

НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«ХАРКІВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ»
МІНІСТЕРСТВА ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

РЕБРОВ ОЛЕКСІЙ ЮРІЙОВИЧ

УДК 631.37

ДИСЕРТАЦІЯ

НАУКОВЕ ОБҐРУНТУВАННЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛІСНИХ
РУШІЇВ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ НА ЕНЕРГОЄМНИХ
ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЯХ ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

Спеціальність 05.22.02 – автомобілі та трактори
Галузь знань 13 – механічна інженерія, 27 – транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей,
результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело

(підпис)

О.Ю. Ребров
(ініціали та прізвище здобувача)

Науковий консультант – Кальченко Борис Іванович, Заслужений діяч
науки і техніки України, доктор технічних наук, професор

Харків – 2021

АНОТАЦІЯ

Ребров О.Ю. Наукове обґрунтування підвищення ефективності колісних рушіїв сільськогосподарських тракторів на енергоємних технологічних операціях обробітку ґрунту. – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук за спеціальністю 05.22.02 «Автомобілі та трактори» (13 – Механічна інженерія, 27 – Транспорт). – Національний технічний університет «Харківський політехнічний інститут», Міністерство освіти і науки України, Харків, 2021.

Дисертація присвячена розв'язанню науково-прикладної проблеми підвищення ефективності та екологічності рушіїв колісних тракторів при виконанні комплексу сільськогосподарських операцій за рахунок науково-обґрунтованого вибору типорозмірів шин та раціональних режимів їх функціонування.

На основі розгляду фізичних основ окресленої проблеми виявлено протиріччя між підвищенням тягової ефективності та екологічності рушіїв трактора, яке полягає у їх протилежній спрямованості. Показано, що виявлене протиріччя може бути розв'язане за рахунок обґрунтованого підходу до вибору шин та їх експлуатаційних режимів функціонування. Даний аналіз ґрунтовим ресурсам України, розглянуті фізико-механічні властивості ґрунту та проблема його переуцілювання. Показано, що на території України сприятливі ґрунтово-кліматичні умови для високоефективного обробітку ґрунту.

Проаналізовані фактори та чинники, що впливають на ефективність взаємодії трактора з ґрунтовим середовищем, а також шляхи та засоби підвищення ефективності сільськогосподарських колісних тракторів. Доведена необхідність аналізу та врахування ґрунто-кліматичних умов при дослідженні питань підвищення ефективності та екологічності колісних рушіїв. Розглянуті сучасні інноваційні конструкції шин, системи, пристрої й конструктивні заходи, спрямовані на підвищення ефективності колісних тракторів. Наведені принципи розробки та ідентифікації математичної моделі тракторних шин, поданий аналіз

здвоєння та способів баластування трактора, у тому числі й наповнення шин рідиною. Окреслена методологія нового підходу до визначення основних конструктивних параметрів колісних сільськогосподарських тракторів. Дана оцінка методики визначення потенційних тягових характеристик та техніко-економічних показників тракторів з урахуванням режимів роботи ДВЗ, параметрів пневматичних шин і їх взаємодії з ґрунтом. Показана перспективність формування та ідентифікації тягово-динамічної моделі функціонування колісних тракторів на типових сільськогосподарських операціях за польовими циклами PowerMix, що є загально визнаними випробувальними циклами процедури тягово-динамічних випробувань. Показана необхідність формування інтегральних критеріїв оцінки ефективності та екологічності рушіїв сільськогосподарських тракторів за комплексом техніко-економічних та екологічних показників, що дасть змогу сформулювати рекомендації щодо заходів і способів підвищення ефективності та екологічності рушіїв при проектуванні нових конструкцій та модернізації наявних тракторів. Визначені показники ґрунто-кліматичних умов України, фізико-механічні характеристики тракторних шин і їх взаємодії з ґрунтом. Наукова новизна дослідження відображена в нових взаємозв'язках ґрунто-кліматичних умов, агроекологічних обмежень і показників взаємодії трактора з зовнішнім середовищем. Проаналізовано та узагальнено досвід світового тракторобудування у вигляді кількісних показників щодо конструктивних параметрів трактора та його ходової системи. Визначені перспективи та тренди розвитку тракторобудування. На основі аналізу світового досвіду та вивчення впливу параметрів ходової системи на ефективність функціонування трактора обґрунтовані теоретичні положення щодо визначення основних конструктивних показників сільськогосподарських колісних тракторів, що становить наукову новизну дисертаційного дослідження.

