

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЛЬВІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ФАКУЛЬТЕТ МЕХАНІКИ, ЕНЕРГЕТИКИ ТА ІНФОРМАЦІЙНИХ
ТЕХНОЛОГІЙ
КАФЕДРА АВТОМОБІЛІВ І ТРАКТОРІВ

ДИПЛОМНА РОБОТА
Освітнього ступеня «Магістр»

на тему: **«Підвищення ефективності використання колісного трактора
тягового класу 3,0 на польових роботах з різними типами шин»**

Виконав: студент 6 курсу групи Аін-61
Спеціальності 208 „Агроінженерія”
(шифр і назва)

Боднарчук Андрій Євгенович
(Прізвище та ініціали)

Керівник _____
(Прізвище та ініціали)

Рецензент: _____
(Прізвище та ініціали)

(Прізвище та ініціали)

Дубляни 2021

УДК 624.138

Боднарчук А.Є. “Підвищення ефективності використання колісного трактора тягового класу 3,0 на польових роботах з різними типами шин” : Магістерська робота. Дубляни: Львівський НАУ, 2021. 84 с.

Табл. 17; рис. 22; бібліогр. джерел 32.

Проведений аналіз технічного оснащення сільськогосподарського виробництва, який показав, що виробнича необхідність зумовлює застосування високопродуктивної і універсальної техніки, створюючи передумови для використання колісних тракторів. Проте високий питомий тиск на ґрунт і гірші тягово-зчіпні властивості не дозволяють ефективно їх використовувати на весняних польових роботах.

Проведені теоретичні дослідження присвячені оцінці впливу рушіїв тракторів загального призначення на ґрунт, аналізу тягово-зчіпних властивостей і техніко-економічних показників використання трактора ХТЗ-150К-09 на подвоєних колесах. Доведено, що використання подвоєних коліс 21,3R24 на тракторі ХТЗ-150К-09 дозволяє реалізувати його потенційні можливості і підвищити продуктивність під час сівби зернових культур на 12%.

Проведені експериментальні дослідження з визначення тягово-зчіпних властивостей та ущільнюючого впливу на ґрунт трактора ХТЗ-150К-09 довели його ефективність. Здійснений порівняльний аналіз результатів теоретичних і експериментальних досліджень.

Розроблено комплекс заходів щодо попередження виникнення травм під час використання тракторів на польових роботах. Проведена техніко-економічна оцінка використання трактора ХТЗ-150К-09 на подвоєних колесах.

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ	8
1.1 Стан і проблеми технічного оснащення господарств.....	8
1.2 Проблема впливу рушіїв машинно-тракторних агрегатів на ґрунт	10
1.3 Методи визначення параметрів машинно-тракторних агрегатів	16
1.4 Висновки, мета і завдання дослідження	19
2 ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРА ТИПУ ХТЗ-150К-09 НА ЗДВОСНИХ КОЛЕСАХ	21
2.1 Основні технологічні вимоги до парку тракторів загального призначення	21
2.2 Технологічна відповідність машинних агрегатів.....	24
2.3 Тягово-зчіпні показники трактора ХТЗ-150К-09 на одинарних і здвоєних колесах і їх вплив на продуктивність МТА	28
2.4 Висновки до розділу.....	43
3 ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	45
3.1 Об'єкт дослідження	45
3.2 Визначення тягово-зчіпних показників трактора ХТЗ-150К-09	45
3.2.1 Умови проведення випробувань	45
3.2.2 Вимоги до досліджуваного трактора.....	47
3.2.3 Методика визначення тягово-зчіпних характеристик машинно-тракторного агрегату.....	47
3.3 Методика визначення впливу рушіїв тракторів на ґрунт	50
3.3.1 Визначення вологості ґрунту	51
3.3.2 Визначення щільності ґрунту.....	52
3.3.3 Визначення твердості ґрунту	53
4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ	55

4.1 Тягово-зчіпні показники трактора ХТЗ-150К-09 з одинарними і здвосними рушіями	55
4.1.1 Визначення показників роботи двигуна	55
4.1.2 Тягові показники трактора	57
4.2 Оцінка впливу рушіїв тракторів на ґрунт	65
4.3 Висновки до розділу.....	69
5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ	70
5.1 Вимоги безпеки до технічного стану тракторів.....	70
5.2 Структурно-функціональний аналіз технологічної операції.....	74
5.3 Екологічна безпека.....	76
5.4 Висновки до розділу.....	76
6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРА ХТЗ-150К-09	77
6.1 Визначення показників економічної ефективності	77
6.2 Висновки до розділу.....	80
ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ	81
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	82

ВСТУП

Виробництво зерна в більшості господарств України є визначальним чинником їх конкурентоспроможності. Обмежені фінансові можливості сільськогосподарських підприємств диктують певні умови у виборі найбільш ефективних технічних засобів. А це, перш за все, колісні трактори середніх параметрів. Сформована тенденція ширшого застосування колісних тракторів загального призначення обумовлена їх універсальністю, оскільки, крім польових, вони можуть виконувати транспортні роботи і переміщатися по дорогах з асфальтованим покриттям.

З іншого боку, високий питомий тиск на ґрунт і гірші тягово-зчіпні властивості не дозволяють ефективно їх використовувати на весняних польових роботах (закриття вологи, посів). Це обмежує їх застосування, та обумовлює необхідність комплектування значної частини парку тракторів загального призначення гусеничними машинами.

Наукові дослідження і виробничий досвід показують, що вихід може бути у встановленні здвоєних коліс або шин низького тиску. Це дозволяє також поліпшити тягово-зчіпні і експлуатаційні показники використання колісних тракторів. Враховуючи, що на серійному русії такий трактор не може реалізувати можливості двигуна, то покращення тягово-зчіпних властивостей дозволяє збільшити продуктивність, зменшити витрату палива на одиницю виконаної роботи та ущільнюючий вплив на ґрунт. Вивчення цих питань є актуальним завданням і становить практичний інтерес для вдосконалення технічного оснащення сільськогосподарських підприємств.

Проте зміна експлуатаційних і технологічних показників колісних тракторів з удосконаленим русієм вивчена недостатньо, як і їх вплив на потенційні можливості, зокрема на обсяг посівних робіт трактором ХТЗ-150К-09.

Мета роботи. Підвищення технічних і агротехнологічних показників використання колісних тракторів класу 3 завдяки покращенню опорних і тягово-зчіпних властивостей.

Завдання дослідження:

1. Встановити ущільнюючий вплив рушіїв мобільних енергетичних засобів на ґрунт.
2. Теоретично обґрунтувати вплив параметрів колісного рушія трактора типу ХТЗ-150К-09 на зміну тягових властивостей і ущільнюючу дію на ґрунт.
3. Розробити методику визначення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора тягового класу 3,0.
4. Оцінити вплив параметрів рушія колісного трактора тягового класу 3 на його тягово-зчіпні властивості та ущільнювальний вплив на ґрунт.
5. Визначити економічну ефективність використання колісного трактора тягового класу зі здвоєними колесами.

Об'єкт дослідження. Технологічний процес роботи МТА на базі колісного трактора ХТЗ-150К-09 з різними варіантами рушія.

Предмет дослідження. Взаємозв'язок параметрів колісного рушія з експлуатаційними і агротехнологічними показниками використання тракторів.

1. СТАН ПИТАННЯ І ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ

1.1 Стан і проблеми технічного оснащення господарств

Використання потужних колісних тракторів дозволяє господарствам вирішити цілий ряд проблем: забезпечити своєчасність основної обробки ґрунту, здійснити великий обсяг транспортних робіт під час заготівлі сіна, силосу, сінажу, вивезенні органічних добрив на поля і т.п. [19].

Сучасний стан тракторного парку характеризується його інтенсивним старінням і скороченням, що на перший план висуває завдання технічного переоснащення виробництва і ефективного використання наявного технічного потенціалу.

Обсяги виробництва сільськогосподарських тракторів в Україні до 2009 року знизилися на 49,1% відносно 2008 року. У 2008 році було вироблено найбільшу кількість даного виду техніки за останні декілька років. Виробництво тракторів за 2020 рік у порівнянні з 2009 роком в середньому знизилося на 89,3% [17].

Аграрне виробництво України відчуває дефіцит колісних тракторів класу 3 потужністю 150-200 к.с. Недолік машин такого класу стримує використання сучасних ґрунтообробних технологій і прийомів вирощування багатьох сільськогосподарських культур, і змушує сільськогосподарських товаровиробників застосовувати фізично і морально застарілу техніку, а також використовувати дорогі у використанні закордонні машини.

Сьогодні сільськогосподарське виробництво України в цілому працює на зношених тракторах і зернозбиральних комбайнах. Знос мобільних машин становить 80% і щороку наростає. Це призводить до скорочення тягової потужності, а значить, і до зниження робочих швидкостей, перевитрати палива і оливи, і збільшення витрат на технічний сервіс [23].

Основними факторами під час використання МТП є своєчасність і якість виконання робіт. Продукція рослинництва є результатом значної кількості виробничих процесів, спрямованих на дотримання вимог технології, тобто на створення оптимальних умов для протікання біологічних процесів і в першу чергу – на виконання вимоги своєчасності виконання робіт.

Для реалізації цієї мети використовують важкі високопродуктивні агрегати. Збільшення продуктивності пов'язано з простим збільшенням маси машини. Багатьма вченими доведено, що важка техніка чинить ущільнюючий вплив на ґрунт, тим самим, порушуючи умови протікання біологічних процесів. Виникає протиріччя, з одного боку виконуються роботи вчасно, знижуються втрати врожаю від несвоєчасного виконання операцій, з іншого боку – збільшуються втрати від переущільнення ґрунту. Тому необхідно під час використання МТП враховувати даний чинник.

До техніки товаровиробниками ставляться ряд вимог: зростання продуктивності праці і зменшення часу на обслуговування; відмінна прохідність, маневреність, можливість використання на різних роботах і на транспорті; екологічна сумісність, ергономічність; сумісність з широким набором машин і знарядь; висока надійність і безпека роботи тракториста; адаптивність до механізації та автоматизації обслуговування і догляду; зниження витрат і зменшення номенклатури ПММ; пристосованість до зональних умов.

Виходячи з даних вимог, необхідно зробити вибір із запропонованих моделей машин і тракторів. Вибір повинен здійснюватися за критерієм витрат, в які входить вартість втрат врожаю від несвоєчасності виконання польових робіт, від технологічної відповідності агрегатів, і перш за все, від переущільнення ґрунту. Проблема ущільнення ґрунту є багатоплановою, від якої залежить ефективність виробництва, і повинна вирішуватися не тільки в конструктивному напрямку, але і під час експлуатації техніки.

1.2 Проблема впливу рушіїв машинно-тракторних агрегатів на ґрунт

Проблема впливу рушіїв МТА на ґрунт і ефективні напрямки її вирішення висвітлені в роботах Ревута І.Б., Кушнар'ова А.С., Антишева Н.М., Пупо-ніна А.І., Медведєва В.В., Ксєневича І.П., Водяника І.І., Скотникова В. А., Виноградова В. І., Саклакова В.Д. та інших учених [3, 5, 6, 7, 15, 19, 24, 26, 28].

Існуючі в рослинництві технології з вирощування польових культур передбачають багаторазові проходи техніки по полю: комбайнів, тракторів, сільськогосподарських машин і автомобілів, що служить причиною підвищеного механічного впливу ходових систем на ґрунт. Сумарна площа слідів рушіїв під час вирощування с.-г культур перевищує площу поля приблизно в два рази, від 6 до 20 разів піддається ущільненню 10...12% площі поля, від 1 до 6 разів – 65...80% , і тільки лише 10-15% площі не зазнає впливу [21].

Доведено, що збільшення щільності ґрунту з 1,0-1,2 г/см³ до 1,5-1,6 г/см³ супроводжується зниженням врожаю зернових до 20%, картоплі до 27%, зниженням ефективності добрив до 40% і збільшенням до 18% сумарних витрат палива [26, 28].

Дані факти підтверджують необхідність глибокого вивчення біологічних, фізичних і хімічних процесів, що протікають в ґрунті під дією ходових систем. Специфіка взаємодії рушіїв тракторів і машин з ґрунтом полягає в тому, що опорна поверхня є «складним біологічним середовищем, що володіє безцінною властивістю – родючістю, тобто здатністю давати врожай» [26]. Найважливішими характеристиками фізичних властивостей ґрунту є: мікро - та макроструктурний склад, гранулометричний склад, тобто механічна міцність, об'ємна маса (щільність) і вологість.

Щільність ґрунту (об'ємна маса) – найважливіший фактор його родючості, один з головних показників якості механічних обробок, що безпосередньо впливає на ріст і розвиток рослин і визначає умови поглинання і збереження

вологи, мобілізації поживних речовин і їх використання рослинами [15]. В результаті глибокого обробітку ґрунту під впливом опадів і пересування тракторів і машин по полю, середня щільність збільшується і, досягнувши певного значення, залишається майже незмінною. Цей стан зберігається завдяки рівновазі сил, що викликають ущільнення. Зростання об'єму ґрунту відбувається в результаті набухання під час його зволоження, розвитку коренів рослин, замерзання води в ґрунті, застосування органічних добрив, розпушування ґрунту та інших операцій. Ця стійка середня щільність ґрунту є рівноважною. Тобто, ґрунт з різними вихідними значеннями щільності в результаті процесів усадки і набрякання, зволоження і висихання, прагне набути деякого рівноважного стану [15].

Причому, переущільнений ґрунт розпушується, а пухкий – ущільнюється. Таким чином, для кожного типу ґрунтів існує ступінь ущільнення, з перевищенням якої здатність ґрунтів до релаксації знижується або зовсім втрачається. Це пояснюється тим, що під час ущільнення ґрунтів вище певної щільності відбувається руйнування і зміна структурних зв'язків. Дослідники з різних наукових центрів встановили раціональні значення щільності ґрунту – 1-1,45 г/см³ [7], які змінюються у відповідності з типом ґрунту і культури (таблиця 1.1) [24].

Таблиця 1.1 – Оптимальна щільність (г/см³) чорнозему для різних сільськогосподарських культур

Культура	Шар ґрунту, см			
	10-20		20-30	
	міні-мальна	макси-мальна	міні-мальна	макси-мальна
Озиме жито	1,12	1,21	1,20	1,23
Озима пшениця	1,13	1,24	1,20	1,24
Яра пшениця тверда	1,11	1,22	1,19	1,25
Ячмінь	1,10	1,23	1,22	1,27
Кукурудза	1,12	1,15	1,15	1,20

Розроблена математична модель [24], що об'єднує щільність ґрунту і врожайність сільськогосподарських культур:

$$Q = 1 - (a_1(\rho_{opt} - \rho)^2 + a_2(\rho_{opt} - \rho)), \quad (1.1)$$

де Q – урожай в частках від максимального врожаю при ρ_{opt} ;

ρ_{opt} – оптимальна щільність, г/см³;

ρ – поточне значення щільності ґрунту, г/см³;

a_1, a_2 – емпіричні коефіцієнти, що характеризують чутливість сільськогосподарської культури на зміну щільності ґрунту.

Поєднавши обидва чинники – вплив щільності на урожай і збільшення мінливості об'ємної маси ґрунту в результаті впливу на неї ходових частин сільськогосподарської техніки і робочих органів сільгоспмашин, – прийшли до висновку: навіть якщо середнє значення об'ємної маси є оптимальним, то втрати врожаю неминучі:

$$\Delta Q = a_1 \sigma^2, \quad (1.2)$$

де ΔQ – сумарні втрати врожаю в частках від врожаю за оптимальної об'ємної маси;

σ – середньоквадратичне відхилення розподілу об'ємної маси.

При $\sigma = 0,04$ г/см³ втрати врожаю становлять 2,2%, при $\sigma = 0,12$ г/см³ – 20,2%, а при $\sigma = 0,17$ г/см³ – втрати більші 40%.

Встановлено [28], що переущільнення ґрунтів призводить до зміни умов розвитку кореневої системи як в оброблюваному шарі, так і значно нижче його (на глибині до 70 см), що істотно впливає на зниження врожаю сільськогосподарських культур. Вплив рушіїв трактора під час міжрядного обробітку кукурудзи, цукрових буряків викликає погіршення структури ґрунту, призводить до утворення брил і підвищення щільності ґрунту на 0,09-0,23 г/см³, що перевищує раціональну щільність – 1,25 г/см³.

Від механічного складу ґрунту залежить і інтенсивність деформації ґрунту рушіями тракторів. Сильніше деформуються суглинні ґрунту порівняно з

грунтами легкого механічного складу. Природне ущільнення ґрунту, викликане силами гравітації, опадами та іншими природними факторами, суттєво відрізняється від процесу деформації ґрунтів під рушіями техніки. Під час переміщення тракторів по полю, ущільнююча деформація проникає не тільки у вертикальному (35-40 см і більше), а й у горизонтальному (35-70 см) напрямках, що пов'язано з величиною напруження під рушіями тракторів.

Значення ущільнення ґрунту істотно залежать від швидкості руху техніки і площі плями контакту рушія з ґрунтом. Зі збільшенням швидкості руху сільськогосподарських машин і тракторів по полю, деформація ґрунту знижується. Під час першого проходу трактора відбувається найбільше ущільнення ґрунту. Підвищеної деформації під впливом ходової частини тракторів зазнає орний шар ґрунту, особливо верхній горизонт в шарі 5-15 см. Перевищення щільності ґрунту веде за собою зменшення загальної пористості, що суттєво погіршує водно-повітряний режим. Науковими дослідженнями з впливу рушіїв тракторів і сільськогосподарських машин на урожай, проведеними в різних ґрунтово-кліматичних зонах [26], встановлений негативний вплив рушіїв на щільність ґрунтів, зниження родючості і врожайності.

Таким чином, рівень зниження врожаю залежить від типу ґрунтів, а також від агротехнічних прийомів обробітку культури, природних факторів, від впливу рушіїв тракторів. Ущільнення відбивається на зміні твердості ґрунту.

Істотну загрозу представляє кумулятивний ефект переущільнення ґрунту від постійного впливу ходових систем агрегатів. Найбільш інтенсивно процес ущільнення орного та підорного горизонту відбувається у весняний період, коли ґрунт знаходиться в стані підвищеного зволоження і легко піддається деформації. Погіршення властивостей ґрунту призводить до зниження урожайності різних сільськогосподарських культур не тільки в рік ущільнення, а й в наступні другий і третій роки. Надмірне ущільнення орного шару викликає посилення процесів водної та вітрової ерозії, різко знижується ефективність засобів хімізації.

Дослідженнями [27] впливу ущільнення ґрунту на урожай встановлено, що максимальний недобір врожаю ячменю має місце по сліду трактора К-700 (9,5 ц/га). По сліду трактора Т-150К недобір ячменю склав 6,7 ц/га, озимої пшениці – 7,5 ц/га і зеленої маси гороховівсяної суміші – 40,1 ц/га. Крім того, відзначено, що ходові системи тракторів і сільськогосподарських машин істотно впливають на зміну врожайності по ширині захвату посівного агрегату.

Збільшення щільності ґрунту від ущільнення рушіями погіршує якість передпосівного обробітку і посіву. Зростає гребенистість ріллі, знижується рівномірність закладання насіння, зменшується польова схожість сільськогосподарських культур. Питомий опір обробітку ґрунту плугом по слідах гусеничних і колісних тракторів підвищується на 11,9...44%, збільшується також витрата палива на гектар, а продуктивність зменшується на 8...12% [5].

За негативним впливом ходових систем на щільність ґрунту трактори умовно можна розташувати в наступний ряд (рисунок 1.1).

Для зниження тиску на ґрунт існує ряд конструктивних і технологічних прийомів: обґрунтування раціональної опорної поверхні рушіїв гусеничних тракторів, здвоювання і потроювання коліс, застосування аркових шин і шин низького тиску, заміна колісного рушія на гусеничний з трикутним обводом, застосування гумово-армованих гусениць, застосування перспективних технологій (прямий посів, технологічна колія та ін.) [5, 19, 21 і ін.].

До ефективних засобів зниження тиску на родючий шар, що чинять потужні трактори, відноситься встановлення на них здвоєних коліс.

Величина середнього тиску ходових систем тракторів на ґрунт показує, що обладнання здвоєними колесами значно знижує рівень впливу рушіїв на ґрунт і наближує його до рівня, що відповідає агротехнічним вимогам.

