — річний економічний ефект, грн;

$E_{пг}$ — економія пального, грн;

$E_{чг}$ — економія від скорочення тривалості роботи, грн;

$E_{зн}$ — економія від зменшення зношування шин і трансмісії, грн;

$E_{агр}$ — умовний агротехнічний ефект від зменшення ущільнення ґрунту, грн;

$B_д$ — додаткові витрати на обслуговування пристрою, грн.

Приймаємо: $E_{пг} = 61200$ грн, $E_{чг} = 6250$ грн, $E_{зн} = 18000$ грн, $E_{агр} = 12000$ грн, $B_д = 9000$ грн.

Тоді:

$$E_р = 61200 + 6250 + 18000 + 12000 - 9000 = 88450 \text{ грн}$$

Отже, річний економічний ефект від використання пристрою для здвоєння коліс становить 88450 грн.

Таблиця 4.4 – Формування річного економічного ефекту

Стаття ефекту або витрат	Значення, грн/рік
Економія пального	61200
Економія часу роботи агрегату	6250
Зменшення витрат на шини та трансмісію	18000
Умовний агротехнічний ефект	12000
Додаткові витрати на обслуговування пристрою	−9000
Річний економічний ефект	88450

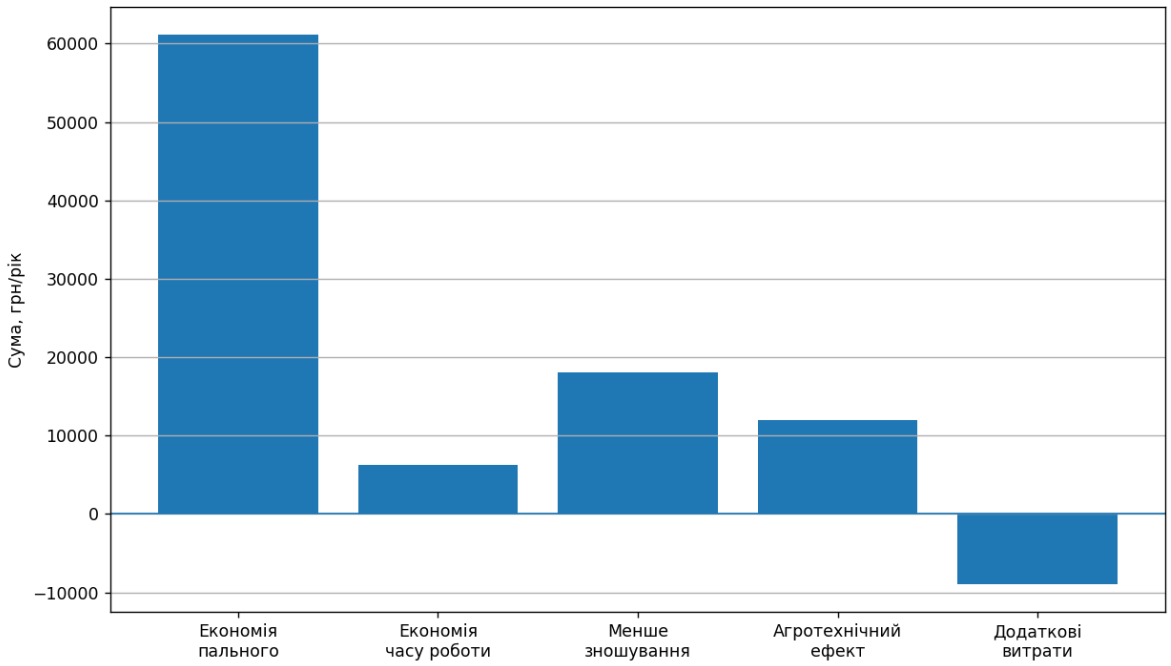


Рисунок 4.3 – Формування річного економічного ефекту

З рисунка 4.3 видно, що найбільшу частку економічного ефекту забезпечує економія пального. Це пояснюється тим, що зменшення буксування безпосередньо знижує втрати потужності двигуна. Додатковий ефект формується за рахунок зменшення часу виконання робіт, зниження зношування ходової частини та покращення агротехнічних умов роботи.