Наведено методику моделювання та аналізу тягових та техніко-економічних показників машинно-тракторних агрегатів (МТА) на базі колісних тракторів, у тому числі з урахуванням режимів роботи двигуна. Розглянуті складові енергетичного балансу та ККД трактора, проаналізоване перетворення

потоків потужності в тракторі з урахуванням умов відсутності циркуляції потужності та особливостей погодження довжини окружності кочення шин з внутрішнім передавальним числом приводу ведучих мостів. Запропонована методика визначення відносних середньоінтегральних показників ефективності трактора, яка має ознаки наукової новизни та дає змогу об'єктивно кількісно оцінювати й порівнювати трактори при комплектуванні різними шинами.

Підтверджені рекомендації щодо внутрішнього передавального числа приводу ведучих мостів в частині забігання шин переднього моста, що має практичне значення для створення нових колісних тракторів з шинами однакового розміру, та запобігає виникненню процесів циркуляції потужності при русі трактора без сили тяги на гаку.

Наведено методику моделювання характеристик тракторного дизельного двигуна з урахуванням швидкісного режиму, зовнішньої навантаги, а також положення органу управління подачею палива. Запропонована нова методика апроксимації універсальної характеристики витрати палива комбінованим способом: поліномом і сплайном, яка містить також алгоритм коректування відхилення теоретичних та експериментальних даних за допомогою функції щільності ймовірності двомірного нормального розподілу випадкових величин. Розглянута структура та показники польових випробувальних циклів PowerMix, на основі яких запропонований план імітаційного експерименту, що враховує розподіл річного обсягу робіт трактора за типовими сільськогосподарськими операціями. Проведена апробація запропонованої моделі тягово-динамічних випробувань, на основі якої за сформованим планом імітаційного експерименту отриманий комплекс тягово-динамічних показників колісного трактора. Запропоновані критерії оцінювання ефективності тракторів за показниками тягово-динамічних випробувань за польовими циклами PowerMix, що дають змогу порівнювати трактори різної потужності та маси. Розроблений комплексний підхід до тягово-динамічних випробувань колісних тракторів на основі польових циклів PowerMix та оцінки їх результатів має всі ознаки наукової новизни.

Запропоновані в дисертації основні наукові положення, розробки та рекомендації впроваджені у виробничих підприємствах та наукових установах, серед яких ВАТ «Харківський тракторний завод», ТОВ «Українське конструкторське бюро трансмісій і шасі», ТОВ «Лозівський ковальсько-механічний завод», ТОВ «ГА Інжиніринг», ТОВ «ГА Проект».

Ключові слова: трактор колісний, тракторна шина, здвоєння шин, максимальний тиск на ґрунт, тягова динаміка, цикли PowerMix.

Список публікацій здобувача:

Список публікацій, в яких опубліковані основні наукові результати дисертації:

1. Ребров А.Ю. Развитие классических методов тягового расчета трактора с учетом основных технико-экономических показателей МТА / А.Ю. Ребров, В.Б. Самородов // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2008. – № 58. – С. 11–20.

2. Ребров А.Ю. Внешние скоростные характеристики тракторных дизельных двигателей постоянной мощности / А.Ю. Ребров // *Механіка та машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2009. – № 2. – С. 79–86.

3. Ребров А.Ю. Энергонасыщенность и технико-экономические показатели колесных сельскохозяйственных тракторов / А.Ю. Ребров, В.Б. Самородов // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – № 33. – С. 33–41.

4. Ребров А.Ю. Влияние конструктивных параметров колесных сельскохозяйственных тракторов на формирование и улучшение их тягово-энергетических показателей / А.Ю. Ребров, Р.Г. Григо // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – № 39. – С. 75–78.

5. Ребров А.Ю. Расчет тяговых характеристик МТА на базе колесного

трактора с учетом нагрузочно-скоростных режимов работы двигателя / А.Ю. Ребров // *Механіка та машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2010. – № 1. – С. 133–141.

6. Ребров А.Ю. Статистические данные о современных сельскохозяйственных тракторах мировых производителей / А.Ю. Ребров, В.В. Кучков // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 18. – С. 30–37.

7. Ребров А.Ю. Определение рациональной энергонасыщенности пахотного МТА на базе колесного сельскохозяйственного трактора / А.Ю. Ребров, В.Б. Самородов, В.В. Кучков // *Механіка та машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 1. – С. 136–140.

8. Ребров А.Ю. Пути повышения производительности пахотных МТА на базе колесных тракторов / А.Ю. Ребров, В.В. Кучков // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Автомобіле- та тракторобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 56. – С. 15–21.

9. Ребров А.Ю. Определение расхода топлива двигателем машинно-тракторного агрегата вероятностным методом / А.Ю. Ребров // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Математичне моделювання в техніці та технологіях*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 27. – С. 190–195.