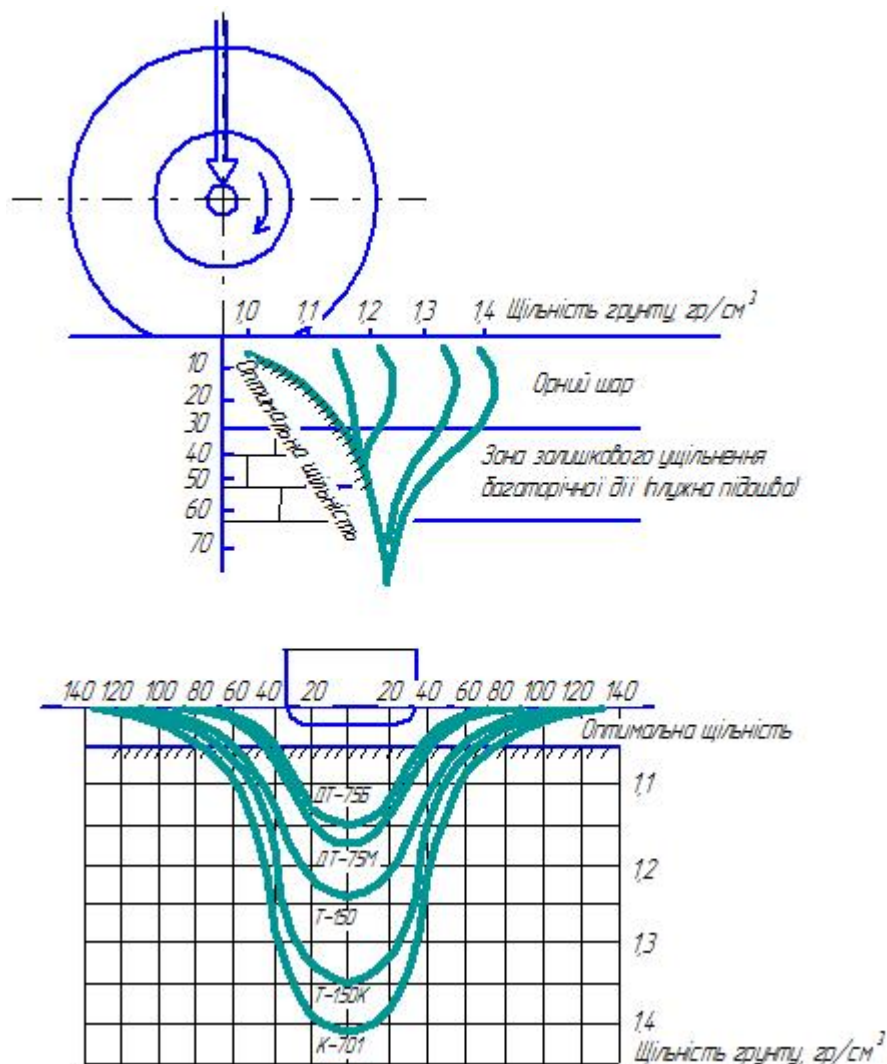


Рисунок 1.1 – Вплив рушіїв тракторів на ґрунт

Зі збільшенням маси трактора повинна збільшуватися і площа контакту колеса (гусениці) з поверхнею поля з тих міркувань, щоб зменшити тиск на ґрунт або зберегти його на допустимому рівні. У колісних машин за рахунок встановлення додаткових коліс, у гусеничних – збільшенням ширини і кількості ланок гусениці. Дана тенденція спостерігається не лише у тракторів сільськогосподарського призначення, а й промислового.

На підставі вищевикладеного можна зробити висновок про важливість проблеми переущільнення ґрунту рушіями тракторів та іншої мобільної техніки і доцільність вдосконалення ходових систем машинно-тракторних агрегатів, методів їх використання, з метою зменшення шкідливого впливу на ґрунт.

1.3 Методи визначення параметрів машинно-тракторних агрегатів

Базові концепції визначення оптимальних параметрів МТА і високоефективного використання технічних засобів закладені в наукових дослідженнях Болтинського В. Н., Веденяпіна В. Д., Горячкіна В. П., Завалішина Ф. С., Іофінова С. А., Кацігіна В. В., Кіртбая Ю. К., Саяпина В. І., Сергєєва М. П., Харитончик Е. М. та ін.

Академік Горячкін В. П. [8] в своїх працях, пов'язаних з «Теорією мас і швидкостей сільськогосподарських машин і знарядь» намітив початкові позиції для вирішення поставленого завдання – визначення оптимальних параметрів машинно-тракторних агрегатів.

Горячкін В. П. зазначив, що із підвищенням робочих швидкостей слід очікувати приросту продуктивності, підвищення якості робіт, «легкості конструкції внаслідок більш значного насичення матерії енергією, рівномірності руху, оскільки змінити швидкий рух завжди важче, ніж повільний». Проте збільшення швидкості завжди супроводжується підвищеним опором. Тому «двигун повинен бути більш потужним приблизно і навіть трохи більше, ніж збільшення швидкості» [8].

У 1956 році під керівництвом Болтінського В. Н. почалося комплексне дослідження питань збільшення робочих швидкостей машинно-тракторних агрегатів. Болтінський В. Н. під час оптимізації швидкості і ширини захвату визначив:

- оптимальною швидкістю руху даного трактора вважати швидкість, за якої тяговий ККД трактора досягає максимального значення;

- під час виконання трактором, будь-якої операції оптимальною шириною захвату машини знаряддя назвемо таку ширину, за якої її опір дорівнює класу тяги трактора, а продуктивність МТА в даних умовах буде максимально можливою.

Як теоретичне так і експериментальне дослідження тягових і економічних показників тракторів дозволило визначити вплив підвищеної швидкості на загальний баланс потужності трактора і його елементів, кількісний і якісний взаємозв'язок тягового зусилля $P_{зк}$, тягового ККД $\eta_{тяз}$, експлуатаційної маси трактора G_m , питомої витрати палива $g_{зк}$, потужності двигуна N_e у функції швидкості V :

$$P_{зк}, \eta_m, G_m, g_{зк}, N_e = f(V). \quad (1.3)$$

Як показали дослідження, для тракторів в розширеному діапазоні швидкостей об'єктивним є наступне відношення:

$$\frac{G_m}{N_e} V = const, \quad (1.4)$$

де V_ϕ – фактична швидкість за максимального ККД, м/с.

Виконані дослідження стали базою для створення цілої гама енергонасичених тракторів, таких як К-701, МТЗ-80, ДТ-175С, Т-150К, Т-150. Разом з тим, тестування і експлуатація вищезазначених тракторів виявили: інтервал робочих швидкостей 9-15 км/год, достатньо оптимально реалізований в конструкціях тракторів, з точки зору забезпечення їх тягово-зчіпних якостей, не є оптимальним для більшості машинно-тракторних агрегатів. Схожої думки дотримуються і інші дослідники [16, 20].

Аргументації найраціональніших параметрів і швидкісних режимів мобільних сільськогосподарських агрегатів приділено увагу в багатьох дослідженнях. Сергєєв М. П. створив графічний спосіб розрахунку основних параметрів і характеристик роботи машинно-тракторних агрегатів в залежності від умов роботи на різнопланових польових операціях і типах ґрунтів. Цей спосіб дозволяє для певного трактора вибрати склад агрегату і режим його роботи і представляє цілком практичний інтерес.

Гуськов В. В. [14] зазначає, що найбільш результативним є застосування змішаних графоаналітичних способів вивчення раціональних параметрів тра-

кторів і машин, що базуються на результатах досліджень процесів взаємодії робочих органів машин з ґрунтом.

Цей метод заснований на експериментальних даних, за якими можна побудувати сукупність кореляційних залежностей між змінами параметрів машин і якісних або енергетичних характеристик їх роботи, спільне вивчення яких дозволить вибрати раціональний діапазон зміни параметрів машини і її робочої швидкості.

Застосування графоаналітичних і графічних методів для аргументації параметрів прогнозованих перспективних агрегатів пов'язане з певними труднощами зважаючи на великий обсяг графічних робіт; крім того, графічне представлення зв'язку між параметрами агрегату, факторами і умовами експлуатації не завжди є можливим.

Вибір кращої техніки може здійснюватися на основі еталонно-бальної оцінки машинно-тракторних агрегатів. Основний зміст даного способу полягає в тому, що попередньо визначається бальне значення кожного показника у вигляді коефіцієнтів відносного порівняння. Перевагою цього способу є можливість врахування різнорідних якостей застосовуваних і перспективних машинно-тракторних агрегатів за допомогою єдиного комплексного показника.

Недоліком даного методу є те, що під час обґрунтування параметрів тракторів, що працюють з різними сільськогосподарськими машинами, застосування цього показника ускладнене зважаючи на великий обсяг розрахунків, а також складно прогнозувати зміну показників в залежності від параметрів, що оптимізуються і умов експлуатації.

Процес функціонування машинно-тракторного агрегату має деякі особливості: багато показників умов експлуатації вкрай мінливі і за своєю фізичною суттю, їх можна віднести до категорії випадкових, а сам процес роботи машинно-тракторних агрегатів – до складних випадкових процесів. Дослідники [1, 16] наголошують на необхідності врахування ймовірнісно-статистичного зв'язку, що існує між показниками роботи МТА.

Особливо значущим напрямком прогнозування типажу тракторів є вдосконалення складу машинно-тракторного парку, в процесі якого встановлюються згідно кожної сільськогосподарської роботи або комплексу робіт потрібні рівні тягового зусилля і одиночної потужності, оптимальні склади агрегатів і прогнозні величини продуктивності в різноманітних природно-виробничих умовах.

1.4 Висновки, мета і завдання дослідження

На поточній стадії розвитку механізації сільськогосподарського виробництва одним із значних резервів підвищення ефективності служить збільшення продуктивності за рахунок своєчасного виконання робіт на основі високопродуктивної техніки і зниження негативного впливу рушіїв на ґрунт.

На основі аналізу сучасного стану машинно-тракторного парку та методів його використання в рослинництві виявлено необхідність розробки науково-обґрунтованих рекомендацій з використання сформованого в господарствах парку тракторів загального призначення з урахуванням ущільнюючого впливу на ґрунт.

Існуючі методи оцінки колісних тракторів з допустимою дією на ґрунт вимагають подальшого вдосконалення, оскільки не відображають повною мірою реальні показники.

Проблемна ситуація полягає в тому, що за обмеженого технічного оснащення ефективно застосування високопродуктивних колісних тракторів, а з іншого боку підвищення ущільнення ґрунту колісними рушіями не дозволяє ефективно їх використовувати в період весняних польових робіт.

Зазначені суперечності вимагають додаткових досліджень і отримання нових знань про взаємозв'язок параметрів тракторів і рівня ефективності їх використання.

З урахуванням вищевикладеного можна висунути таку гіпотезу: узгодження маси трактора з енергетичними і тягово-зчіпними параметрами на прикладі колісного трактора класу 3 дозволяє поліпшити технологічні і техніко-економічні показники використання і є одним із напрямів удосконалення номенклатури машинно-тракторного парку.

Завдання дослідження:

1. Встановити ущільнюючий вплив рушіїв мобільних енергетичних засобів на ґрунт.
2. Теоретично обґрунтувати вплив параметрів колісного рушія трактора типу ХТЗ-150К-09 на зміну тягових властивостей і ущільнюючу дію на ґрунт.
3. Розробити методику визначення тягово-зчіпних властивостей колісного трактора тягового класу 3,0.
4. Оцінити вплив параметрів рушія колісного трактора тягового класу 3 на його тягово-зчіпні властивості та ущільнювальний вплив на ґрунт.
5. Визначити економічну ефективність використання колісного трактора тягового класу зі здвоєними колесами.

2. ОБҐРУНТУВАННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРА ТИПУ ХТЗ-150К-09 НА ЗДВОЄНИХ КОЛЕСАХ

2.1. Основні технологічні вимоги до парку тракторів загального призначення

Національною програмою розвитку АПК передбачається розвиток всіх форм господарювання на основі реалізації нової технічної бази. Необхідність технічного переоснащення виробництва та зростаючі економічні можливості держави створюють передумови для розробки і впровадження в сільськогосподарське виробництво сучасних високоефективних засобів.

На теперішній час у Львівській області близько 30% площі зернових культур вирощують в фермерських господарствах та близько 70% площ припадає на великі виробничі формування. Це накладає відповідні вимоги, як до вибору технологій, так і до параметрів тракторів. Більшість фермерських господарств працюють за спрощеними технологіями на основі чотирьохпольних сівозмін: пар, тверда пшениця, м'яка пшениця, ячмінь з мінімальним застосуванням добрив і гербіцидів, з використанням елементів технології мінімального обробітку ґрунту [21]. Основний обробіток ґрунту проводиться на паровому полі, а у весняний період здійснюється прямий посів з одночасною культивацією стерньовими сівалками, що дозволяє обійтися мінімальною кількістю знарядь і тракторів. За такої структури сівозмін посів починається з твердої пшеницею і закінчується ячменем.

Дозрівання ж відбувається в зворотному порядку. Це дозволяє посіяти одним трактором і зібрати на тій же площі зернозбиральним комбайном. Для господарств цього типу кращий трактор типу ХТЗ-150К-09. Важливими його перевагами є те, що крім польових робіт він може виконувати і транспортні роботи. Основним його недоліком є підвищений питомий тиск на ґрунт і приблизно на чверть більша витрата палива на одиницю виконаної роботи в порі-

внянні з гусеничним трактором. До того ж, на слабкому ґрунті він не може реалізувати можливості двигуна. Ці недоліки значною мірою усуваються встановленням здвоєних коліс.

У великих виробничих формуваннях найпоширенішими є технології виробництва зерна напівінтенсивного типу з внесенням стартової дози мінеральних добрив і використання гербіцидів, а також з елементами енергозберігаючих технологій і основним обробітком ґрунту на паровому полі. З урахуванням кормових сівозмін в цих господарствах посів зернових від 30 до 40% площі проводиться по зораному полю дисковими сівалками, а на решті площі проводиться сівалками прямого посіву по стерні. Великі розміри господарств і полів сівозмін, і висока енергоємність процесу посіву по стерні обумовлюють доцільність застосування широкозахватних посівних комплексів з тракторами типу К-700, які виконують і основний обсяг орних робіт. Для виконання ж комплексу робіт з посіву на зораному полі кращі трактори середнього класу тяги. Трактори типу К-700 на транспортних роботах практично не використовуються через мале завантаження, що зумовлює необхідність придбання для цієї мети значної частки тракторів типу ХТЗ-150К. З встановленням ж здвоєних коліс вони цілком можуть впоратися з комплексом посівних робіт на зораному полі. Таким чином, трактори типу ХТЗ-150К-09 з використанням їх у весняний період на здвоєних колесах можуть стати важливим елементом у формуванні парку тракторів, як фермерських господарств, так і великих підприємств.

Численні дослідження і виробничий досвід показують, що технічні засоби на сучасному етапі розвитку сільськогосподарського виробництва, як засоби підвищення продуктивності праці підходять до певної межі. Більш високий рівень ефективності можна отримати за рахунок більшої відповідності машин вимогам технологічного процесу. Другим важливим напрямом вдосконалення засобів механізації є універсалізація машинних комплексів. Стосовно до трактора ХТЗ-150К перевага універсальності входить в протиріччя з

екологічними і агротехнічними вимогами, вирішити які дозволяє реалізація досконалішого ходового апарату у вигляді здвоєних коліс встановлених на період весняних польових робіт і за необхідності під час обробітку парового поля.

Тенденція переважного застосування тракторів середнього класу тяги спостерігається і в країнах з розвиненим сільськогосподарським виробництвом, таких як США і Канада, де в 80-і роки минулого століття за 10 років реалізація тракторів понад 150 кВт скоротилися в 10 разів.

Таким чином, під час оцінки ефективності виконання механізованих процесів агрегатів з трактором типу ХТЗ-150К-09 на здвоєних колесах порівняно з іншими типами агрегатів аналогічного призначення необхідно розглядати з позицій фермерського господарства та великого сільськогосподарського підприємства. У першому варіанті буде отримано ефект від приросту продуктивності агрегату за рахунок більш повної реалізації потужності трактора і відповідного зниження витрати палива на одиницю роботи, а також приросту продуктивності поля через менший ущільнюючий вплив на ґрунт рушія трактора. Приріст продуктивності, наприклад, посівного агрегату призведе до скорочення термінів робіт і більш високої продуктивності оброблюваних площ. У перспективному ж плані, приріст продуктивності розширює можливості виробництва та сприяє збільшенню розміру ферм і зростанню загальному обсягу продукції при тому ж ресурсному потенціалі.

Для великих виробничих формувань важливий ефект не тільки від зниження ущільнюючого впливу на ґрунт, підвищення продуктивності і паливної економічності, а й від упорядкування складу парку тракторів, оскільки встановлення здвоєних коліс дозволяє успішно використовувати ХТЗ-150К-09 на всьому комплексі весняних польових робіт. Враховуючи, що ці трактори є основним і найбільш ефективними транспортними засобами і в певній кількості необхідні господарствам, то використання їх у весняному циклі робіт дозволить істотно зменшити потребу в гусеничних тракторах середнього класу тяги.

2.2 Технологічна відповідність машинних агрегатів

Науково-технічний прогрес в сільськогосподарському машинобудуванні (в прагненні отримати більш високий рівень продуктивності праці) супроводжується збільшенням маси машин. В результаті істотно зростає ущільнюючий вплив рушіїв машин на ґрунт. Це призводить до руйнування його структури і нарощування ерозійної деградації ґрунту. Негативним явищем при цьому стає виникнення, так званої плужної підшви, яка обмежує процес накопичення вологи, повітряний і водний режими живлення рослин [2]. Негативний вплив на мікрофлору підтверджує зникнення дощових черв'яків в орному горизонті, які сприяють утворенню каналів в ґрунті, необхідних для поліпшення структури ґрунту і забезпечення режиму живлення рослин. Це призводить до зростання питомого опору під час роботи ґрунтообробних знарядь. Встановлено, що за останні 30 років енергоємність обробки ґрунту збільшилася на 25-30% [21].

За рівнем питомого тиску на ґрунт агротехнічним вимогам задовольняє лише трактор ДТ-75, тобто наявна ступінь впливу релаксується і відновлюється протягом одного сезону. Трактор Т-150К наближається до допустимого рівня зі встановленням здвоєних коліс. Трактори К-701, К-744 не вписуються в допустимі вимоги і з парними колесами. Негативний вплив на ґрунт особливо проявляється на вологому ґрунті у весняний період (таблиця 2.1).

Проблема зниження ущільнюючого впливу рушіїв на ґрунт повинна вирішуватися як на стадії проектування машин, так і в сфері їх експлуатації. Тільки системний підхід до дослідження і вирішення проблеми зниження ущільнюючого впливу технічних засобів на ґрунт дозволить забезпечити його природну саморелаксацію і відновлення структури орного шару, а вирішення питань пов'язаних зі скороченням тривалості виконання польових робіт до оптимальної дозволить збільшити якість і кількість продукції, знизити витрати на її виробництво.

Таблиця 2.1 – Середній питомий тиск тракторів на ґрунт

Марка трактора	Розмір коліс	Маса трактора, т	Контурна площа nF , м ²	Тиск на ґрунт q , кПа
Vakula-420	30,5-R32	13,5	2,56	61,3
К-701	28,1-R26	12,40	2,11	59
Т-4А-01Т	гус. рушій	8,87	1,77	50
ХТЗ-181	гус. рушій	9,05	2,01	45
ХТЗ-150К-09	21,3-R24	7,50	1,22	62

Загальноприйнятим критерієм оцінки ущільнюючого впливу ходових систем на ґрунт є середній q_{cp} тиск. Визначається згідно ГОСТ 26953-86 [10].

Середній питомий тиск на ґрунт q_{cp} , що чинить колісний трактор, визначається наступним чином:

$$q_{cp} = \frac{m_e \cdot g}{10^3 \cdot z \cdot F_{кол}}, \text{ кПа} \quad (2.1)$$

де m_e – експлуатаційна маса трактора, кг;

z – сумарна кількість рушіїв трактора;

$F_{кол}$ – площа плями контакту колеса з ґрунтом, м².

Для колісного рушія площа контакту з опорною поверхнею залежить від тиску повітря в шинах, їх радіальної еластичності, нормального навантаження та інших факторів, визначається відповідно до ГОСТ 26953-86 [12].

Як видно з (2.1), питомий тиск залежить від маси трактора і площі плями контакту рушія з ґрунтом.

Найінтенсивніше процес ущільнення орного та підорного горизонтів відбувається у весняний період, коли ґрунт знаходиться в стані підвищеного зволоження і легко піддається деформації. Еталонним трактором за впливом на ґрунт є ДТ-75, який має середній тиск на ґрунт рівний 45 кПа.

Аналіз залежності (2.1) показує, що для забезпечення допустимого тиску на ґрунт рушії тракторів повинні мати певну площу контакту з поверхнею, яка повинна відповідати кожному класу тяги в залежності від маси трактора.

Визначимо площу контакту колеса з ґрунтом з врахуванням допустимого тиску:

$$F_{кол} = \frac{m_e \cdot g}{10^3 \cdot z \cdot q_{дон}}, \text{ М}^2 \quad (2.2)$$

де $q_{дон}$ – допустимий тиск рушія на ґрунт, відповідає тиску, що створюється трактором ДТ-75 в 45 кПа.

Розрахункові значення площі контакту колеса з ґрунтом для різних типів тракторів наведені в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення площі контакту колеса з ґрунтом

Марка трактора	Розмір коліс	Маса трактора, т	Контурна площа F , м ² з врахуванням забезпечення допустимого тиску на ґрунт 45кПа
Vakula-420	30,5- R32	13,5	3,42
К-701	28,1- R26	12,40	2,7
Т-150К	21,3 - R24	7,50	1,63
ХТЗ-150К-09	21,3 - R24	8,05	1,75

Як видно з таблиці (2.2) для забезпечення допустимого тиску на ґрунт рушії тракторів повинні мати більшу площу плями контакту з ґрунтом. Проте необхідно мати на увазі, що збільшення ширини і діаметра колеса автоматично супроводжується збільшенням його маси і відповідно маси трактора.