4.8 Розрахунок строку окупності

Строк окупності капітальних вкладень визначається за формулою:

$$T_{ок} = \frac{К}{Е_р} \tag{4.10}$$

де $T_{ок}$ — строк окупності, років;

К — капітальні вкладення, грн;

$Е_р$ — річний економічний ефект, грн.

$$T_{ок} = 18420088450 = 2{,}08 \text{ року}$$

Отже, строк окупності пристрою становить приблизно 2,1 року.

Коефіцієнт економічної ефективності визначається як обернений показник до строку окупності:

$$E = \frac{Е_р}{К} \tag{4.11}$$

$$E = \frac{88450}{184200} = 0{,}48$$

Це означає, що щорічний економічний ефект становить близько 48 % від суми капітальних вкладень.

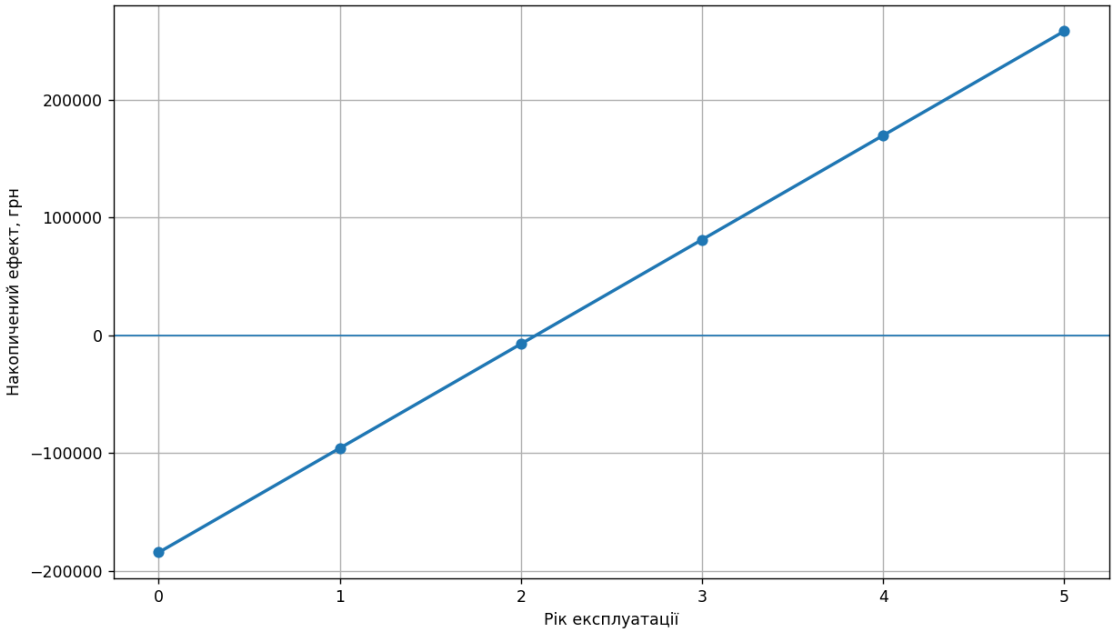


Рисунок 4.4 – Окупність пристрою для здвоєння коліс

На рисунку 4.4 показано накопичений економічний ефект за роками експлуатації. Початкове значення є від’ємним, оскільки на початку впровадження господарство несе капітальні витрати на виготовлення пристрою. Надалі щороку формується економічний ефект, і приблизно на другому році експлуатації витрати повністю компенсуються.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті розглянуто питання поліпшення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора шляхом удосконалення ходової частини. Актуальність теми зумовлена тим, що значна частина сільськогосподарських робіт виконується в польових умовах, де трактор взаємодіє з ґрунтами різної вологості, щільності та несучої здатності. За таких умов недостатнє зчеплення коліс із ґрунтом спричиняє буксування, втрату тягового зусилля, підвищену витрату пального, зменшення продуктивності агрегату та погіршення агрофізичного стану ґрунту .