10. Ребров А.Ю. Математическая модель дизельного двигателя в безразмерных величинах с учетом его загрузки и подачи топлива / А.Ю. Ребров, Т.А. Коробка, С.В. Лахман // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 19. – С. 31–36.

11. Ребров А.Ю. Мощностной баланс и КПД пахотного МТА при работе в тяговом режиме / А.Ю. Ребров // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 20. – С. 67–72.

12. Ребров А.Ю. Анализ аналитических зависимостей для определения коэффициента буксования тракторных шин / А.Ю. Ребров, В.В. Кучков // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2012. – № 64. – С. 22–25.

13. Ребров А.Ю. Исследование тягово-сцепных свойств тракторных шин с использованием их универсальных характеристик / А.Ю. Ребров, В.В. Кучков, И.С. Краснояружский // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 30 (1003). – С. 75–78.

14. Ребров А.Ю. Повышение технико-экономических показателей колесных тракторов на основе пространственно-топологического подхода / В.Б. Самородов, А.Ю. Ребров, В.В. Кучков // *Тракторы и сельхозмашины*. – 2013. – № 7. – С. 12–17.

15. Ребров А.Ю. Идентификация тракторных сельскохозяйственных шин / А.Ю. Ребров // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 8 (1117). – С. 19–25.

16. Ребров А.Ю. Анализ применимости шин на сельскохозяйственных тракторах / А.Ю. Ребров, Р.П. Мигущенко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- та тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 9 (1118). – С. 23–27.

17. Ребров А.Ю. Идентификация сельскохозяйственных тракторных шин численным методом / А.Ю. Ребров // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Математичне моделювання в техніці та технологіях. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2015. – № 6 (1115). – С. 114–121.

18. Ребров А.Ю. Использование информационных технологий при идентификации показателей инновационных тракторных сельскохозяйственных шин категорий IF и VF / А.Ю. Ребров, Р.П. Мигущенко // *Механіка та машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ» – 2015. – №1. – С. 98–105.

19. Ребров О.Ю. Розподіл потоків потужності і ККД механічної

трансмiсії повнопривiдного колiсного трактора / О.Ю. Ребров // *Вiсник Нацiонального технiчного унiверситету «ХПІ»*. Сер. Математичне моделювання в технiці та технологiях. – Харкiв: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 6 (1178). – С. 104–109.

20. Ребров О.Ю. Теоретичне обґрунтування основних параметрів колiсних сiльськогосподарських тракторiв / О.Ю. Ребров // *Технiчний сервіс агропромислового, лiсового та транспортного комплексiв*. – 2017. – №8. – С. 243–254.

21. Ребров О.Ю. Аналіз розподiлу сiльськогосподарських угiдь України за питомим опором ґрунту при оранцi / О.Ю. Ребров // *Системи управлiння, навігацiї та зв'язку*. – 2017. – № 3. – С. 51–56.

22. Ребров О.Ю. Інтегральна ймовiрнiсна оцiнка вiдповiдностi тракторної шини агроекологiчним вимогам в ґрунто-клiматичних умовах України / О.Ю. Ребров // *Вiсник Нацiонального технiчного унiверситету «ХПІ»*. Сер. Математичне моделювання в технiці та технологiях. – Харкiв: НТУ "ХПІ". – 2017. – № 6 (1228). – С. 127–136.

23. Ребров О.Ю. Аналіз вiдповiдностi максимального тиску на ґрунт тракторної шини агроекологiчним вимогам ймовiрнiсним методом з урахуванням ґрунто-клiматичних умов України / О.Ю. Ребров // *Вiсник Нацiонального технiчного унiверситету «ХПІ»*. Сер. Транспортне машинобудування. – Харкiв: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 14 (1236). – С. 58–64.

24. Ребров О.Ю. Вплив плавностi ходу колiсних тракторiв на навантаженiсть трансмісії / Б.І. Кальченко, О.Ю. Ребров, А.П. Кожушко // *Автомобiльний транспорт*. – 2017. – Вип. 41. – С. 30–37.

25. Плавнiсть руху як складова динаміки трактора: монографiя / Б.І. Кальченко, О.Ю. Ребров, А.П. Кожушко, А.Г. Мамонтов. – Х.: Вид-во НТУ «ХПІ», 2018. – 164 с.: іл. – На укр. мові.

26. Ребров О.Ю. Розподiл допустимого тиску на ґрунт ходових систем колiсних тракторiв за територiєю України / О.Ю. Ребров // *Вiсник Нацiонального технiчного унiверситету «ХПІ»*. Сер. Математичне моделювання в технiці та

технологія. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2018. – № 27 (1303). – С. 110–116.