Тоді вираз 2.2 можна записати в наступному вигляді:

$$F_{кол} = \frac{(m_{тр} + n_k m_{кол}(b, D)) \cdot g}{10^3 \cdot z \cdot q_{дон}}, \text{ М}^2 \quad (2.3)$$

де $m_{тр}$ – маса трактора без урахування маси коліс, кг;

$m_{кол}(b, D)$ – маса колеса залежно від його параметрів, кг.

b – ширина колеса, м;

D – діаметр колеса, м.

На основі статистичної обробки даних про параметри коліс різних типорозмірів, що застосовуються на сільськогосподарських тракторах загального призначення, знаходимо рівняння регресії залежності маси колеса від його ширини і діаметра:

$$m_{кол}(b, D) = -5749,04 + 0,33b + 0,39D, \text{ кг} \quad (2.4)$$

З урахуванням (2.4) визначається глибина сліду, яка характеризує дію трактора на ґрунт [14]:

$$h = \sqrt[3]{\frac{G_k^2}{k_k^2 b D_0}}, \text{ м} \quad (2.5)$$

де k_k – зведений коефіцієнт зминання ґрунту для даних коліс, Н/м³;

D_0 – вільний діаметр колеса, м.;

G_k – нормальне навантаження, яке припадає на колесо, Н.

У розгорнутому вигляді, нормальне навантаження, яке припадає на колесо з врахуванням діючого тягового зусилля на гаку трактора, визначиться:

$$G_k = m_{\text{кол}}(b, D)n_k g + \alpha_i m_{\text{мп}} g, \text{ Н} \quad (2.6)$$

де α_i – коефіцієнт, який враховує розподіл маси трактора по його осях.

Слід зазначити, що площа плями контакту колеса з ґрунтом, яка характеризує опорні властивості трактора, буде залежати від глибини заглиблення колеса в ґрунт.

Згідно з дослідженнями [21], довжина плями контакту з ґрунтом L_k може бути виражена такою залежністю:

$$L_k = 0,5L_{\text{ш}} + (r_o - h - f_{\text{ш}}) \text{tg}(\arccos \frac{r_o - h - f_{\text{ш}}}{r_o}), \quad (2.7)$$

де $L_{\text{ш}}$ – довжина плями контакту шини на жорсткій основі, м;

r_o – вільний радіус кочення, м;

$f_{\text{ш}}$ – радіальна деформація шини, м.

З врахуванням вище викладеного питомий тиск на ґрунт можна визначити наступним чином:

$$q_{\text{ср.дон}} = \frac{m_{\text{кол}}(b, D)n_k g + \alpha_i m_{\text{мп}} g}{b \cdot 0,5 \cdot L_{\text{ш}} + m \text{tg}(\arccos \frac{m}{r_o})}, \quad (2.8)$$

де n_k – кількість коліс, шт.;

m – параметр, який відображає деформацію ґрунту і шини.

З представленої залежності видно, що питомий тиск на ґрунт буде істотно залежати від маси використовуваних коліс і трактора, а також деформації шини і глибини сліду після проходу трактора.

Залежності (2.1) – (2.8) дозволяють зробити оцінку впливу типу рушія на опорні властивості трактора і ущільнюючий вплив рушіїв на ґрунт, а також можуть бути використані під час вдосконалення колісних рушіїв тракторів з урахуванням допустимого впливу на ґрунт.

2.3 Тягово-зчіпні показники трактора ХТЗ-150К-09 на одинарних і здвоєних колесах і їх вплив на продуктивність МТА

Одним із способів збільшення опорної поверхні рушіїв колісних тракторів є встановлення здвоєних коліс. Разом зі збільшенням площі плями контакту поліпшуються і тягово-зчіпні властивості тракторів.

Слід зазначити, що дотична сила тяги реалізується за рахунок потужності двигуна (за двигуном) і визначається з виразу [25]:

$$P_{\kappa} = \frac{N_e^{\phi} i_o^n \eta_{mp}}{0,105 r_k n_n}, \quad (2.9)$$

де N_e^{ϕ} – ефективна номінальна фактична потужність двигуна, кВт;

i_o^n – передатне число трансмісії;

η_{mp} – ККД трансмісії;

r_k – радіус кочення колеса, м;

n_n – номінальна частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв.

З виразу (2.9) видно, що дотична сила має постійне значення для певної передачі і потужності двигуна, а обмежує величину рушійної сили – сила зчеплення.

З іншого боку, тягово-зчіпні властивості тракторів визначаються дотичною силою тяги, що залежить від опору ґрунту зсуву. Останній виникає в результаті деформації ґрунту в горизонтальному напрямку в результаті зсуву

пласту, що має певні параметри, до якого прикладені зсувні зусилля в горизонтальному напрямі і нормальне зусилля. Опір ґрунту зсуву буде зростати до деякої межі, за якої відсутній зрив ґрунтових «цеглин» затиснутих між ґрунтозачепами колеса. При подальшому навантаженні опір ґрунту зменшується в результаті ковзання ґрунтових «цеглин» стосовно поверхні ґрунту. На рисунку 2.1 представлений характер зміни дотичних напружень від деформації ґрунту в горизонтальному напрямку [14].

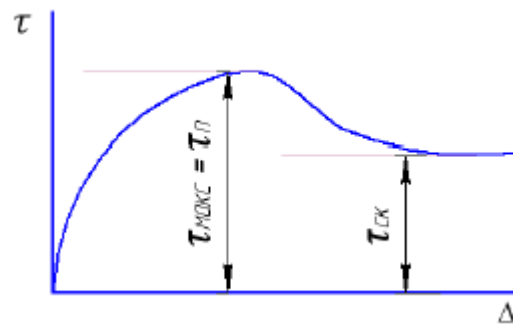


Рисунок 2.1 – Залежність напруження зсуву від деформації ґрунту

Характер протікання залежності опору ґрунту зсуву від його деформації буде залежати від конструктивних параметрів рушія (ширини, кроку зачепів і їх висоти), нормального тиску діючого на пласт під час його зсуву і фізико-механічних властивостей ґрунту (вологість, коефіцієнт внутрішнього тертя і коефіцієнт зчеплення).

Ґрунтуючись на роботах Кацигіна В. В. і Гуськова В. В. [14], силу зчеплення колісного рушія з ґрунтом можна визначити наступним чином:

$$P_{зч} = \frac{f_{кв} k_t G_k}{\delta L_k} \left[\ln \left(ch \left(\frac{\delta L_k}{k_t} \right) \right) - f_{np} \left(\frac{1}{ch \left(\frac{\delta L_k}{k_t} \right)} - 1 \right) \right] + 2\tau_{ск} \frac{h_2 L_k}{t} + F_{тр}, \quad (2.10)$$

де $f_{кв}$ – коефіцієнт тертя ковзання, що залежить від тиску рушіїв на ґрунт;

k_t – коефіцієнт деформації, м;

G_k – радіальне навантаження, що діє на колесо, Н;

δ – величина буксування колеса, частка;

L_k – довжина площі контакту колісного рушія з ґрунтом, м;

f_{np} – зведений коефіцієнт тертя, що залежить від властивостей рушія (ширина, діаметр);

τ_{cp} – умовне напруження зрізу ґрунту по бічних гранях зачепа, Н/м;

h_z – висота ґрунтозачепа, м; t – крок ґрунтозачепа, м;

F_{mp} – сила тертя, Н.

З врахуванням виразу (2.6) залежність (2.10) для моделювання сили зчеплення колісних тракторів загального призначення від величини буксування з рівномірним розподілом навантаження по осях трактора набуде вигляду:

$$P_{зч} = \frac{f_{кв} k_t (m_{кол} (b, D) g n_k)}{\delta L_k} \left[\ln \left(ch \left(\frac{\delta L_k}{k_t} \right) \right) - f_{np} \left(\frac{1}{ch \left(\frac{\delta L_k}{k_t} \right)} - 1 \right) \right] + 2 \tau_{cp} \frac{h_z L_k}{t} + F_{mp}. \quad (2.11)$$

Найважливішими показниками, що оцінюють фізико-механічні властивості ґрунту під час його взаємодії з колісними рушіями є: коефіцієнт тертя ковзання $f_{кв}$; коефіцієнт тертя спокою f_n ; коефіцієнт деформації ґрунту k_t і зведений коефіцієнт тертя f_{np} [14].

Коефіцієнт тертя ковзання визначається за виразом:

$$f_{кв} = \frac{\tau_{кв}}{q}, \quad (2.12)$$

де $\tau_{кв}$ – усталене напруження, яке характеризує напруження ковзання, що виникають в результаті зриву ґрунтових «цеглин» і їх ковзання відносно подошви ґрунту, кПа;

q – питомий тиск на ґрунт; кПа.

Коефіцієнт тертя спокою відповідно:

$$f_n = \frac{\tau_{max}}{q}, \quad (2.13)$$

де τ_{max} – максимальне напруження опору ґрунту зсуву, з перевищенням якого розпочинається руйнування ґрунту, кПа.

Зведений коефіцієнт тертя матиме вигляд:

$$f_{np} = 2,55 \left(\frac{f_n - f_{кв}}{f_{кв}} \right)^{0,825}. \quad (2.14)$$

З представленого виразу видно, що значення зведеного коефіцієнта тертя буде визначатися величиною коефіцієнтів тертя ковзання і спокою.

Коефіцієнт деформації ґрунту k_t можна визначити із залежності [14]:

$$k_t = \frac{S_1}{\operatorname{arcch} \left(\frac{1 + \sqrt{1 + f_{np}^2}}{2f_{np}} \right)}, \quad (2.15)$$

де S_1 – критична деформація ґрунту, м.

Слід зазначити, що розрахунок зсуву доволі складний, оскільки під час обертання колеса окремі його точки описують петельну циклоїду. Тому для дослідження процесу зсуву необхідно вирішити рівняння циклоїди. Крім того, деформація ґрунту описується експонентною функцією. З деяким припущенням прилеглу до ґрунту поверхню прийнято вважати плоскою.

Тоді процес зчеплення колеса з ґрунтом можна описати аналогічно процесу зчеплення гусениці з ґрунтом [30]. У цьому випадку за зсувну пластину розглядають ланку гусениці трактора. При цьому зсув ґрунту буде відбуватися в горизонтальній площині вздовж прилеглої пластини.

Виходячи з цього припущення, діаграму опору ґрунту зсуву від плоскої його деформації можна отримати, розглянувши зсув ґрунту ланкою гусениці з параметрами, що відповідають колісному рушію, а саме кроком зачепів, висотою зачепів і нормальним тиском на ґрунт.

Як показують тягові випробування гусеничних тракторів, а також їх фізичних моделей, проведених в різний час в різних організаціях, коефіцієнт деформації ґрунту k_t залежить тільки від кута внутрішнього тертя ґрунту і може бути визначений за емпіричною формулою [21]:

$$k_t = 3,9\mu - 55, \quad (2.16)$$

де μ – коефіцієнт внутрішнього тертя ґрунту, град.

На підставі експериментальних даних зсуву ланки гусениці, отримано такі співвідношення між максимальним і усталеним напруженням зсуву ґрунту, яке можна визначити за формулою:

$$\frac{\tau_{уст}}{\tau_{max}} = \frac{\varphi'_{зв.мах}}{\varphi_{зв.мах}}, \quad (2.17)$$

де $\varphi'_{зв.мах}$ – максимальне значення коефіцієнта зчеплення ланки гусениці з ґрунтом;

$\varphi_{зв.мах}$ – значення коефіцієнта зчеплення ланки гусениці.

З формули (2.17) видно, що відповідні значення максимального та усталеного напруження зсуву ґрунту будуть обернено пропорційні коефіцієнтам зчеплення з ґрунтом, методика розрахунку яких представлена в роботі [21]. Таким чином, можна отримати вихідні дані для розрахунку тягово-зчіпних властивостей колісних рушіїв.

На підставу виразу 2.11 були побудовані залежності зміни сили зчеплення трактора ХТЗ-150К-09 на різних колесах в залежності від величини буксування. Дані залежності з врахуванням режимів роботи трактора і агрофонів представлені відповідно на рисунку 2.2 і 2.3.

З представлених залежностей видно, що значення сили зчеплення трактора зростає зі збільшенням величини буксування. Встановлення здвоєних коліс дозволяє за однакового буксування коліс підвищити значення даної сили незалежно від агрофону. Коефіцієнт зчеплення коліс з ґрунтом на полі, підготованому під посів за умови встановлення здвоєних коліс підвищився з 0,53 до 0,55, що дозволило збільшити силу зчеплення на 7 кН. На стерньовому фоні ці значення відповідно склали 0,59 і 0,63 при збільшенні сили зчеплення на 9,4 кН.

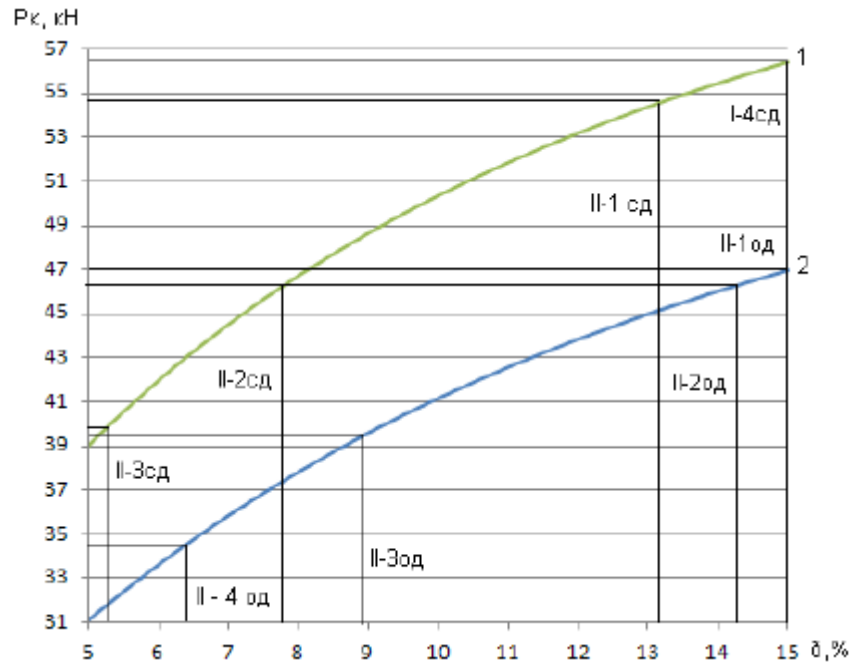


Рисунок 2.2 – Взаємозв'язок між силою зчеплення трактора ХТЗ-150К-09 і величиною буксування на стерньовому фоні: 1 – здвоєні колеса, 2 – одинарні колеса.

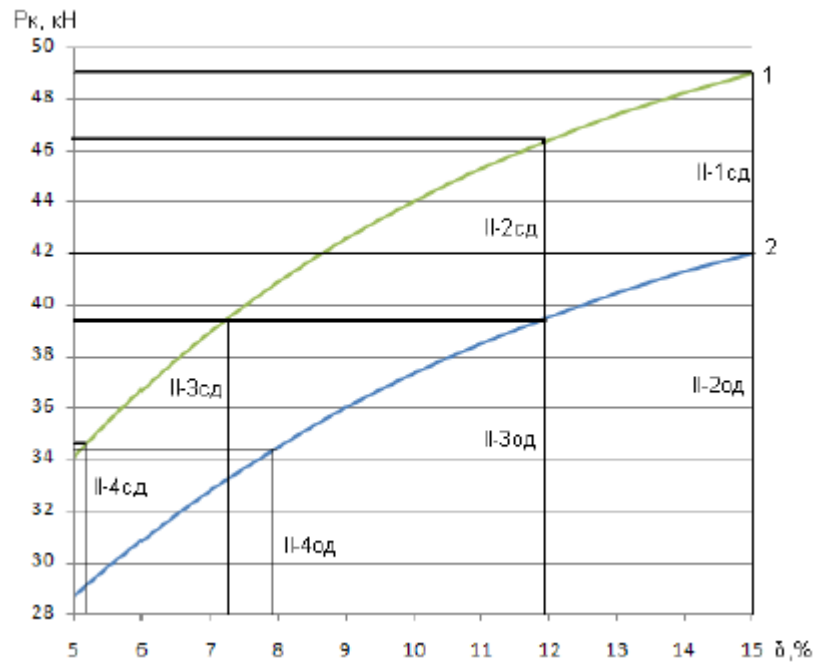


Рисунок 2.3 – Взаємозв'язок між силою зчеплення трактора ХТЗ-150К-09 і величиною буксування на полі, підготованому під посів: 1 – здвоєні колеса, 2 – одинарні колеса

Результати графічної інтерпретації визначення величини буксування і відповідної їй дотичної сили з урахуванням потужності двигуна на основних робочих діапазонах ХТЗ-150К-09 з одинарними і парними колесами представлено в таблиці 2.3

Таблиця 2.3 – Основні зчпні показники трактора ХТЗ-150К-09 на різних колесах

Показники		I-4	II-1	II-2	II-3	II-4
Агрофон		Поле підготоване до сівби				
Одинарні колеса	P_{κ} , кН	42,05	42,05	42,05	39,3	34,36
	δ , %	15	15	15	11,7	7,9
Здвоєні колеса	P_{κ} , кН	49,02	49,02	46,33	39,4	34,46
	δ , %	15	15	11,9	7,2	5,1
Агрофон		Стерня колосових				
Одинарні колеса	P_{κ} , кН	46,98	46,98	46,16	39,3	34,35
	δ , %	15	15	14,2	8,8	6,3
Здвоєні колеса	P_{κ} , кН	56,41	54,55	46,34	39,42	34,46
	δ , %	15	13,2	7,8	5,1	3,7

З представлених даних видно, що висока потужність (128 кВт) двигуна, встановленого на трактор ХТЗ-150К-09, не може бути реалізована на деяких передачах. За умови встановлення здвоєних коліс 21,3R24 тягові можливості трактора покращуються, що дає змогу використовувати передачу II-2 на полі під посів і II-1 на стерні з допустимим буксуванням з повною реалізацією потужності двигуна.

Під час визначення показників використання машинно-тракторних агрегатів на польових роботах виразимо змінну продуктивність залежно від обраних режимів роботи тракторів [25]:

$$W_{\text{зод}} = 0,36 \frac{P_{\text{зк}}(\delta)}{k_{\text{м}}} \left[\left(V_{\text{хх}} - (V_{\text{хх}} - V_{\text{р}}^{\text{н}}) \frac{P_{\text{зк}}(\delta)}{P_{\text{кк}}^{\text{н}}} \right) \tau \right], \quad (2.18)$$

де $P_{\text{зк}}(\delta)$ – тяговий опір агрегату в залежності від величини буксування, кН;

$k_{\text{м}}$ – питомий тяговий опір агрегату, кН/м;

$V_{\text{хх}}$ – швидкість холостого ходу, м/с;

$V_{\text{р}}^{\text{н}}$ – швидкість руху на номінальному режимі, м/с;

P_{zk}^H – номінальне тягове зусилля трактора, кН.

Враховуючи, що продуктивність буде залежати від тягових і швидкісних режимів роботи трактора, то рух агрегату на обраному швидкісному режимі можна представити в наступному вигляді:

$$V_d = 0,105 \frac{r_k n_i}{i_m} (1 - \delta), \quad (2.19)$$

де n_i – частота обертання вала двигуна, об/хв;

r_k – радіус кочення колеса, м;

i_m – передаточне число трансмісії обраної передачі;

δ – величина буксування, %.

При визначенні частоти обертання колінчастого вала двигуна трактора під час його роботи з допустимим буксуванням можна скористатися формулою [25]:

$$n_i = n_{xx} - (n_{xx} - n_n) \frac{M_i}{M_n}, \quad (2.20)$$

де M_i – крутний момент двигуна під час роботи двигуна трактора на регуляторній вітці, Н м;

M_n – крутний момент двигуна, що відповідає номінальній потужності двигуна, Н м;

n_{xx} – частота обертання на холостому ході трактора, об/хв;

Величина крутного моменту двигуна, що відповідає руху трактора з допустимим буксуванням матиме вигляд:

$$M_i = \frac{P_k(\delta) r_k}{i_m \eta_{mp}}, \quad (2.21)$$

де $P_k(\delta)$ – дотична сила трактора, що відповідає руху трактора з допустимим буксуванням, кН;

r_k – радіус кочення коліс, м;

i_m – передаточне відношення трансмісії трактора;

η_{mp} – ККД трансмісії.

Продуктивність машинно-тракторного агрегату буде залежати від тягового зусилля на гаку трактора, яке зумовлює величину тягового опору машин і відповідно ширину захвату агрегату.

Тягове зусилля колеса, що виникає під дією крутного моменту двигуна за усталеного руху, дорівнює різниці дотичної сили тяги і сили опору коченню:

$$P_{зк} = P_k(\delta) - P_f = P_k(\delta) - \frac{1}{2^3} \sqrt{\frac{(n_k m_{кол} g + 0,25 m_{мп} g)^4}{\frac{k}{\Delta(n_k)} n b D_0^2}}, \text{ Н} \quad (2.22)$$

де P_f – сила опору коченню колеса, Н;

n_k – кількість коліс, шт.; $m_{кол}$ – маса колеса, кг;

k – коефіцієнт об'ємного зминання ґрунту, Н/м³;

$\Delta(n_k)$ – коефіцієнт, що характеризує параметри колеса;

D_0 – приведений діаметр колісного рушія, м;

З виразу 2.22 видно, що тягове зусилля буде залежати від величини сили опору коченню рушія, яка визначається кількістю коліс, масою колеса і трактора, геометричними параметрами колеса, а також фізико-механічними властивостями ґрунту.