У першому розділі проаналізовано значення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора та визначено основні фактори, що впливають на їх формування. Встановлено, що ефективність роботи трактора залежить від зчіпної ваги, тиску повітря в шинах, площі контакту рушія з ґрунтом, типу протектора, стану ґрунтової поверхні, буксування, опору коченню та правильності розподілу маси між осями. Доведено, що надмірне буксування є одним із головних чинників зниження продуктивності машинно-тракторного агрегату, оскільки частина потужності двигуна витрачається не на корисну роботу, а на проковзування коліс і деформацію ґрунту.

У технологічній частині розглянуто основні способи підвищення тягово-зчіпних властивостей колісних тракторів. Проаналізовано довантаження ведучих коліс, баластування, регулювання тиску в шинах, застосування напівгусеничних рушіїв, широкопрофільних шин і здвоєних коліс. Встановлено, що кожен із зазначених способів має певні переваги, однак не всі вони повною мірою відповідають вимогам універсальності, простоти конструкції, надійності та економічної доцільності. Найбільш прийнятним напрямом для трактора ХТЗ-150К визначено встановлення здвоєних коліс, оскільки цей спосіб дає змогу збільшити площу контакту з ґрунтом, зменшити питомий тиск, знизити буксування та підвищити прохідність без повної заміни типу ходової частини.

У конструктивно-розрахунковій частині обґрунтовано конструкцію швидкознімного пристрою для здвоєння коліс трактора ХТЗ-150К.

Запропонований пристрій передбачає використання центруючого циліндра, запірних механізмів, стяжок і кріпильних елементів, що забезпечують надійне з’єднання основного та додаткового колеса. За результатами розрахунків прийнято діаметр центруючої проставки 457 мм, діаметр стяжок — 12 мм, а оптимальну відстань між здвоєними колесами — 165 мм. Таке конструктивне рішення забезпечує достатню міцність, надійність фіксації та можливість використання пристрою в умовах господарства.

Розрахунками встановлено, що застосування здвоєних коліс збільшує площу контакту рушіїв із ґрунтом і кількість ґрунтозачепів, які одночасно беруть участь у формуванні тягового зусилля. У результаті рушійна сила трактора може зростати до 40 кН. Також визначено, що встановлення здвоєних коліс на трактор ХТЗ-150К дозволяє підвищити опорно-зчіпну прохідність на 85,7 % порівняно зі стандартною ходовою частиною. Це підтверджує технічну доцільність запропонованого удосконалення.

У розділі охорони праці розглянуто небезпечні та шкідливі виробничі фактори, які виникають під час експлуатації колісного трактора та виконання робіт з удосконалення його ходової частини. Визначено, що основними небезпеками є рухомі частини машин, можливість перекидання трактора, монтаж важких коліс і баластних елементів, небезпека розриву шини під час накачування, підвищений рівень шуму, вібрації, пилу та пожежонебезпечні фактори. Запропоновано заходи безпеки під час монтажу здвоєних коліс, регулювання тиску в шинах, експлуатації трактора в полі та виконання технічного обслуговування.

У техніко-економічній частині виконано оцінку ефективності впровадження пристрою для здвоєння коліс. Встановлено, що капітальні вкладення на виготовлення та встановлення пристрою становлять 184200 грн. Завдяки зниженню буксування, підвищенню продуктивності та зменшенню витрати пального річний економічний ефект становить 88450 грн. Витрата пального зменшується з 18,0 до 16,3 л/га, що за річного обсягу робіт 600 га забезпечує економію 1020 л пального або 61200 грн на рік. Строк окупності

запропонованого пристрою становить приблизно 2,08 року, що свідчить про економічну доцільність його впровадження.