На підставі виразу 2.22, з врахуванням припущення, що маса трактора по його осях розподіляється рівномірно, були отримані залежності тягового зусилля трактора від величини буксування на різних фонах, які представлено на рисунках 2.4 і 2.5.

На підставі даних залежностей були визначені значення тягового зусилля трактора на відповідних передачах за допомогою графічної інтерпретації, що дозволяє за відомими величинами буксування коліс трактора знаходити відповідні тягові зусилля.

З даних залежностей (рисунки 2.4, 2.5) видно, що на стерні встановлення здвоєних коліс дозволило довести силу тяги на гаку трактора за зчепленням з 40,53 кН до 50,25 кН і з 32,4 до 39,78 кН на полі, підготованому до сівби, що дозволяє стверджувати про покращення тягово-зчіпних властивостей трактора.

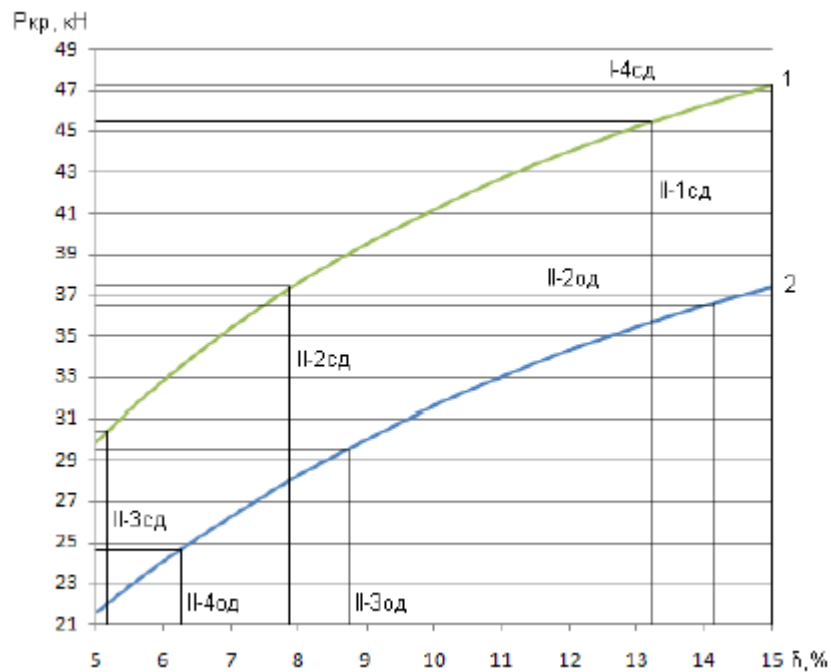


Рисунок 2.4 – Залежність сили тяги трактора ХТЗ-150К-09 від величини буксування на стерні: 1 – здвоєне колесо; 2 – одинарне колесо

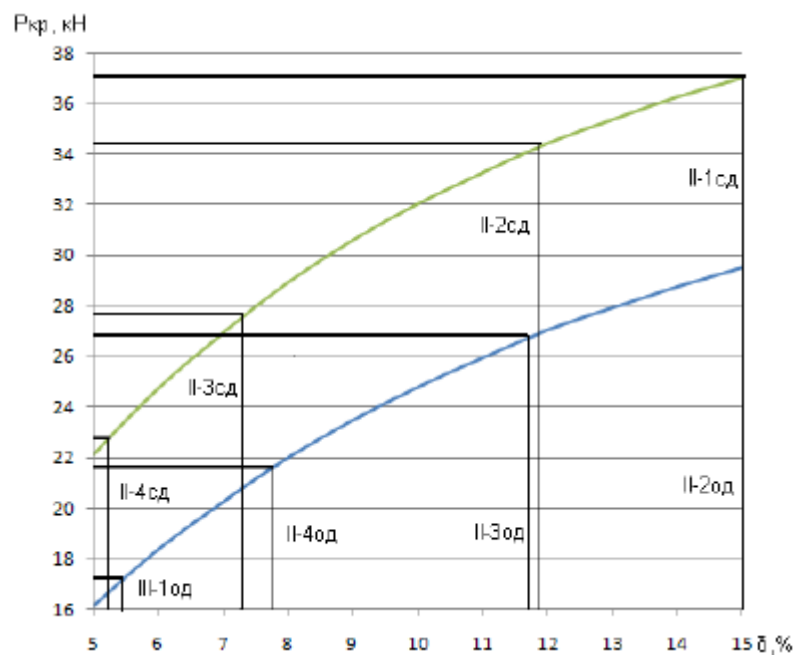


Рисунок 2.5 – Залежність сили тяги трактора ХТЗ-150К-09 від величини буксування на полі під сівбу: 1 – здвоєне колесо; 2 – одинарне колесо

Результати графічної інтерпретації взаємозв'язку тягового зусилля трактора від величини буксування для різного діапазону передач з врахуванням агрофону представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Основні тягово-зчіпні показники трактора ХТЗ-150К-09 на різних колесах

Показники		I-4	II-1	II-2	II-3	II-4
Агрофон		Поле, підготоване до сівби				
Одинарні колеса	$P_{зк}$, кН	29,5	29,5	29,5	26,75	21,81
	δ , %	15	15	15	11,7	7,9
Здвоєні колеса	$P_{зк}$, кН	37	37	34,32	27,4	22,4
	δ , %	15	15	11,9	7,2	5,1
Агрофон		Стерня колосових				
Одинарні колеса	$P_{зк}$, кН	37,4	37,4	36,61	29,72	24,8
	δ , %	15	15	14,2	8,8	6,3
Здвоєні колеса	$P_{зк}$, кН	47,25	45,4	37,2	30,3	25,3
	δ , %	15	13,2	7,8	5,1	3,7

З представлених розрахункових даних видно, що встановлення здвоєних коліс дозволяє працювати трактору на стерні за повної реалізації потужності двигуна з тяговим зусиллям 45,4 кН і 34,3 кН на полі, підготованому під посів. Для одинарних коліс ці значення відповідно становлять 36,61 кН і 26,75 кН, при цьому номінальне тягове зусилля для стерні отримане за підвищеного буксування рушіїв, що обмежує комплектування агрегатів з наближеним тяговим опором через руйнування гумусового горизонту і спрацювання покришок.

Значення даних показників на здвоєних колесах дозволяють трактору використовувати широкозахватні агрегати під час виконання технологічних операцій, що є суттєвим резервом підвищення продуктивності машинно-тракторних агрегатів та скорочення тривалості виконання польових робіт.

Продуктивність машинно-тракторного агрегату залежить від тягового опору агрегатованої машини. У загальному вигляді тяговий опір агрегату можна описати за відомим виразом [25]:

$$R_{agr} = R_{зч} + K_m B_p, \quad (2.23)$$

де $R_{зч}$ – тяговий опір зчіпки, кН;

K_m – питомий тяговий опір машини, кН/м;

B_p – ширина захвату машини, м.

Для встановлення взаємозв'язку продуктивності машинно-тракторного агрегату і тягового опору сільськогосподарської машини представлена номограма, що показує продуктивність посівного агрегату з трактором ХТЗ-150К-09 на різних колесах і відповідних передачах (рис.2.6).

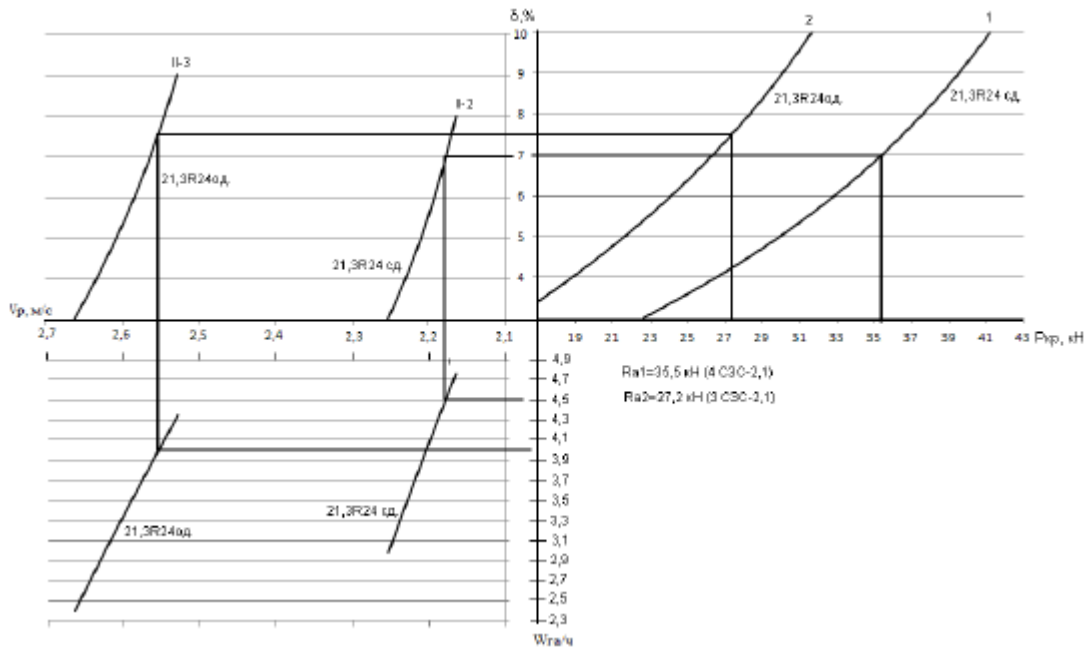


Рисунок 2.6 – Залежність годинної продуктивності посівних агрегатів від їх тягового опору: 1 – ХТЗ-150К09 (4) + 3*СЗС-2,1; 2 – ХТЗ-150К09 (8) + 4*СЗС-2,1

На номограмі (рисунок 2.6) показано визначення продуктивності три- і чотири сівалкових агрегатів залежно від їх тягового опору, отриманого під час посіву зернових культур із загальним питомим опором агрегату 4,2 кН/м.

З розглянутої номограми видно, що встановлення здвоєних коліс дозволяє виконувати посівні роботи чотири-сівалковим агрегатом, що збільшує продуктивність на 12% відносно трактора на одинарних колесах. Розрахунки показали, що використання трактора на одинарних колесах з чотири-сівалковим агрегатом супроводжується підвищенням буксування на рівні 13,2% через тяговий опір в 35,4 кН і коефіцієнтом використання тягового зу-

силля 0,97, що трохи перевищує його допустимий запас, який становить для даних робіт 0,96. Питома витрата палива при цьому збільшується на 8%. Підвищене буксування рушіїв даного агрегату буде супроводжуватися стиранням ґрунту і руйнуванням гумусового горизонту, що призводить до зниження родючості ґрунту і зменшення врожайності культур. У зв'язку з цим, комплексування чотири-сівалкового агрегату доцільно здійснювати з трактором на здвоєних колесах, що працює з меншим буксуванням.

На підставі виразу продуктивності МТА були отримані експлуатаційно-технологічні показники використання посівних комплексів з різною шириною захвату в складі трактора ХТЗ-150К-09 на різних варіантах коліс.

Порівняння проводилося з метою виявлення максимальної годинної продуктивності агрегатів під час сівби зернових культур стерньовими сівалками СЗ-2,1 на різних режимах роботи трактора ХТЗ-150К-09. Результати розрахунку експлуатаційно-технологічних показників, отриманих під час сівби по стерньовому фону представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Основні експлуатаційно-технологічні показники використання посівних агрегатів в складі тракторів ХТЗ-150К-09

Показник	Розмірність	Значення на передачах							
		II-1		II-2		II-3		II-4	
		ХТЗ-150К-09 (4)	ХТЗ-150К-09 (8)	ХТЗ-150К-09 (4)	ХТЗ-150К-09 (8)	ХТЗ-150К-09 (4)	ХТЗ-150К-09 (8)	ХТЗ-150К-09 (4)	ХТЗ-150К-09 (8)
Агрофон – стерня колосових									
Технологічна операція – сівба зернових культур (СЗС-2,1)									
V_p	км/год	6,3	6,5	7,64	7,84	9,2	9,5	10,9	11,1
R_{agr}	кН	34,65	34,65	26,53	35,5	27,2	27,21	18,54	18,54
n	шт.	4	4	3	4	3	3	2	2
$B_{ш}$	м	8,23	8,23	6,17	8,23	6,17	6,17	4,12	4,12
W_a	га/год	3,6	3,74	3,3	4,52	3,97	4,1	3,15	3,21
δ	%	12,3	6,7	7,1	7	7,4	4,2	3,9	2,1
G	кг/год	28,35	26,35	25,41	30,7	29,78	29,4	26	25,7
q	кг/га	7,9	7	7,7	6,8	7,5	7,2	8,25	8

З представлених даних таблиці 2.5 видно, що найкращі експлуатаційно-технологічні показники використання посівних агрегатів отримані в складі трактора ХТЗ-150К-09, обладнаного здвоєними колесами 21,3R24 на передачі II-2 з чотири сівалковим агрегатом. Годинна продуктивність при цьому збільшилася на 12%, а витрата палива зменшилася на 9% порівняно з одинарними колесами.

Під час оцінки втрат врожаю по сліду важливу роль відіграє щільність ґрунту, сформована після проходу агрегату. Безпосередній вплив на щільність ґрунту чинить питомий тиск колісних рушіїв на ґрунт [85], який буде залежати від площі плями контакту рушіїв з ґрунтом. З урахуванням того, що у весняний період під час виконання польових робіт ґрунтозацепи колеса занурюються в ґрунт повністю, то для визначення опорних властивостей трактора можна скористатися залежністю визначення площі плями контакту колеса з ґрунтом запропонованій ГОСТ 26953-86 «Техніка сільськогосподарська мобільна. Методи визначення впливу рушіїв на ґрунт».

Площа зони контакту шини з ґрунтом приведена до умов роботи на ґрунтовій основі визначається за такою формулою [10]:

$$F_{кол} = F_k K_1, \quad (2.24)$$

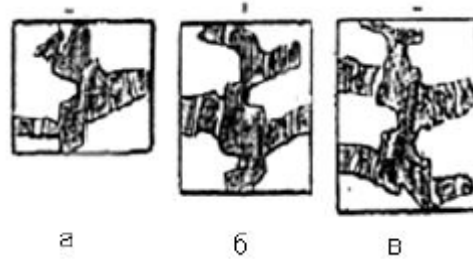
де F_k – контурна площа контакту протектора шини, m^2 , визначена на жорсткій основі згідно ГОСТ 7057-81;

K_1 – коефіцієнт, що залежить від зовнішнього діаметра шини колеса.

Згідно з дослідженнями [24] під час визначення впливу радіального навантаження на зміну контурної площі плями контакту шини на жорсткій основі, були отримані наступні форми і розміри колеса (рис. 2.7).

З представленою рисунка видно, що контурна площа плями контакту колеса встановленого на тракторі класу тяги 0,2 з жорсткою основою для різних радіальних навантажень має форму прямокутника з певною довжиною і шириною.

Довжина площі контакту колісного рушія, на жорсткій основі:



а - навантаження 900 кг ($L = 94$ мм, $B = 115$ мм); б - навантаження 1394 кг ($L = 118$ мм, $B = 115$ мм); в - навантаження 2921 кг ($L = 124$ мм, $B = 115$ мм).

Рисунок 2.7 – Форма і розмір контурної площі плями контакту на жорсткій основі залежно від навантаження для тиску повітря в шині $P_w = 160$ кПа.

$$L_{uu} = 2r_0 \sin \left(\arccos \frac{r_0 - f_{uu}}{r_0} \right). \quad (2.25)$$

Таким чином, з врахуванням розглянутих вище залежностей питомий тиск колісного рушія на ґрунт, за якого формується глибина колії, має вигляд:

$$q_{cp, \text{дон}} = \frac{m_k(b, D)gn_k + a_i m_{mp} g}{b_{жс} 2r_0 \sin \left(\arccos \frac{r_0 - f_{uu}}{r_0} \right) K_1}, \quad (2.26)$$

де $b_{жс}$ – ширина площі плями контакту колеса з жорсткою основою, м.

З представленої залежності видно, що питомий тиск на ґрунт, який визначається згідно з ГОСТ 26953-86 буде в основному визначатися параметрами і деформацією шини, а також ваговими характеристиками трактора.

З метою оцінки впливу опорної поверхні рушіїв на ущільнюючий вплив на ґрунт був виконаний розрахунок середнього питомого тиску на ґрунт тракторів загального призначення з одинарними і парними колесами. Результати даних показників тракторів К-701, ХТЗ-150К-09, Січеслав-3204 представлені на рисунку 2.8.

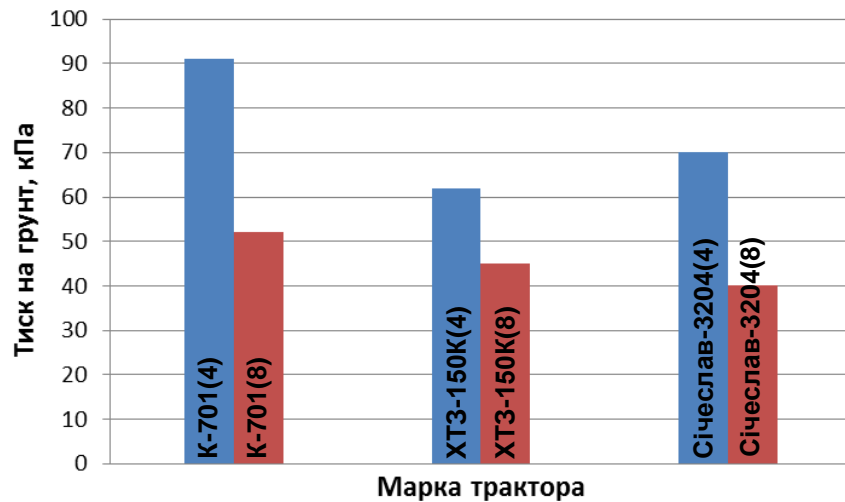


Рисунок 2.8 – Середній тиск на ґрунт тракторів загального призначення з різними колесами (поле, підготоване під сівбу)

З представлених даних видно, що встановлення додаткових коліс на трактор ХТЗ-150К-09 дозволяє збільшити площу плями контакту коліс з ґрунтом і зменшити середній тиск на ґрунт в 1,7 рази, що дозволяє його використовувати у весняний період, коли ґрунт знаходиться у зволоженому стані і легко піддається деформації. Середній тиск тракторів на ґрунт зменшився для К-701 з 92 до 53 кПа, для ХТЗ-150К-09 з 62 до 46 кПа і для Січеслав-3204 з 70 до 40 кПа, що дозволяє зменшити щільність ґрунту після проходження агрегатів.

Таким чином, під час використання здвоєних коліс, щільність ґрунту може бути знижена шляхом зменшення тиску на ґрунт, що може призвести до істотного зменшення втрат врожаю по сліду рушія і, як наслідок, до отримання прибутку від меншого негативного впливу на ґрунт не залежно від частки ущільненого ґрунту.

2.4 Висновки до розділу

1. Встановлена необхідність використання колісних тракторів в силу їх універсальності, проте їх високий питомий тиск на ґрунт не дозволяє без порушення технологічних вимог використовувати на весняних польових робо-

тах, що обумовлює необхідність застосування гусеничних тракторів і збільшує номенклатуру парку тракторів загального призначення.

2. Запропонована математична модель, яка дозволяє узгодити параметри колісних рушіїв тракторів загального призначення і їх масу, забезпечуючи допустимий питомий тиск на ґрунт.

3. На підставі моделювання тягово-зчіпних властивостей колісних тракторів встановлено, що застосування трактора ХТЗ-150К-09 на стандартних рушіях 21,3R24 не реалізує потенційні можливості двигуна на деяких передачах через низькі тягово-зчіпних властивостей. За повної реалізації потужності двигуна трактор на одинарних колесах розвиває на полі, підготованому під сівбу – 26,8 кН з величиною буксування 11,7%, а на стерньовому фоні відповідно 36,61кН і 14,2%. Встановлення здвоєних коліс дозволило підвищити і довести дані значення на полі, підготованому до сівби до 34,3 кН з величиною буксування 11,9% і на стерньовому фоні до 45,4кН з величиною буксування 13,2%.

4. Оцінка варіантів використання посівних агрегатів з різною шириною захвату на базі стерньової сівалки СЗС-2,1 з трактором ХТЗ-150К-09 на одинарних і здвоєних колесах 21,3R24 показала, що тягові можливості трактора на здвоєних колесах дозволяють агрегатувати чотирирівалковий агрегат і підвищити продуктивність на 12% і знизити питому витрату палива на 9% в порівнянні з трактором на одинарних колесах.

5. Оцінка ущільнюючого впливу на ґрунт різних тракторів показала, що встановлення здвоєних коліс на трактори К-701, Т-150К-09 і Січеслав-3204 дозволяє зменшити питомий тиск на ґрунт з 92 до 52кПа – К-701; з 63 до 46 кПа –ХТЗ-150К-09; з 70 до 40 кПа – Січеслав-3204.

3. ПРОГРАМА І МЕТОДИКА ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

Програма і завдання експериментальних досліджень:

- встановити тягово-зчіпні характеристики трактора ХТЗ-150К-09 на стандартних одинарних колесах і здвоєних колесах на різних агрофонах;
- дати оцінку екологічного впливу на ґрунт рушіїв трактора ХТЗ-150К-09 на стандартних одинарних колесах і здвоєних колесах;
- перевірити адекватність теоретичних залежностей експериментальним даним.

Експериментальні дослідження з оцінки впливу рушіїв на ґрунт, визначення тягових і експлуатаційних характеристик проводились лабораторією УкрНДІВПТТ ім. Погорілого (м. Магерів) за участю автора роботи.

3.1 Об'єкт дослідження

Об'єктом дослідження був процес функціонування машинно-тракторних агрегатів під час виконання польових робіт на базі трактора загального призначення ХТЗ-150К-09 з серійними рушіями і з рушіями, що мають менший ущільнюючий вплив на ґрунт (рис. 3.1.).

3.2 Визначення тягово-зчіпних показників трактора ХТЗ-150К-09

3.2.1 Умови проведення випробувань

В ході проведення досліджень реєструвалися наступні показники:

- тривалість проведення досвіду t , с;
- зусилля на гаку трактора $P_{зк}$, Н;
- шлях, який проїхав трактор за дослід S , м;
- кількість обертів ведучого колеса за дослід n_0 , об.;
- частота обертання вала двигуна $n_{об}$, об/хв;
- об'єм витраченого за дослід палива $m_n (V_n)$, кг (л).



Рисунок 3.1 – Посівний машинно-тракторний агрегат з трактором ХТЗ-150К-09

Дослідження проводилися за температури навколишнього повітря 20 ± 15 °С і атмосферного тиску не менше 96,6 кПа.

Крім того, оцінювалися й інші умови випробувань:

- метеорологічні умови;
- характеристики ґрунту (твердість, вологість, щільність);
- характеристики поля (ділянки).

Агрофон для проведення випробувань вибирався відповідно до наступних вимог:

1. Поле, підготоване до сівби:

- твердість ґрунту в межах $1-7 \text{ кг/см}^2$;
- ухил ділянки становив не більше 2% – уздовж руху і не більше 6% – поперек руху;
- 8-18% – вологість ґрунту згідно ГОСТ 20915-75.

2. Стерньовий фон – стерня колосових:

- ділянка звільнена від пожнивних решток, на ділянці відсутні відвальні та розвальні борозни;
- висота стебел не більше 15 см;
- ухил ділянки становив не більше 2% – уздовж руху і не більше 6% – поперек руху;
- 8-18% – вологість ґрунту згідно ГОСТ 20915-75;

- твердість ґрунту в межах 10-15 кг/см² відповідно до ГОСТ 20915-75.

3.2.2 Вимоги до досліджуваного трактора

Вибір комплектації трактора був зроблений з урахуванням маси водія та баласту. Комплектація відповідала інструкції з експлуатації для найбільш енергоємної за тяговим зусиллям операції.

Для проведення тягових тестувань трактор повинен мати не менше 150 мото-годин напрацювання.

Обладнання, яке не використовується у забезпеченні роботи двигуна і в основному процесі роботи, має бути вимкнене.

3.2.3 Методика визначення тягово-зчіпних характеристик машинно-тракторного агрегату

Проведення тягових випробувань відповідало вимогам ГОСТ 7057-2001 [12].

Визначення показників роботи двигуна здійснювалося на електрогідравлічному гальмівному стенді при його гальмуванні через вал відбору потужності.

Показники, які реєструвалися під час гальмування: час дослідів t , с; крутний момент двигуна $M_{кр}$, Нм; витрата палива за дослід G_m , кг; частота обертання колінчастого вала двигуна $n_{дв}$, об / хв.

Параметри двигуна визначалися в діапазоні від максимальних обертів холостого ходу колінчастого вала двигуна до мінімально стійких під навантаженням. Вимірювання параметрів в кожній точці проводилося з триразовою повторністю.

Далі за результатами замірів визначалися наступні показники:
експлуатаційна потужність двигуна

$$N_e = \frac{M_{кр} n_{дв}}{9550}, \text{ кВт}; \quad (3.1)$$

годинна витрата палива

$$G_{\text{год}} = \frac{G_m}{t}, \text{ кг/ГОД}; \quad (3.2)$$

питома витрата палива

$$g_e = \frac{G_{\text{год}}}{N_e}, \text{ гр/кВтГОД}. \quad (3.3)$$

Кінцеві значення показників двигуна приводилися до стандартних умов відповідно до ГОСТ 18509-88 [9]. За результатами розрахунків побудована зовнішня швидкісна характеристика двигуна у вигляді залежностей:

$$N_e = f(n_{\text{об}}); M_{\text{кр}} = f(n_{\text{об}}); G_{\text{год}} = f(n_{\text{об}}); g_e = f(n_{\text{об}}).$$

Завантаженням рухомого трактора силою, прикладеною до тягово-зчіпного пристрою, визначалися тягові показники трактора. Під час тягових випробувань завантаження трактора здійснювалося динамометричною лабораторією на базі трактора К-701 (рис. 3.2.).

На реєструючу апаратуру записувалися покази гідравлічного динамометра (зусилля на гаку трактора), частота обертання колінчастого вала двигуна, частота обертання ведучих коліс і шляховимірювального колеса.

В ході тягових досліджень навантаження трактора змінювалося від нуля до $P_{\text{зк.мах}}$, яке визначається нестійкою роботою двигуна або граничним буксуванням рушіїв. Тестування з визначення тягових зусиль проводились на 3 режимах (12 передачах).

За фактичними заміряними і розшифрованими величинами для кожного режиму і передачі визначалися: дійсна швидкість V_d , м/с, теоретична швидкість V_m , м/с, буксування δ , %.

$$V_m = 2\pi R_k \omega_k, \quad (3.4)$$

де R_k – радіус кочення ведучого колеса трактора, м;

ω_k – середня кутова швидкість обертання ведучого колеса трактора, с^{-1} ;

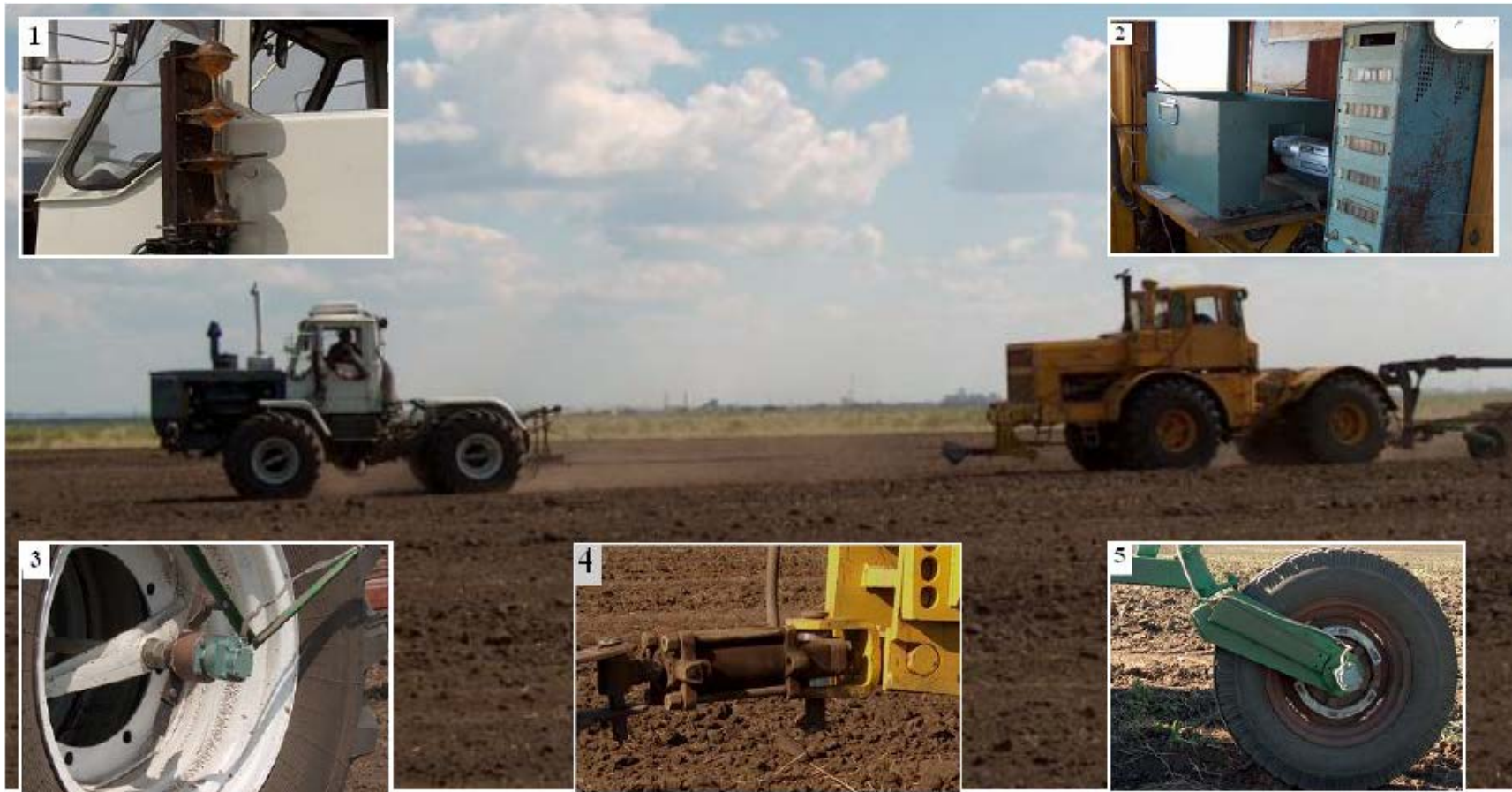


Рисунок 3.2 – Тягові випробування трактора ХТЗ-150К-09:

1 – витратомір палива; 2– реєструвальна апаратура; 3 – давач обертів; 4 – динамометричний гідроциліндр; 5 – шляховимірювальне (п'яте) колесо.

$$V_{\partial} = 2\pi R_5 \omega_5, \quad (3.5)$$

де R_5 – радіус кочення шляховимірального колеса трактора, м;

ω_5 – середня кутова швидкість обертання шляховимірального колеса трактора, c^{-1} ;

$$\delta = \frac{V_m - V_{\partial}}{V_m} 100, \% \quad (3.6)$$

Згідно результатів розрахунків побудована залежність коефіцієнта буксування трактора від гакового навантаження $\delta = f(P_{зк})$. Для визначення координат точок кривої буксування застосовувалися заміри, виконані на всіх передачах.

В результаті проведених замірів побудовані графіки тягових характеристик для режимів і передач.

Тягова потужність $N_{зк}$ в заданій точці визначалася наступним чином:

$$N_{зк} = P_{зк} V_{\partial}, \text{ кВт} \quad (3.7)$$

питома гакова витрата палива в заданій точці:

$$g_{зк} = \frac{G_{зод}}{N_{зк}}, \text{ гр/кВтгод} \quad (3.8)$$

тяговий ккд у заданій точці:

$$\eta_m = \frac{N_{зк}}{N_e} 100. \quad (3.9)$$

Залежно від швидкості пересування трактора визначалася сила опору коченню шляхом його буксування динамометричною лабораторією.

Обробка отриманих результатів здійснювалася з використанням ПК на основі стандартного програмного забезпечення.

3.3 Методика визначення впливу рушіїв тракторів на ґрунт

Завданням є аналіз впливу колісних рушіїв на ґрунт під час виконання польових операцій.

За базу прийнято такі основні положення:

- Техніка сільськогосподарська мобільна. Методи визначення дії рушіїв на ґрунт ГОСТ 26953-86 [10].

- Техніка сільськогосподарська мобільна. Норми впливу рушіїв на ґрунт. ГОСТ 26955-86 [11].

У процесі аналізу оцінювалися такі параметри дослідження:

- вологість ґрунту на встановленій ділянці;
- твердість ґрунту по сліду рушіїв (кг/см²);
- щільність ґрунту по сліду рушіїв (г/см³);
- глибина і ширина сліду рушіїв (см).

Перед проведенням експериментальних досліджень проведений розподіл площі на ділянки. Випробування трактора здійснювалися за номінального тягового зусилля на гаку і швидкості, що відповідає даному виду операції.

3.3.1 Визначення вологості ґрунту

Для визначення вологості відбираються проби ґрунту за допомогою бура в місцях, розташованих по діагоналі ділянки, в п'ятикратній повторності.

Вологість ґрунту встановлюється за середнім зразком, для чого бур заглиблюють на певну глибину, витягнутий буром зразок ґрунту із заданого шару поміщають в алюмінієвий контейнер (бюксу), який зважують в дослідній лабораторії (рис. 3.3), після цього бюксу закладають в сушильну шафу (рис. 3.4). Встановлюється температура 150 °С і відбувається висушування проби ґрунту протягом 6 годин. Після охолодження стаканчики з пробой ґрунту знову зважують. За різницею маси стаканчика з ґрунтом до сушіння і після сушіння визначають кількість води, що міститься в навісці ґрунту, за різницею маси стаканчика з висушеним ґрунтом і порожнього – масу сухого ґрунту.

Потім визначають вологість ґрунту W у % за формулою:

$$W = \frac{a}{b} 100, \quad (3.10)$$

де a і b – маси води, що випарувалася і абсолютно сухого ґрунту, г відповідно.



Рисунок 3.3 – Терези ВЛТК-500



Рисунок 3.4 – Сушильна шафа

3.3.2 Визначення щільності ґрунту

Величина щільності ґрунту істотно впливає на врожайність сільськогосподарських культур. Визначення щільності (об'ємної маси) ґрунту здійснюється до і після проходу трактора по його сліду на заданій глибині (в місцях визначення твердості і вологості ґрунту).

Проби для визначення щільності ґрунту після проходу машини відбираються в тих же точках, що і до проходу трактора.

Під час відбору проб ґрунту для визначення щільності використовують спеціальний інвентар (рис. 3.5).

Об'єм ґрунту, зібраний на полігоні, відправляють в дослідну лабораторію для зважування та висушування (температура 150°C) до постійної маси. Об'єм взятого зразка ґрунту дорівнює добутку площі ріжучої частини циліндра на його висоту. Поділивши масу сухого ґрунту на об'єм зразка визначаємо об'ємну масу в г/см^3 .

$$\rho = \frac{b}{V}, \text{ г/см}^3 \quad (3.11)$$

де b – маса абсолютно сухого ґрунту, г;

V – об'єм взятого зразка ґрунту, см³.



Рисунок 3.5 – Визначення щільності ґрунту

Ущільнення обробленого шару ґрунту визначають відніманням щільності ґрунту до і після проходу МТА.

3.3.3 Визначення твердості ґрунту

Для визначення твердості ґрунту застосовують ґрунтовий твердомір (рис. 3.6). Значення твердості встановлюють в місцях визначення вологості, до проходу і після проходу агрегату по сліду рушія, на заданій глибині.

Вимоги під час зняття діаграми самописним твердоміром:

- необхідно з певною періодичністю перевіряти якість запису діаграми (виразність), а також справність роботи записуючого пристрою (олівця);

- вістря записуючого пристрою (олівця) має збігатися з нульовою лінією.

Відхилення не повинно перевищувати ± 1 мм.



Рисунок 3.6 – Твердомір Ю.В. Ревякіна

Твердість ґрунту P , $\text{кг}/\text{см}^2$ визначають наступним чином:

$$P = \frac{h_{cp} g}{S}, \quad (3.12)$$

де h_{cp} – величина середньої ординати діаграми твердості, см ;

S – площа поперечного перерізу плунжера, см^2 ;

g – масштаб пружини твердоміра, $\text{кг}/\text{см}$.

Обробку показів і визначення середньої ординати в мм проводимо планіметруванням діаграми:

$$h_{cp} = \frac{F}{l}, \text{ мм} \quad (3.13)$$

де F – площа діаграми, мм^2 ;

l – довжина діаграми, мм .

Другий спосіб – замір ряду ординат через 1 см довжини діаграми і обчисленням їх середнього арифметичного значення.

Під час визначення твердості використовують тарувальний графік твердоміра.

4 РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1 Тягово-зчіпні показники трактора ХТЗ-150К-09 з одинарними і здвоєними рушіями

Тягові випробування трактора ХТЗ-150К-09 проводилися на різних агрофонах з метою визначення його тягово-зчіпних показників з різними параметрами рушіїв. Комплектація трактора відповідала інструкції з експлуатації.

4.1.1 Визначення показників роботи двигуна

Показники роботи встановленого на тракторі двигуна визначалися методом гальмування через вал відбору потужності, приєднаного до колінчатого вала двигуна попереду трактора. Випробування були проведені на гальмівному стенді, що включає генератор МПБ 42.3/30 №660400, ваговий пристрій ВКМ-185 з діапазоном вимірювань від 0–225 кг.

Під час досліджень фіксувалися такі показники: крутний момент двигуна $M_{кр}$, Нм; частота обертання колінчастого вала n_d , об/хв.; витрата палива за дослід G_m , кг.; час досвіду t , с.

Значення параметрів двигуна замірялися в діапазоні від максимальних обертів холостого ходу колінчастого вала двигуна до мінімально стійких під навантаженням. Заміри параметрів в кожній точці здійснювалися з триразовою повторністю.

Регуляторна характеристика двигуна трактора ХТЗ-150К-09 представлена на рисунку 4.1. Основні її параметри на різних режимах в таблиці 4.1.

З представлених результатів видно, що максимальна потужність двигуна відрізняється від номінальної і становить 123 кВт при частоті обертання колінчастого вала двигуна 2053 об/хв. Регламентована частота обертання колінчастого вала відповідає значенню за ТУ і становить 2100 об/хв. При регламентованій частоті потужність двигуна становить 121,3 кВт, що відповідає ТУ.

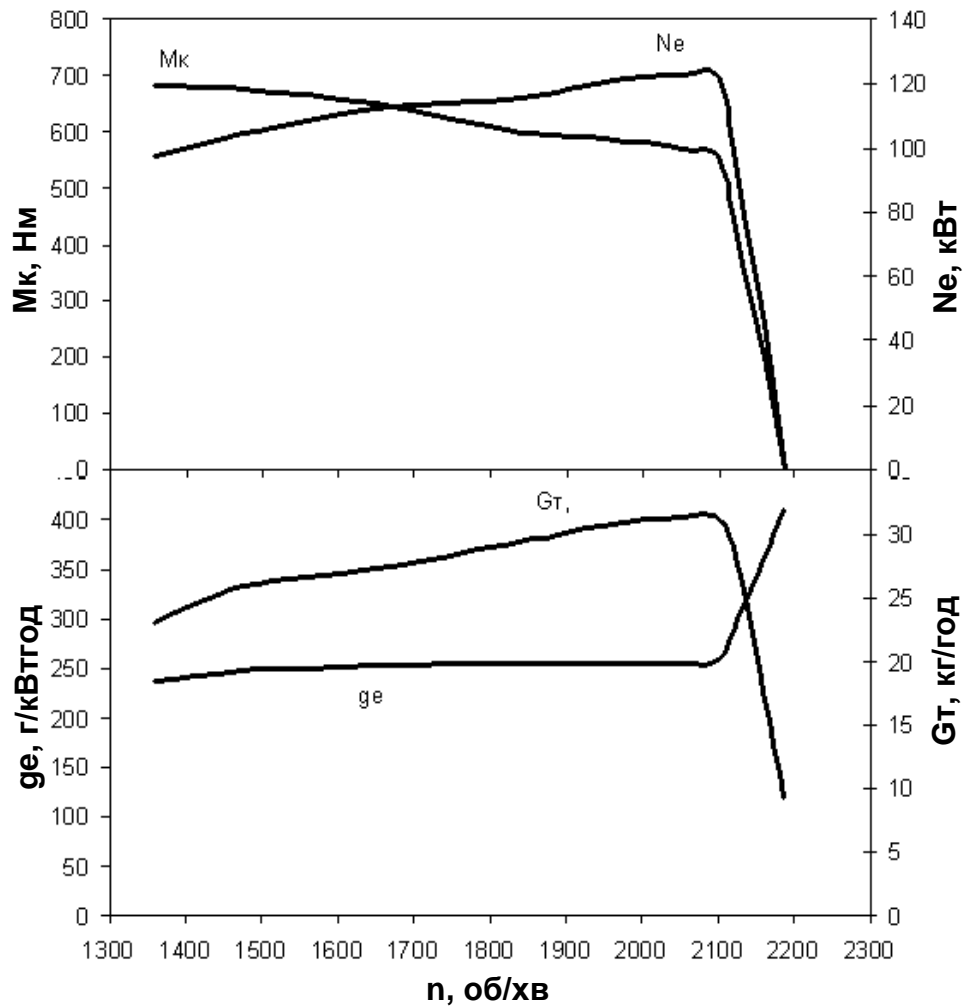


Рисунок 4.1 – Регуляторна характеристика двигуна ЯМЗ-236Д трактора ХТЗ-150К-09

Таблиця 4.1 Показники регуляторної характеристики двигуна ЯМЗ-236Д трактора ХТЗ-150К-09

Назва показника	Значення показників	
	за ТУ	за результатами випробувань
Показники роботи двигуна за регламентованої частоти обертання колінчастого вала:		
1	2	3
- частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв.	2100	2100
- потужність двигуна, кВт	121,3	121,3
- годинна витрата палива, кг/год.	-	31,3
- питома витрата палива, г/(кВтгод)	не більше 230	258

Продовження табл. 4.1

1	2	3
Показники роботи двигуна за максимальної потужності		
- частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв.	-	2053
- потужність двигуна, кВт	-	123,0
- годинна витрата палива, кг/год.	-	31,4
- питома витрата палива, г/(кВтгод)	-	255
Показники роботи двигуна на холостому ході:		
- максимальна частота обертання колінчастого вала двигуна, об/хв.		2187
- годинна витрата палива за максимальної частоти обертання колінчастого вала двигуна, кг/год		9,3

4.1.2 Тягові показники трактора

Тягові випробування трактора проводилися для оцінки його тягово-динамічних і енергетичних якостей в заданих умовах. Тягові показники визначалися навантаженням рухомого трактора силою, яка прикладалася до тягово-зчіпного пристрою. Навантаження на гаку створювалося за допомогою тягової динамометричної лабораторії на базі трактора К-701.