Отже, у дипломному проєкті доведено, що удосконалення ходової частини колісного трактора ХТЗ-150К шляхом встановлення здвоєних коліс є технічно обґрунтованим, економічно ефективним і практично доцільним рішенням. Запропонована конструкція дозволяє підвищити тягово-зчіпні властивості трактора, зменшити буксування, покращити прохідність, знизити витрати пального та зменшити негативний вплив рушіїв на ґрунт. Це забезпечує підвищення ефективності виконання енергоємних сільськогосподарських операцій і може бути рекомендовано для використання в умовах аграрних підприємств.

ЛІТЕРАТУРА

1. Куляшов А. П., Колотилин В. Е. Экологичность движителей транспортно–технологических машин. М.: Машиностроение. 1993. - 288с.

2. “Driving a revolution in the paddock”, ECOS, Jan–Mar, 2004.

3. Охмат, Петро Корнійович. Основи теорії та розрахунку трактора і автомобіля : курс лекцій для студ. за напрямом підготов. 6.100102 "Процеси, машини та обладнання агропром. вир-ва" : навч. посіб. / Охмат П. К., Мельниченко В. І. ; Дніпропетр. держ. аграр. ун-т, Каф. "Трактори і автомобілі". - Д. : ЕНЕМ, 2013. - 339 с.

4. Кашуба Б.П., Коваль И.А. Трактор Т-150 К. Устройство и эксплуатация. - М.: «Колос», 1976.-312 с.

5. Кузнєцов Н.Г. Теорія тягового балансу енергонасичених колісних тракторів під час роботи на важких ґрунтах. Навчальний посібник. – Харків, 2005. – 145 с.

6. Лєбєдєв А.Т. Трактори та автомобілі. Ч. 3. Шасі. – К.: Вища освіта, 2004. – 336 с.

7. Погорілець О.М. Гідропривід сільськогосподарської техніки.: Навчальне видання / О.М. Погорілець, М.С. Волянський, В.Д. Войтюк, С.І. Пастушенко; За ред. О.М. Погорільця.- К.: Вища освіта, 2004. – 368 с.: іл.

8. Richting ballastert - mindestens 20% mehr Zugkrafts. // Profi. - 1991. №12. с.84-88.

9. Шкарівський Г.В. Основи теорії мобільних машин: Навчальний посібник. К.: ФОП Ямчинський О.М., 2019. 723 с.

10. Охмат П.К., Бойко В.Б., Соболь А.С. Підвищення тягово-зчіпних властивостей тракторів марки John Deere шляхом використання здвоєних шин. Wykształcenie i nauka bez granic – 2019. Przemyśl Nauka i studia 2019. с 52-55

11. 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.

12. Russini, A., Schlosser, J. F. & Farias, M. S. (2018). Estimation of the traction power of agricultural tractors from dynamometric tests. Cienc. Rural, 48 (4), 16. doi: 10.1590/0103-8478cr20170532.

13. Stoessel, F., Sonderegger, T., Bayer, P., &Hellweg, S. (2018). Assessing the environmental impacts of soil compaction in Life Cycle Assessment. Science o f The Total EnvironmentL, 630, 913-921. doi: 10.1016/j .scitotenv.2018.02.222.

14. Охмат П.К., Улексін В.О., Мельниченко В.І. Трактори і автомобілі. Практикум: Навчальний посібник. – Дніпропетровськ:: «ЕНЕМ», 2011. – 156 с.

15. Дирда В.І., Овчаренко Ю.М., Рижков І.Є. Деталі машин: Підручник. – Дніпропетровськ: Авантаж, 2006. – 448 с.

16. Йофінов С.А., Лишко Г.П. Експлуатація машинно-тракторного парку. - К: «Колос», 1984-351 с.

17. А.П. Солтус, С.М. Черненко. Особливості роботи еластичного колеса як складного механізму. Технічні науки. Вісник ЖДТУ. – 2018. № 2 (82) с. 152-159

18. Ткачук К. Н. Основи охорони праці: підручник. / К. Н. Ткачук, М. О. Халімовський, В. В. Зацарний та ін. – К.: Основа, 2006. – 448 с.

19. «Закон України «Про охорону праці». Закон введено в дію з дня опублікування – 24.11.1992 року N 2695-XII)»