Випробування проводилися на двох агрофонах: на полі, підготованому до сівби і стерні колосових в двох варіантах комплектації трактора: без встановлення здвоєних коліс і з встановленням здвоєних коліс.

Умови проведення тягових випробувань на полі, підготованому до сівби наступні. Атмосферні умови: температура повітря 15 °С, атмосферний тиск 100,9 кПа, вологість 77%. Основні ґрунтові характеристики в табл. 4.2

Таблиця 4.2 – Умови проведення тягових випробувань на полі, підготованому до сівби

Показники	За ГОСТ 30745	За результатами досліджень			
		шар ґрунту, см			середнє по шарам
		0-5	5-10	10-15	
вологість, %	8,0-22,0	5,4	7,7	11,8	8,3
твердість, МПа	0,1-0,7	0,3	0,5	0,9	0,6

Умови проведення тягових випробувань на стерні колосових наступні.

Місце випробувань: Атмосферні умови: температура повітря 17 °С, атмосферний тиск 101,3 кПа, відносна вологість 75%. Основні ґрунтові характеристики стерні колосових представлені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 – Умови проведення тягових випробувань на стерні

Показники	За ГОСТ 30745	За результатами досліджень			
		шар ґрунту, см			середнє по шарам
		0-5	5-10	10-15	
вологість, %	8,0-22,0	9,2	11,1	11,6	10,6
твердість, МПа	1,0-1,5	0,9	1,2	1,6	1,2

Для визначення зміни тягово-зчіпних показників трактора і підтвердження теоретичних досліджень з визначення дотичної сили тяги трактора на одинарних і здвоєних колесах залежно від величини буксування була отримана на підставі експерименту залежність величини буксування одинарних і здвоєних рушіїв трактора ХТЗ-150К-09 від зусилля на гаку на різних фонах.

Отримані дослідним шляхом залежності середніх значень буксування одинарних і здвоєних колісних рушіїв з шинами 21,3R24 від зусилля на гаку на різних агрофонах представлені в таблиці 4.4 і на рисунках 4.2 і 4.3.

Таблиця 4.4 – Залежність буксування трактора ХТЗ-150К-09 від зусилля на гаку на одинарних і здвоєних колесах з тиском повітря в шинах для одинарних 130 кПа і 100 кПа для здвоєних коліс.

Число рушіїв	Поле, підготоване до сівби							
	Одинарні	$P_{зк}$, кН	17,65	21,67	26,44	28,71	32,1	35,11
	δ , %	5	7	10	12	15	20	30
Здвоєні	$P_{зк}$, кН	24,42	29,42	34,35	36,72	39,22	42,62	46,92
	δ , %	5	7	10	12	15	20	30
Стерня колосових								
Одинарні	$P_{зк}$, кН	23,42	28,3	33,54	36,29	39,6	43,82	49,17
	δ , %	5	7	10	12	15	20	30
Здвоєні	$P_{зк}$, кН	32,49	38,11	43,86	46,61	49,72	54,49	60,51
	δ , %	5	7	10	12	15	20	30

З представлених даних видно, що зміна середньої величини буксування коліс залежно від зусилля на гаку, різного виду рушіїв і агрофону свідчить,

що трактор ХТЗ-150К-09 на здвоєних рушіях з шинами 21,3R24 в порівнянні з аналогічними шинами в одинарному варіанті має вищі тягово-зчіпні показники. Про це свідчить той факт, що тягове зусилля трактора при допустимому буксуванні рушіїв (15%) для одинарних коліс з шинами 21,3R24 склало 32,1 кН на поле підготовленому до сівби і 39,6 кН на стерньовому фоні.

Встановлення здвоєних коліс з шинами 21,3R24 дозволило збільшити рушійну силу за зчепленням трактора до 39,2 кН на полі, підготованому до сівби і 49,72 кН на стерньовому агрофоні.

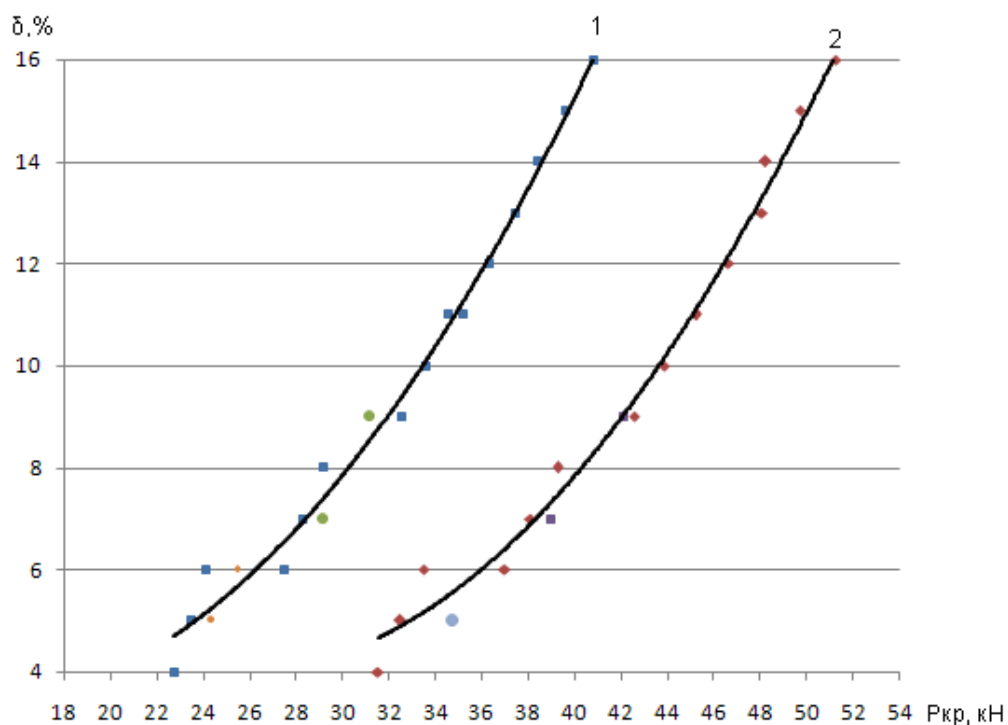


Рисунок 4.2 – Зміна величини буксування трактора ХТЗ-150К-09 від зусилля на гаку: 1 – одинарні колеса 21,3R24; 2 – здвоєні колеса 21,3R24 (стерньовий фон)

З представлених залежностей видно (рис.4.2, 4.3), що у всьому діапазоні зміни величини буксування трактора, незалежно від використовуваного фона відбувається збільшення його тягового зусилля від встановлення здвоєних коліс. Слід зазначити, що під час використання здвоєних рушіїв, на стерньовому фоні рушійна сила за зчепленням досягає найбільшого значення при допустимому буксуванні, що дозволяє використовувати трактор для агрегування широкозахватних агрегатів і виконувати енергоємні операції з обробітку ґрунту.

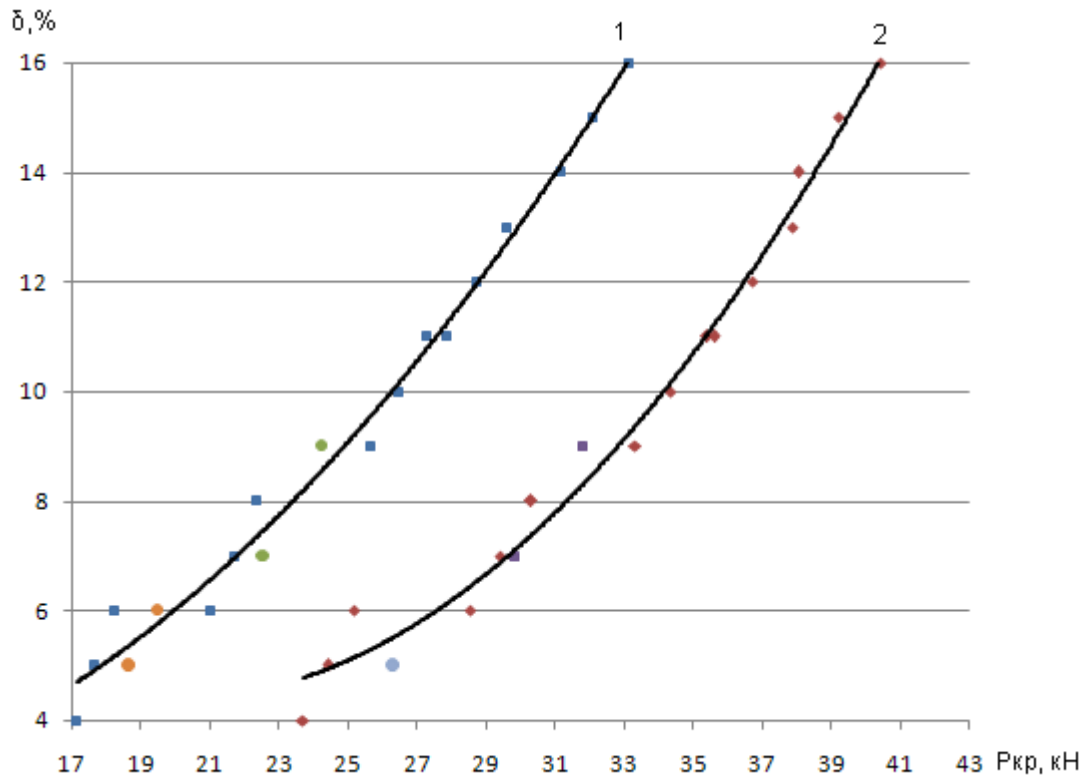


Рисунок 4.3 – Зміна величини буксування трактора ХТЗ-150К-09 від зусилля на гаку: 1 – одинарні колеса 21,3R24; 2 - здвоєні колеса 21,3R24 (поле підготоване під сівбу)

Теоретична і експериментальна залежності величини буксування трактора ХТЗ-150К-09 на різних колесах від тягового зусилля на гаку, отримані на стерні і полі під сівбу представлені на рисунках 4.4, 4.5.

З представленої залежності видно, що теоретичні та експериментальні дані залежності величини буксування трактора від зусилля на гаку в середньому мають розбіжність не більше 8%, незалежно від використовуваного фону, що дозволяє говорити про можливість використання даної залежності в попередніх розрахунках з прогнозування параметрів колісних рушіїв.

Слід зазначити, що під час експлуатації машинно-тракторних агрегатів значиму роль відіграє вибір режимів роботи, на яких досягається найбільша продуктивність під час виконання технологічних операцій.

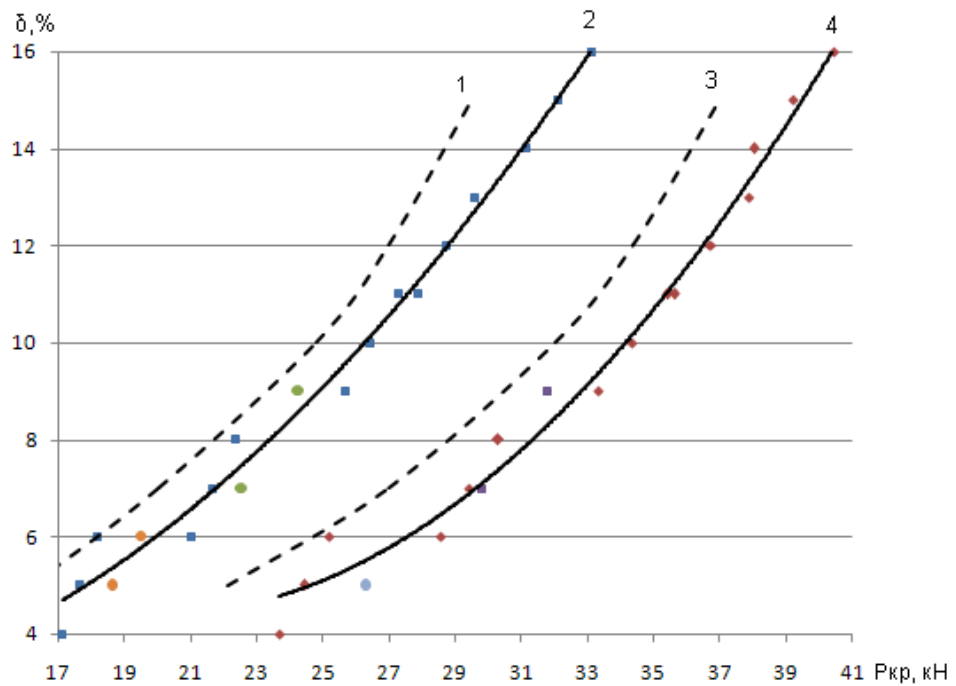


Рисунок 4.4 – Зміна величини буксування від зусилля на гаку на полі під посів, отриманої теоретичним і експериментальним шляхом: 1 – одинарні колеса (теор.); 2 – одинарні колеса (експ.); 3 – здвоєні колеса (теор.); 4 – здвоєні колеса (експ.);

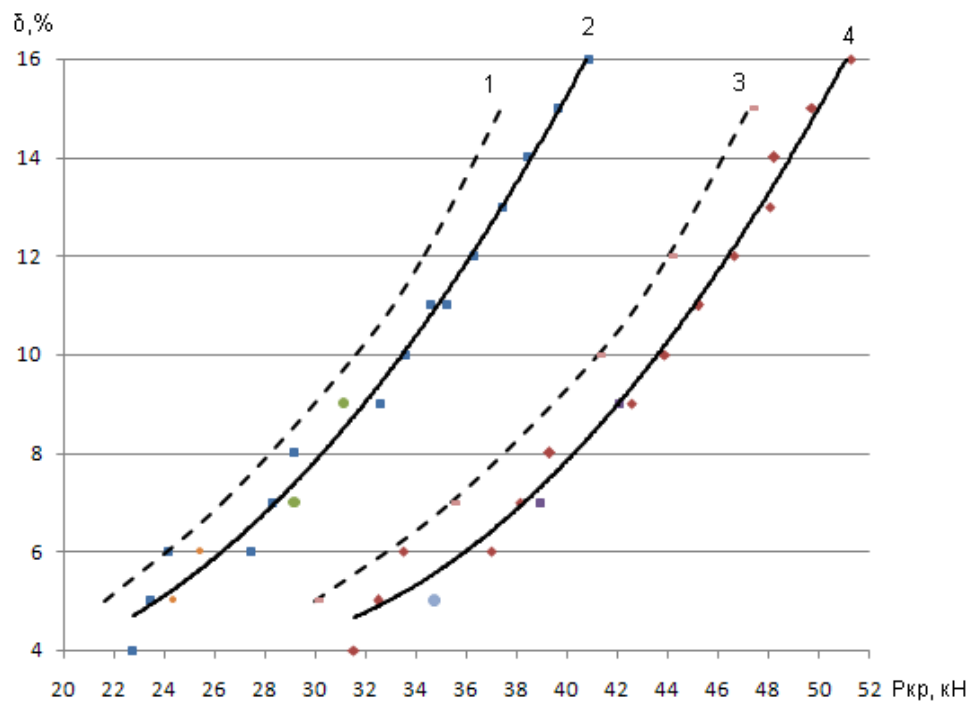


Рисунок 4.5 – Зміна теоретичної і експериментальної величини буксування від зусилля на стерньовому фоні: 1 – одинарні колеса (теор.); 2 – одинарні колеса (експ.); 3 – здвоєні колеса (теор.); 4 – здвоєні колеса (експ.)

З досвіду експлуатації машинно-тракторних агрегатів відомо, що допустима величина буксування може виходити за межі номінальної потужності двигуна, що обмежує використання агрегатів на даних режимах. У зв'язку з цим були визначені тягово-зчіпні показники трактора ХТЗ-150К-09 на різних режимах з урахуванням одинарних і здвоєних рушіїв на полі, підготованому до сівби і стерні відповідно до вищенаведеної методики. Порівняльний аналіз основних тягових показників проводився на режимах номінальної потужності двигуна і максимальної тягової потужності трактора для передачах II-1, II-2, II-3, II-4. Дані показники для різних фонів представлені в таблицях 4.5 і 4.6.

Таблиця 4.5 – Основні тягові показники трактора ХТЗ-150К-09 на стерні

Передача	Показники на номінальних обертках двигуна						Показники при найбільшій тяговій потужності							
	частота обертання вала двигуна, об/хв	тягова потужність, кВт	тягове зусилля, кН	швидкість руху, км/год	годинна витрата палива кг/год	питома витрата палива г/(кВтгод)	буксування %	тягова потужність, кВт	тягове зусилля, кН	швидкість руху, км/год	годинна витрата палива кг/год	питома витрата палива г/(кВтгод)	буксування %	тяговий ККД
Одинарні колеса 21,3R24														
II-1	2097	74,92	44,7	6,05	31,7	261	21,2	74,92	44,7	6,05	31,7	261	21,2	0,62
II-2	2097	83,5	38,74	7,74	31,7	261	14,1	83,8	39,8	7,6	32,56	265	15	0,68
II-3	2097	83,8	31,4	9,61	31,7	261	8,6	84,7	32,2	9,47	32,5	265	9,2	0,69
II-4	2097	82,7	26,35	11,3	31,7	261	6,13	84,0	27,1	11,2	32,5	265	6,5	0,68
Здвоєні колеса 21,3R24														
II-1	2097	87,7	47,9	6,6	31,7	261	13,2	87,7	47,9	6,6	31,7	261	13,2	0,71
II-2	2097	89,3	39,8	8,1	31,7	261	7,7	90,2	40,8	7,96	32,5	264	8,3	0,73
II-3	2097	89,7	32,3	10	31,7	261	4,9	91	33,2	9,23	32,5	264	9,9	0,74
II-4	2097	88,7	27,4	11,7	31,7	261	3,6	90,1	28,2	11,5	32,5	264	3,8	0,73

Таблиця 4.6 – Основні тягові показники трактора ХТЗ-150К-09 на полі, підготованому до сівби

Передача	Показники на номінальних обертах двигуна							Показники при найбільшій тяговій потужності						
	частота обертання вала двигуна, об/хв	тягова потужність, кВт	частота обертання вала двигуна, об/хв	тягова потужність, кВт	частота обертання вала двигуна, об/хв	тягова потужність, кВт	частота обертання вала двигуна, об/хв	тягова потужність, кВт	частота обертання вала двигуна, об/хв	тягова потужність, кВт	частота обертання вала двигуна, об/хв	тягова потужність, кВт	частота обертання вала двигуна, об/хв	тягова потужність, кВт
Одинарні колеса 21,3R24														
II-1	2097	-	-	-	-	-	-	59,86	33,94	6,34	27,35	267	17,85	0,49
II-2	2097	69,9	35,14	7,2	31,7	261	20,0	69,9	35,14	7,2	31,7	261	20,0	0,57
II-3	2097	73,75	28,52	9,32	31,7	261	11,8	74,6	29,41	9,14	32,5	264	12,6	0,61
II-4	2097	72,8	23,48	11,2	31,7	261	7,9	74,1	24,26	10,9	32,5	265	8,4	0,60
Здвоєні колеса 21,3R24														
II-1	2097	72,1	44,5	5,83	31,7	261	23,3	72,1	44,5	5,83	31,7	261	23,3	0,59
II-2	2097	80,6	36,7	7,92	31,7	261	12,0	81	37,8	7,7	32,5	264	13,1	0,66
II-3	2097	79,1	29,53	9,65	31,7	261	7,1	80,3	30,4	9,5	32,5	264	7,5	0,65
II-4	2097	78,7	24,5	11,57	31,7	261	5	80,1	25,3	11,4	32,5	264	5,3	0,65

Аналіз представлених даних таблиць 4.5 – 4.6 тягових показників трактора ХТЗ-150К-09 на різних режимах показав, що використання одинарних коліс призводить до неповного використання потужності двигуна. Слід зазначити, що робочими діапазонами під час виконання польових робіт є передача II з режимами 1, 2, 3, 4. Висока потужність двигуна обмежує його роботу з повними потенційними можливостями на режимах II-1 і II-2. Використання стримується через високе буксування рушіїв, значення якого перевищує агротехнічні вимоги. Для тракторів з колісною формулою 4К4 ця величина має значення 15%. Під час роботи трактора з одинарними колесами на полі, підготованому до сівби, на передачі II-1 потужність двигуна не реалізується на-

віть з підвищеним буксуванням рушіїв на відміну від здвоєних коліс, де потужність двигуна реалізується з підвищеним буксуванням коліс. Використання здвоєних коліс на полі під сівбу реалізує потенційні можливості двигуна трактора на передачах II-2 і II-1 – на стерні, що дозволяє комплектувати широкихзахватні агрегати.

Трактор зі встановленими здвоєними колесами на полі підготованому до сівби може розвинути тягове зусилля на передачі II-2 – 36,7 кН при швидкості руху 7,9 км/год і величиною буксування 12%. На стерні ці показники досягають на передачі II-1 відповідно 47,9 кН; 6,6 км/год і 13,2%.

Отже, встановлення здвоєних коліс дозволяє трактору ХТЗ-150К-09 працювати на полі, підготованому до сівби, при повній реалізації потужності двигуна на передачі II-2. Використання передачі II-1 буде обмежувати потужність двигуна рушійною силою за зчепленням, яка буде складати 39,2 кН. Стерньовий фон дозволяє реалізувати потенційні можливості двигуна на передачах II-1.

На режимах максимальної тягової потужності трактор на одинарних колесах 21,3R24 з врахуванням допустимого агротехнічними вимогами буксування і повної реалізації потужності двигуна, може використовуватися на полі, підготованому до сівби, на передачах II-3, II-4 і створювати зусилля в інтервалі 29,4...23,6 кН з діапазоном швидкостей 9,1...10,9 км/год і значенням буксування 8,4...12,6%. На стерні колосових робота ХТЗ-150К-09 можлива на режимах II-2, II-3, II-4, інтервал яких за тяговим зусиллям на гаку становить 27,1...39,8 кН з інтервалом робочих швидкостей 7,6...11,2 км/год і значенням буксування 6,5...15%.

У разі використання здвоєних коліс 21,3R24 на режимі максимальної гальної потужності трактор може працювати на всіх режимах крім передачі II-1 на полі, підготованому до сівби, де реалізація потужності двигуна відбувається при буксуванні 23 % з тяговим зусиллям 44,5 кН.

На полі, підготованому до сівби, трактор ХТЗ-150К-09 розвиває тягове зусилля в діапазоні 25,3...37,8 кН з інтервалом робочих швидкостей 7,7...11,4 км/год і буксуванням 5,3...13,1 %. Інтервал тягових можливостей на стерні становить 47,9...28,2 кН з інтервалом робочих швидкостей 6,6...11,5 км/год і буксуванням 13,2...3,8%.

Таким чином, використання трактора ХТЗ-150К-09 на здвоєних колесах як на полі, підготованому до сівби, так і на стерні дозволяє підвищити реалізацію потенційних тягових можливостей трактора і забезпечити тягові зусилля, достатні для виконання енергоємних робіт під час виконання технологічних операцій.

4.2. Оцінка впливу рушіїв тракторів на ґрунт

Особливості взаємодії з ґрунтом ходових систем сільськогосподарських тракторів і машин впливають з незвичайних умов їх роботи, що полягають в тому, що опорна поверхня є найскладнішим біологічним середовищем, яке має безцінну властивість – родючістю, т.б. здатністю давати урожай. Якщо не враховувати цю обставину і розглядати ґрунт як середовище, що забезпечує тільки реалізацію тягового зусилля трактора і функцію несучої основи, то наслідками такого підходу будуть переущільнення, руйнування структури ґрунту, ерозія, погіршення родючості і зниження врожайності с.-г культур.

Основними, найістотнішими характеристикою ґрунту є щільність і твердість, від яких залежить весь комплекс фізичних умов в ґрунті, його родючість. Найбільш негативний вплив на ущільнення ґрунту чинить ходова система тракторів.

Для оцінки впливу різних варіантів коліс трактора ХТЗ-150К-09 на ущільнення ґрунту були проведені заміри щільності і твердості ґрунту на стерні, таблиця 4.7, 4.8. Завданням досліджень була порівняльна оцінка ущільнюю-

чого впливу даних тракторів і оцінка втрат врожаю від ущільнюючого впливу трактора ХТЗ-150К-09 з різними варіантами коліс на ґрунт.

На рисунках 4.6 і 4.7 представлені графіки зміни щільності і твердості ґрунту по його шарам залежно від варіантів коліс трактора ХТЗ-150К.

Таблиця 4.7 – Показники щільності ґрунту по сліду тракторів, г/см³

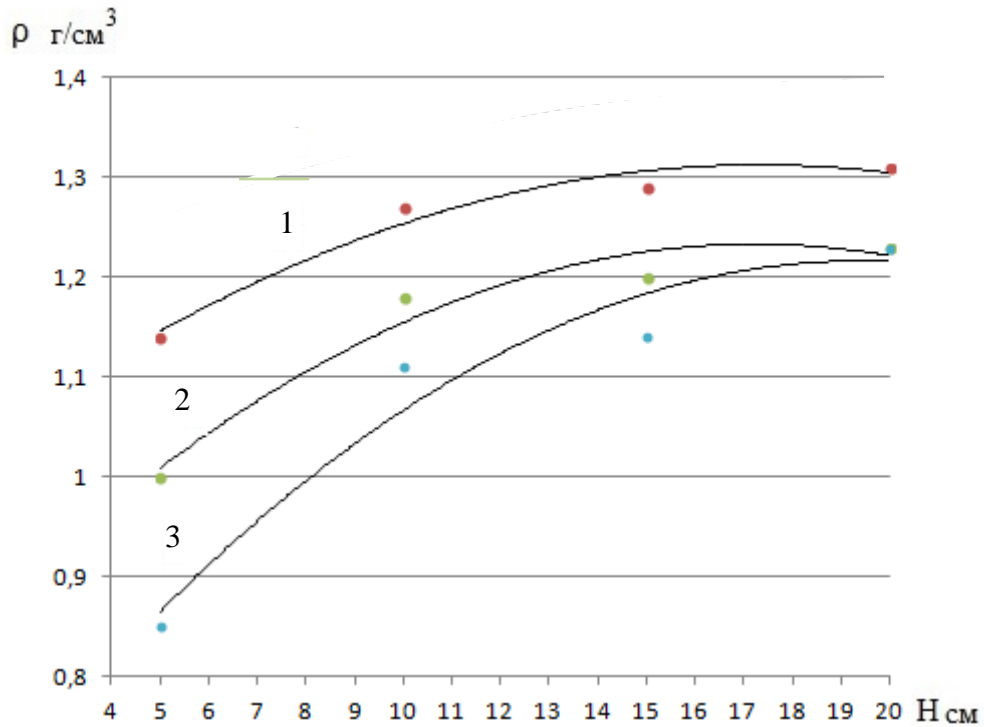
Марка трактора	Вологість ґрунту у відповідних шарах, %			
	23,9	23	22,1	21,7
	Шар ґрунту, см			
	0...5	5...10	10...15	15...20
ХТЗ-159К-09(4)	1,14	1,27	1,29	1,31
ХТЗ-159К-09(8)	1	1,18	1,2	1,23
Поза колією	0,85	1,11	1,14	1,23

Таблиця 4.8 – Показники твердості ґрунту по сліду тракторів, МПа

Марка трактора	Вологість ґрунту у відповідних шарах, %			
	23,9	23	22,1	21,7
	Шар ґрунту, см			
	0...5	5...10	10...15	15...20
ХТЗ-159К-09(4)	2,6	3,1	3,5	3,7
ХТЗ-159К-09(8)	2,4	2,84	3,1	3,3
Поза колією	0,67	1,32	1,64	1,71

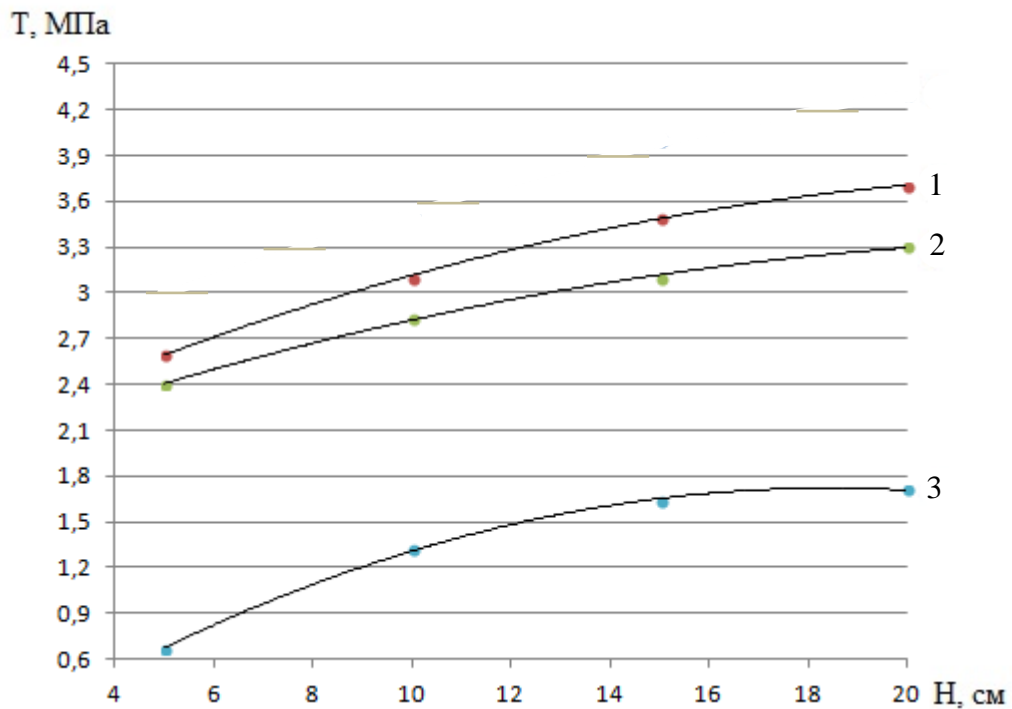
Замірами встановлено, що щільність ґрунту у відповідних шарах після проходу трактора ХТЗ-150К-09 на здвоєних колесах зменшилися порівняно з такими після трактора ХТЗ-150К-09 на стандартному ході.

Використовуючи трактора ХТЗ-150К-09 на одинарних колесах 21,3R24, щільність орного шару (5-10 см) збільшилася на 12,6% порівняно зі щільністю поза колією трактора. Встановлення здвоєних коліс дозволило зменшити щільність ґрунту в орному шарі (5-10см) на 7% з 1,25 г/см³ до 1,15 г/см³ по відношенню з одинарними колесами. Порівняно з вихідною щільністю орного горизонту (5-10 см) після здвоєних коліс вона збільшилася на 6% з 1,11 г/см³ до 1,18 г/см³.



1 – ХТЗ-150К-09 (21,3R24); 2 – ХТЗ-150К-09 (21,3R24 (8)); 3 – поза колією трактора

Рисунок 4.6 – Зміна щільності ґрунту по сліду рушія трактора



1 – ХТЗ-150К-09 (21,3R24); 2 – ХТЗ-150К-09 (21,3R24 (8)); 3 – поза колією трактора

Рисунок 4.7 – Зміна твердості ґрунту по сліду рушія трактора

У випадку використання одинарної шини 21,3R24 твердість ґрунту в орному шарі (5-10см) склала 3,1 МПа порівняно з вихідною твердістю ґрунту поза колією трактора рівною 1,32 МПа. Використовуючи здвоєні шини 21,3R24, твердість ґрунту зменшилася відповідно на 15% з 3,1МПа до 2,84 МПа порівняно з одинарними колесами.

Таким чином, використання здвоєних коліс на колісному тракторі ХТЗ-150К-09 дозволяє підвищити тягово-зчіпні властивості трактора і зменшити ущільнюючий вплив на ґрунт, і наблизити його до рівня, що задовольняє агротехнічні вимоги, в тому числі і за світовими стандартами.

Особливе значення під час виконання технологічних операцій набувають технологічні втрати, що виникають від ущільнення ґрунту. Таким чином, з врахуванням фактичної щільності ґрунту, були визначені показники ефективності використання трактора ХТЗ-150К-09 у фермерському господарстві від зниження втрат врожаю за рахунок зменшення ущільнюючого впливу рушіїв на ґрунт, які представлені в таблиці 4.9.

Таблиця 4.9 – Показники ефективності використання трактора ХТЗ-150К-09 у фермерському господарстві

Назва параметра	ХТЗ-150К-09 (4)	ХТЗ-150К-09 (8)	Приріст показника, %
Недобір врожаю по сліду, %	10	5	+50
Ущільнена площа, %	26,3	17,5	-33,5
Втрати від недобору врожаю, грн/га.	1400	1052	+25
Втрати від недобору врожаю з площі 500 га, грн.	700000	526000	+24,8%
Скорочення втрат від недобору врожаю за рахунок зменшення ущільнюючого впливу, грн.	-	174000	

Таким чином, використання здвоєних коліс на тракторі ХТЗ-150К-09, що незважаючи на значну частку ущільнення площі поля, дозволяє істотно знизити втрати від недобору врожаю за рахунок зниження щільності по сліду коліс і отримати додатковий прибуток від реалізації продукції.

4.3 Висновки до розділу

1. На підставі проведених тягових випробувань трактора ХТЗ-150К-09 на одинарних і здвоєних колесах був визначений основний тяговий діапазон на різноманітних ґрунтових фонах. На одинарних колесах трактор на полі підготованому до сівби може створювати зусилля в інтервалі 23,6...29,4 кН з діапазоном швидкостей 9,1...10,9 км/год і значенням буксування 8,4...12,6%, а на стерні тягове зусилля на гаку становить 27,1...39,8 кН з інтервалом робочих швидкостей 7,6...11,2 км/год і величиною буксування 6,5...15%. На полі підготованому до сівби трактор зі здвоєними колесами 21,3R24 створює тягове зусилля в діапазоні 25,3...37,8 кН з інтервалом робочих швидкостей 7,7...11,4 км/год і величиною буксування 5,3...13,1%. Інтервал тягових можливостей трактора зі здвоєними колесами на стерні становить 28,2...47,9 кН з інтервалом робочих швидкостей 6,6...11,5 км/год і величиною буксування 3,8...13,2%. Встановлення здвоєних коліс дає можливість збільшити тягову потужність трактора на 7% на стерні і на 8% на полі, підготованому до сівби.

2. Визначено, що встановлення здвоєних коліс дозволило зменшити щільність ґрунту в орному шарі (5-10 см) на 7% з 1,25 г/см³ до 1,15 г/см³ відносно одинарним колесам. Під час використання здвоєних шин 21,3R24 твердість ґрунту в шарі (5-10 см) зменшилася відповідно на 15% з 3,1 МПа до 2,84 МПа порівняно з одинарними колесами.

3. Дослідним шляхом при посіві зернових культур стерньовими сівалками по стерньовому фону встановлено, що по сліду трактора з парними колесами втрати врожаю становлять 1 ц/га, тоді як по сліду трактора з одинарними колесами, втрати досягають до 2 ц/га, що забезпечує отримання додаткового прибутку з площі ріллі 500 га від зниження ущільнюючого впливу на ґрунт в розмірі 174000 грн.

5 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА У НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЯХ

5.1 Вимоги безпеки до технічного стану тракторів

Трактори повинні задовольняти ряду вимог стосовно їх технічного стану для забезпечення безпеки праці оператора під час їх використання за призначенням, технічному обслуговуванню, під час транспортування і монтажу.

Загальні технічні вимоги безпеки. Кути поперечної статичної стійкості при колії за ГОСТ 28523 повинні бути не меншими 20° [13].

Навантаження на керовані колеса трактора повинна бути не меншою 0,2 його експлуатаційної маси при всіх видах навісних сільськогосподарських машин, знарядь і іншого устаткування.

Трактори на вимогу споживача можуть бути обладнані дзеркалом заднього виду з регулюванням його положення.

Рівень звуку зовнішнього шуму, виробленого трактором, не повинен перевищувати 85 дБА. Трактор повинен мати звуковий сигнал; рівень звуку сигналу повинен бути не менший ніж на 8 дБА вищий рівня зовнішнього шуму, випромінюваного трактором при номінальних оборотах двигуна і виміряного на відстані 1 м від зовнішньої поверхні трактора.

На тракторі має бути місце для установки заднього державного реєстраційного знака транспортних засобів і світлові прилади для освітлення останнього.

Трактори повинні бути забезпечені пристроями для кріплення первинних засобів пожежогасіння (вогнегасник, штикова лопата). Повинні бути забезпечені вільний доступ до цих засобів і зняття їх без застосування інструменту.

Конструкція тракторів, мотоблоків повинна виключати можливість самовільного включення і виключення трансмісії і приводу робочих органів.

У системі електрообладнання тракторів слід застосовувати напругу з ряду 6, 12, 24 В. У колах однопровідної системи, що живиться від акумуляторної батареї (за виключенням кола заземлення магнето), повинні бути встановлені запобіжники від перевантаження (короткого замикання). У двопровідній

системі запобіжники можуть бути встановлені як у плюсовому, так і в мінусовому дроті. Запобіжники повинні бути встановлені як можна ближче до виводів акумуляторної батареї, стартера, генератора.

Плюсові клеми електропроводів в місцях можливого замикання їх на масу випадковими струмопровідними предметами повинні бути захищені ізолюючими матеріалами. Клеми на виводах стартера, акумулятора і генератора також повинні бути захищені.

Електропроводка повинна збиратися в джгути. Джгути за можливості повинні групуватися і кріпитися до нерухомих частин. Повинні бути виключена можливість контакту з елементами паливної апаратури (трубопроводами, паливним баком), вихлопною системою, рухомими частинами, гострими краями. Джгути повинні бути захищені від пошкодження і тертя.

Відсік для установки акумуляторної батареї повинен мати вентиляційні та дренажні отвори.

Трактори повинні мати пристрій для зупинки двигуна, який має бути доступний оператору з місця пуску двигуна і управлятися рукою.

Розташування заправних горловин повинно виключати можливість потрапляння палива під час заправки на частини, здатні його запалити.

У паливній системі повинні бути виключені витіки (підтікання) палива.

Випускна система двигуна повинна забезпечувати гасіння іскор у відпрацьованих газах. Струмінь відпрацьованих газів повинен бути спрямована в бік від оператора.

Гальмівні системи повинні забезпечувати:

- зупинку і утримання трактора в агрегаті з одноосьовим причепом, що має гальмівний пристрій, на долати ухил, величина кута якого встановлена технічними умовами на трактор / мотоблок конкретної моделі;

- гальмівний шлях трактора в з'єднанні з одноосьовим причепом, м, обчислюють для "холодних" гальм за формулою:

$$S_0 \leq 0,1v_0 + \frac{v_0^2}{90},$$

де - v_0 швидкість трактора, км/год.

Частини механічних передач (шестерні, зірочки, шківни, ролики, ланцюги, вентилятори, ремені) і деталі із зворотним рухом, а також частини і деталі, що мають температуру вище 70°C (крім вихлопної труби і глушника), повинні бути огорожені або встановлені таким чином, щоб виключити зіткнення з ними оператора. Захисні кожухи та огороження повинні зніматися тільки за допомогою інструмента.

Навісні системи тракторів повинні мати механічні пристрої для їх фіксації в транспортному положенні.

Трактори повинні мати пристрої або місця стропування при підйомі, а також місця для установки домкратів. Місце стропування повинно позначатися знаком N 9 "Місце стропування" по ГОСТ 14192, а місце для установки домкрата - кругом діаметром не меншим 40 мм. Кольори позначень повинні бути контрастними по відношенню до основного кольору тракторів [22].

Вимоги до робочого місця оператора. Трактори повинні бути обладнані захисними кабінами або пристроями (дуги або каркаси), які у випадку перекидання трактора зберігали б вільний простір (зону) для оператора.

Робоче місце оператора трактора має бути обладнано сидінням зі спинкою. Розміри і регулювання сидіння - за технічними умовами на трактор конкретної моделі. Сидіння повинно бути оснащено ременем безпеки.

Трактори й мотоблоки, рівень шуму яких на робочому місці оператора перевищує встановлений ГОСТ 12.1.003 або допустимі рівні шуму при обмеженні часу безперервної роботи, повинні бути оснащені засобами індивідуального захисту органів слуху.

На тракторі має бути передбачено місце для розміщення аптечки першої медичної допомоги.

Вимоги до доступу на робоче місце оператора. Трактори повинні бути обладнані підніжками і поручнями, що забезпечують безперешкодний прохід

оператора до робочого місця. Допускається використовувати в якості підніжок і поручнів конструктивні елементи трактора.

Відстань по висоті від площини опорної поверхні підніжки має бути не більшою: 400 мм - до поверхні землі (в технічно обгрунтованих випадках допускається до 550 мм); 200 мм - до поверхні конструктивного елемента трактора, що служить опорою для ніг оператора в робочому положенні. Ширина опорної поверхні підніжки - не менша 150 мм.

Вимоги до органів керування трактором

Центри рукояток і педаль органів управління трактором і робочим обладнанням (у всіх робочих положеннях) повинні бути розташовані в зоні досяжності. Взаємне розташування сидіння, педаль муфти зчеплення і гальма, а також рульового колеса має відповідати ГОСТ 12.2.120. Допускається допоміжні і дублюючі органи управління розташовувати в місцях, доступних з робочого місця оператора.

Люфт рульового колеса трактора повинен бути не більшим 25° . Відстань від зовнішньої поверхні рульового колеса в зоні переміщення кистей рук до інших елементів робочого місця оператора трактора має бути не меншою 80 мм.

Опорні майданчики основних педаль управління трактором і робочим обладнанням повинні мати довжину і ширину не меншу 60 мм. Розміри допоміжних і дублюючих педаль - за технічними умовами на трактор конкретної моделі.

Елементи органів управління, з якими стикаються руки оператора, слід виготовляти з матеріалів з низькою теплопровідністю (не більше $0,25 \text{ Вт} / (\text{м} \cdot \text{К})$), або вони повинні мати покриття з цього матеріалу товщиною не меншою 0,5 мм [21].

Вимоги до оглядовості і освітленості. Конструкція тракторів повинна забезпечувати видимість з робочого місця оператора в робочому положенні "сидячи" наступних об'єктів спостереження:

- візирів (елементи конструкції тракторів) і орієнтирів руху (наприклад, борозна, слід колеса або гусениці, рядки рослин, лінія маркера);
- робочих органів, що вимагають візуального контролю при виконанні технологічного процесу;
- габаритних точок (елементів) трактора, в тому числі маркера.

5.2 Структурно-функціональний аналіз технологічної операції

У процесі роботи внаслідок порушення нормативних вимог охорони праці, допущення помилок, виникає можливість потрапляння людини в небезпечну зону. Дія, внаслідок якої людина потрапляє до небезпечної зони, вважається небезпечною. Під час сівби попадання в небезпечну зону може бути внаслідок відсутності попереджувальних знаків небезпечних місць, відсутності страхувальних ланцюгів, несправностям гідравлічної системи, порушення відповідних правил експлуатації машинно-тракторного агрегату (регулювання сівалки при працюючому двигуні трактора, ліквідація забивання робочих органів на ходу, використання несправних ґрунтообробних агрегатів.

Робота МТА може супроводжуватися небезпечними умовами, які визначаються недоліками конструкцій машин, технологічного обладнання, низьким рівнем організації праці тощо. Вищезазначені явища, що формують небезпечну, ситуацію мають певну достовірність виникнення, а це означає, що небезпечні умови (НУ), небезпечні ситуації (НС), небезпечні дії (НД) і їх наслідки – аварія (А), травма (Т) належать до випадкових явищ [22].

У зв'язку з цим необхідно змодельовати процеси формування, виникнення небезпечних ситуацій та їх наслідків, і на підставі їхнього аналізу попереджувати існуючі і потенційні небезпеки [22].

Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій під час культивування з використанням МГТ представлено в табл. 5.1.

Таблиця 5.1 – Моделювання процесів формування та виникнення травмонебезпечних ситуацій під час культивуації

Вид робіт, склад агрегату	Виробнича небезпека			Можливі наслідки	Заходи запобігання небезпечним ситуаціям
	небезпечна умова (НУ)	небезпечна дія (НД)	небезпечна ситуація (НС)		
Сівба ХТЗ-150К-09 + стерньова сівалка СЗ-2,1	Трактор обладнаний несправною підніжкою (НУ ₁). Несправність муфти зчеплення	Під час сходження з кабіни тракторист втрачає рівновагу НД ₁	Падіння тракториста на землю НС ₁ . Самовільний рух трактора НС ₂ .	Травма	Розробити конструкцію удосконаленої підніжки і обладнати ними трактори. Не допускати до роботи трактори з технічними несправностями. Регулювання вільного ходу педалі муфти зчеплення.
	Модель процесу: НУ ₁ → НД ₁ → НС ₁ → НС ₂ → Т				
	Начіпна сівалка не має пристрою для фіксування її у піднятому стані НУ ₁ . Можлива технічна несправність гідросистеми НУ ₂ .	При заміні робочих органів працюючий знаходиться під сівалкою НД	Можливе самовільне опускання сівалки НС.	Травма	Важелі гідросистеми тракторів повинні мати блокувальний пристрій для запобігання довільному опусканню начіпної машини
	Модель процесу: НУ ₁ → НУ ₂ → НД → НС → Т				
	З'єднання трактора з сівалкою здійснюється за допомогою ручних операцій НУ ₁ і з залученням допоміжного працівника НУ ₂	Під час агрегування робочий знаходиться між трактором і агрегатом НД	Можливий наїзд на допоміжного працівника НС	Аварія. Травма допоміжного працівника	Трактори повинні мати спеціальні пристрої для автоматичного агрегування причіпних машин
	Модель процесу: НУ ₁ → НУ ₂ → НД → НС → Т, А				

5.3 Екологічна безпека

У сільськогосподарському виробництві все ширше застосовують інтенсивні технології, які включають багаторазові проходи по полю потужних і важких машинно-тракторних агрегатів, збиральних комбайнів, вантажних технологічних і транспортних мобільних засобів. Це призводить до розбалансування природного навколишнього середовища. Негативно впливає МТА через викиди відпрацьованих газів (ВГ) двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ) ущільнення ґрунту та руйнування її структури під тиском ходових систем мобільних енергетичних засобів та ґрунтообробних робочих органів. Частка викидів ВГ тільки від тракторів перевищує 60% загального обсягу викидів в атмосферу забруднюючих речовин і понад 75% – від усіх мобільних енергетичних засобів. За останні 15-20 років потужність тракторів зросла в 1,5-3 рази, а їх маса – у 2-3 рази при одночасному збільшенні маси сільськогосподарської техніки в 1,5 рази. На сьогодні в ґрунтах України запаси гумусу коливаються від 3,5% до 3,2%, що на 1-2% нижче оптимуму. Це призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур на 15-20%. У результаті багаторазових проходів таких енергонасичених агрегатів сумарна площа їх слідів на полі перевищує розмір оброблюваної ділянки в 1,5-2 рази і тільки 10-15% її не зазнають впливу ходових систем МТА. Висока щільність спричиняє погіршення фізико-біологічних властивостей ґрунту, що ускладнює проникнення коренів у нижні горизонти до вологи, поживні речовини залишаються недоступними рослинам, погіршуються умови життєдіяльності мікроорганізмів. Виникла реальна небезпека порушення природно-екологічного балансу [4].

Висновок

Неухильне дотримання правил техніки безпеки, моделювання можливих травмонебезпечних ситуацій сприятиме попередженню виникненню аварійних ситуацій на виробництві.

6 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНА ОЦІНКА ВИКОРИСТАННЯ ТРАКТОРА ХТЗ-150К-09

6.1 Визначення показників економічної ефективності

Оцінка економічної ефективності в даній роботі здійснювалася згідно з методикою, представленою в [20].

З врахуванням ГОСТ 23728-88 (п. 1.2) за критерій економічної ефективності окремих машин і комплексів приймається економічний ефект, який узагальнено визначається як різниця прямих витрат у випадку виконання річного обсягу робіт, зміни кількості і якості товарної продукції в процесі виконання робіт, залучення трудових ресурсів.

Загальний економічний ефект за річний період використання техніки:

$$E = (P_{\sigma} - P_{\eta})W_{\eta}, \text{ грн.} \quad (6.1)$$

де P_{σ} – комплексні питомі витрати (базовий варіант), грн./у.ет.га;

P_{η} – комплексні питомі витрати (дослідний варіант), грн./у.ет.га;

W_{η} – річний об'єм робіт, у.ет.га.

Економічна оцінка результатів наукових досліджень проведена на прикладі фермерського господарства.

Комплексні питомі витрати на одиницю роботи становлять:

$$P_{\sigma(\eta)} = A + Z + R_{kr} + R_{np} + R_{mo} + G, \quad (6.2)$$

де A – витрати на амортизацію техніки, грн./у.ет.га;

Z – витрати на заробітну плату механізаторів, грн./у.ет.га;

R_{kr} – витрати на капітальний ремонт технічних засобів, грн./у.ет.га;

R_{np} – витрати на поточний ремонт техніки, грн./у.ет.га;

R_{mo} – витрати на технічне обслуговування, грн./у.ет.га;

G – витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./у.ет.га;

$$A = \frac{\sum C_{\delta i} (\alpha + E_{\eta})}{100W_{\text{год}}T_{\text{год}}}, \quad (6.3)$$

де $C_{\delta i}$ – балансова вартість i -ої машини в процесі, грн.;

α – річні відрахування на амортизацію;

$W_{год}$ – продуктивність за годину робочого часу, у.ет.га /год;

$T_{год}$ – завантаження машини у році, год;

E_n – ставка банківського кредиту.

Визначення витрат на капітальний ремонт техніки, грн./у.ет.га

$$R_{кр} = \frac{\sum C_{\delta i} \delta_{кр}}{100W_{год} T_{год}}, \quad (6.4)$$

де δ – річні відрахування на амортизацію.

Визначення витрат на поточний ремонт техніки, грн./у.ет.га

$$R_{пр} = \frac{\sum C_{\delta i} \delta_{пр}}{100W_{год} T_{год}}, \quad (6.5)$$

де $\delta_{пр}$ – коефіцієнт відрахувань на поточний ремонт.

Визначення витрат на технічне обслуговування техніки:

$$R_{мо} = \frac{\sum C_{\delta i} \delta_{мо}}{100W_{год} T_{год}}, \quad (6.6)$$

де $\delta_{мо}$ – коефіцієнт відрахувань на технічне обслуговування;

$$z = \frac{m_{мех} \mathcal{C}_м + m_{доп} \mathcal{C}_д}{W_{год}}, \quad (6.7)$$

де $\mathcal{C}_м, \mathcal{C}_д$ – годинна ставка механізаторів і допоміжних робітників.

Визначення витрат грошових коштів на паливно-мастильні матеріали:

$$G = q \mathcal{C}_{пмм}, \quad (6.8)$$

де q – об'єм витрачених ПММ, кг;

$\mathcal{C}_{пмм}$ – комплексна ціна за 1 кг паливно-мастильних матеріалів, грн./га.

Розрахунки показали, що в умовах завантаженості трактора ХТЗ-150К-09 на здвоєних колесах в умовах системи землеробства с.-г підприємства можна зменшити рівень комплексних витрат по відношенню до одинарних коліс на 35%. Дане зниження пов'язане зі скороченням термінів виконання польових робіт і збільшенням річного завантаження протягом періоду робіт.

Таблиця 6.1 – Економічна оцінка трактора типу ХТЗ-150К-09(4) з варіантним порівнянням з трактором ХТЗ-150К-09(8) і Т-4А

Показник	ХТЗ-150К-09(4)	ХТЗ-150К-09(8)	Т-4А
Балансова вартість, грн.	1700000	1800000	1600000
Приведена вартість с.-г машин на один трактор, грн.	1617660	1914020	1294020
Витрати на капітальний ремонт, грн./у.ет.га	136,4	106,4	157,6
Витрати на поточний ремонт, грн./у.ет.га	207,8	162	240
Витрати на технічне обслуговування, грн./у.ет.га	207,8	162	240
Прямі експлуатаційні витрати трактора, грн./у.ет.га	552	430,4	637,6
Витрати на поточний ремонт с.-г машин, агрегованих з трактором, грн./у.ет.га	239,7	208,8	137,2
Витрати на технічне обслуговування с.-г машин, агрегованих з трактором, грн./у.ет.га	239,7	208,8	137,2
Прямі експлуатаційні витрати с.-г машин, агрегованих з трактором, грн./у.ет.га	479,3	417,6	274,5
Витрати на паливно-мастильні матеріали, грн./у.ет.га	140,6	140,6	124,8
Витрати на заробітну плату грн./у.ет.га	16,1	14,5	14,5
Загальні експлуатаційні витрати, грн./у.ет.га	1188	1003,2	1051,4
Витрати на придбання техніки грн./у.ет.га	613,4	507,2	698,2
Витрати пов'язані із зміною строків виконання польових робіт грн./у.ет.га	543,8	-	-
Комплексні витрати грн./у.ет.га	2345,1	1510,6	1749,6

Зменшення комплексних витрат порівняно з трактором Т-4А на 13,7% пов'язано зі збільшенням річного завантаження за рахунок залучення трактора ХТЗ-150К-09 на транспортні роботи з обслуговування зернозбиральних комбайнів. Річний економічний ефект від використання трактора ХТЗ-150К-09 на здвоєних рушіях 21,3R24 на відміну від застосування стандартних ко-

ліс» склав 462800 грн. на рік. У випадку заміни на Т-4А ефект становить 142900 грн. на рік.

В умовах фермерських господарств, через неможливість мати різномарочність структури тракторів виникає проблема вибору енергетичного засобу, що дозволяє виконати комплекс польових робіт. Використання гусеничних тракторів стримується їх мобільністю і здійснення транспортних робіт, до того ж потрібно додаткові витрати на зберігання техніки в полі в період виконуваних робіт. Усунення цих недоліків дозволяє використання колісних тракторів, які більш універсальні. На прикладі умов фермерського господарства ефективність використання агрегатів на базі трактора ХТЗ-150К-09 зі здвоєними колесами досягається за рахунок підвищення продуктивності і скорочення тривалості виконання польових робіт, а також від збільшення врожаю за рахунок зниження негативного впливу на ґрунт. При посіві однієї культури на площі 500 га річна економія від використання трактора на здвоєних колесах склала 249500 грн. При посіві трьох культур на площі 1000 га відповідно 543700 грн.

6.2 Висновки до розділу

1. Встановлено, що використання трактора ХТЗ-150К-09 на здвоєних колесах під час виконання польових робіт протягом року дозволяє скоротити комплексні витрати по відношенню до тракторів ХТЗ-150К-09 (4) і Т-4А відповідно на 35% і 13,7% і отримати річний економічний ефект, відповідно 462800 грн. і 142900 грн. на рік.

2. Застосування трактора ХТЗ-150К-09 зі здвоєними колесами в умовах фермерського господарства при посіві зернових культур в порівнянні з трактором з одинарними колесами дозволило отримати річний економічний ефект за рахунок скорочення витрат пов'язаних з використанням технічних і трудових ресурсів, а також від скорочення термінів проведення робіт і зменшення втрат врожаю від ущільнюючого впливу рушіїв трактора для площі 500 га – 249500 грн. і 543700 грн. при посіві трьох типів культур на площі 1000 га

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Аналіз результатів наукових досліджень та узагальнення передового досвіду показали, що роботи в землеробстві мають істотні відмінності за витратами енергії на їх виконання, що обумовлює необхідність застосування тракторів середнього класу тяги для фермерських господарств, а в поєднанні з тракторами класу 5-8 у великих підприємствах. Проте високий питомий тиск їх рушіїв на ґрунт порушує вимоги агротехніки і обумовлює необхідність здвоювання коліс або застосування шин низького тиску.

2. Лабораторно-польовими і виробничими випробуваннями встановлено, що зі встановленням здвоєних коліс 21,3R24 на трактор ХТЗ-150К-09 максимальні тягові можливості збільшуються з 29,4 кН до 37,8 кН на полі, підготованому до сівби, на стерні відповідно з 39,8 кН до 47,9 кН, що збільшує продуктивність агрегатів на посіві зернових культур до 12% при зниженні витрат палива на 9%, ущільнюючий вплив на ґрунт зменшується з 62 до 46 кПа.

3. Розроблена методика проектування параметрів рушія колісного трактора загального призначення підтверджена експериментальними дослідженнями трактора ХТЗ-150К-09 з одинарними і здвоєними колесами. Це дозволило обґрунтувати рівень ефективності використання, а також технічні та агротехнологічні показники використання трактора.

4. Встановлено, що використання здвоєних коліс на тракторі ХТЗ-150К-09 при посіві зернових культур в порівнянні з трактором з одинарними колесами дозволяє отримати річний економічний ефект за рахунок скорочення витрат пов'язаних з використанням технічних і трудових ресурсів, а також від скорочення термінів проведення робіт і зменшення втрат врожаю від ущільнюючого впливу рушіїв трактора для площі 500 га – 249500 грн. і 543700 грн. при посіві трьох типів культур на площі 1000 га

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Агеев Л.Е. Основы расчета оптимальных и допустимых режимов работы машинно-тракторных агрегатов. Ленинград: Колос, 1978. 296 с.
2. Астафьев В. Л., Гридин Н. Ф., Окунев Г. А., И. А. Гайнуллин И. А. Совершенствование технической оснащённости села с учетом уплотняющего воздействия МТА на почву. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2002. №9, С. 11-12.
3. Баранович Б. М., Чудиновских В. М., Черноглазов В. С. Снижение уплотнения почвы ходовыми системами машинно-тракторных агрегатов. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1983. №5. С. 62.
4. Бегей С.В., Шувар С.В. Екологічне землеробство: Підручник. Львів: «Новий світ – 2000», 2007. 429 с.
5. Бондарев А. Г. Прогнозная оценка уплотнения почвы движителями. *Тракторы и сельхозмашины*. 1988. № 5. С. 9-14.
6. Виноградов В. И., Саклаков В. Д., Окунев Г. А., Берко А. Н. Сдвоенные колеса на тракторе К-700. *Техника в сельском хозяйстве*. 1986. № 10. С.11-15.
7. Водяник К. К. Воздействие ходовых систем на почву (научные основы). Москва: Агропромиздат, 1990, 172 с.
8. Горячкин В. П. Собрание сочинений в 3-х томах. Москва: Колос, 1965.
9. ГОСТ 18509-88 «Дизели тракторные и комбайновые. Методы стендовых испытаний» Москва: Изд-во стандартов, 1989. С. 5.
10. ГОСТ 26953-86. Техника сельскохозяйственная мобильная. Методы определения воздействия движителей на почву. Москва: Изд-во стандартов, 1986. С. 4.
11. ГОСТ 26955-86 Нормы воздействия движителей на почву. Москва: Изд-во стандартов, 1986. С. 3.
12. ГОСТ 7057-2001. Тракторы сельскохозяйственные. Методы испытаний. Москва: Изд-во стандартов, 2001. С. 5.

13. Гряник І.М., Лехман С.Д. Охорона праці. Київ: Урожай, 1994. 187с.
14. Гуськов В. В. Тракторы. Теория. Ч. II. Минск: Вышэйшая школа, 1977. 230с.
15. Доспехов Б. А., Пупонин А. И. Земледелие с основами почвоведения. Москва: Колос, 1978. 254 с.
16. Зангиев А.А. Оптимизация массы и скорости машинно-тракторных агрегатов. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1998. № 5. С. 8-10.
17. Іванишин В. В. Оцінка стану виробництва сільськогосподарської техніки та забезпечення нею сільгосптоваровиробників. *Ефективна економіка*. 2021. № 7. С. 25–32.
18. Кононюк В.А., Медведовський О.К., Вихровський П.І. Довідник агронома. Київ: Урожай, 1985. 672 с.
19. Кормановский Л. П. Эффективные машины и технологии - основа развития сельскохозяйственного производства. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2002. № 1. С. 43-46.
20. Косачев Г. Г. Экономическая оценка сельскохозяйственной техники. Москва: Колос, 1978. 147с.
21. Ксенович И. П., Скотников В. А., Ляско М. И. Ходовая система - почва - урожай. Москва: Агропромиздат, 1985. 304 с.
22. Лехман С.Д., Рублев В.І., Рябцев Б.І. Запобігання аварійності і травматизму у сільському господарстві. Київ: Урожай, 1993. 267 с.
23. Липкович Э.И. Производство тяжелых сельскохозяйственных тракторов: состояние и перспективы. *Тракторы и сельскохозяйственные машины*. 2006. № 11. С. 15-19.
24. Ляско М.И. Уплотняющее воздействие на почву машин. Критерии его оценки и допустимые пределы. Ходовая часть почва урожай. Москва: Агропромиздат, 1985. 179 с.

25. Машиновикористання в рослинництві: навч. посіб. / М.О. Демидко, С.М. Бондар, Р.В. Шатров, В.Д. Гречкосій, В.І. Василюк; За ред. проф. Демидка М.О. Ніжин: Аспект, 2009. 180 с.
26. Носко Б. С., Бахтин П. У. Уплотнение почвы движителями тракторов и машин. *Механизация и электрификация сельского хозяйства*. 1981. № 2, С. 34.
27. Пупонин А. И., Матюк Н. С., Русанов В. А. Деформация дерново-подзолистой почвы ходовыми системами тракторов и урожай. *Земледелие*. 1981. № 3, С. 22-24.
28. Ревут И. Б. Физика почв. Ленинград: Колос, 1972. 368 с.
29. Тихоненко Д.Г., Горін М.О., Лактіонов М.І. Грунтознавство: підруч. Київ: Вища освіта, 2005. 703 с.
30. Тургиев А.К., Карапетян М.А., Мочунова Н.А. Касательная сила тяги колёсного трактора. *Тракторы и сельхозмашины*. 2010. № 11 С. 17-18.
31. Харківський тракторний завод [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://xtz.ua> (дата звернення: 13.09.21)
32. Чернілевський М. С., Білявський Ю. А., Кропивницький Р. Б., Ворона Л. І. Агротехнічні вимоги та оцінка якості обробітку ґрунту: навч. посібник. Житомир: Вид-во «Житомирський національний агроекологічний університет», 2012. 84 с.