27. Ребров О.Ю. Визначення максимального тиску на ґрунт сільськогосподарських шин при різних способах баластування трактора / О.Ю. Ребров // *Автомобільний транспорт*. – 2019. – Вип. 45. – С. 112–122. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2019.45.0.112>.

28. Ребров О.Ю. Аналіз максимального тиску на ґрунт тракторних сільськогосподарських шин при їх заповненні рідиною / О.Ю. Ребров // *Вісник Харківського національного технічного університету сільського господарства імені Петра Василенка*. – 2019. – Вип. 205. – С. 146–158.

29. Ребров О.Ю. Аналіз ефективності здвоювання тракторних шин / О.Ю. Ребров // *Вчені записки ТНУ імені В.І. Вернадського. Сер. Технічні науки*. – 2019. – Т. 30 (69). – Ч. 2. – № 5. – С. 18–22. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-2/04>.

30. Ребров О.Ю. Аналіз впливу коливань рідкого вантажу в напівпричіпній цистерні на показники руху колісного трактора / А.П. Кожушко, О.Ю. Ребров, Б.І. Кальченко, А.Г. Мамонтов // *Scientific Journal “ScienceRise”* – № 12 (65). – 2019. – С. 16–19. DOI: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2019.189352>.

31. Rebrov O. Mathematical model of diesel engine characteristics for determining the performance of traction dynamics of wheel-type tractor / O. Rebrov, A. Kozhusko, B. Kalchenko, A. Mamontov, A. Zakovorotniy, E. Kalinin, E. Holovina // *«EUREKA: Physics and Engineering»*. – 2020. – № 4. – P. 90–100. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001352>.

Праці, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації:

32. Ребров А.Ю. Тягово-сцепные качества трактора 4К2 при вспашке на склоне / А.Ю. Ребров // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XV міжнар. науково-практич. конф. MicroCAD-2007*, 17-18 трав. 2007 р.: тези доп. – Харків: НТУ «ХПІ», 2007. – С. 225.

33. Ребров О.Ю. Структурно-логічна послідовність визначення

раціональних параметрів тракторних агрегатів / О.Ю. Ребров // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVII міжнар. науково-практич. конф. MicroCAD-2009*, 20-22 трав. 2009 р.: тези доп. – Харків: НТУ «ХПІ». 2009. – Ч. I. – С. 223.

34. Ребров О.Ю. Керування розподілом вагових навантажень на ведучі мости колісного трактора / О.Ю. Ребров, С.М. Смородинов // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVII міжнар. науково-практич. конф. MicroCAD-2009*, 20-22 трав. 2009 р.: тези доп. – Харків: НТУ «ХПІ». 2009. – Ч. I. – С. 227.

35. Ребров О.Ю. Підвищення техніко-економічних показників колісних тракторів шляхом раціонального вибору параметрів трансмісії. / О.Ю. Ребров, І.Г. Бучко // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XVII міжнар. науково-практич. конф. MicroCAD-2009*, 20-22 трав. 2009 р.: тези доп. – Харків: НТУ «ХПІ». 2009. – Ч. I. – С. 225.

36. Ребров О.Ю. Ідентифікація параметрів сільськогосподарських тракторних шин / О.Ю. Ребров, В.В. Павлій // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XXIII міжнар. науково-практич. конф. MicroCAD-2015*, 20-22 травня 2015 р.: тези доп. – Харків: НТУ «ХПІ», 2015. – Ч. I. – С. 212.

37. Ребров А.Ю. Идентификация современных шин высокой эластичности категорий IF и VF / А.Ю. Ребров // *Новітні технології – для захисту повітряного простору: XI наукова конф.*, 08-09 квіт. 2015 р.: тези доп. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2015. – С. 259.

38. Ребров О.Ю. Наукове обґрунтування положень щодо вибору основних параметрів колісного трактора / О.Ю. Ребров // *Новітні технології – для захисту повітряного простору: XII наукова конф.*, 13-14 квіт. 2016 р.: тези доп. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2016. – С. 277.

39. Ребров О.Ю. Середньоінтегральна ймовірнісна оцінка ефективності колісного рушія в ґрунтових умовах України / О.Ю. Ребров // *Новітні технології – для захисту повітряного простору: XIII наукова конф.*, 12-13 квіт. 2017 р.: тези

доп. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2017. – С. 323.

40. Ребров О.Ю. Використання ймовірнісних методів при аналізі відповідності максимального тиску на ґрунт тракторних шин агроекологічним вимогам / О.Ю. Ребров // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XXV міжнар.і науково-практич. конф. MicroCAD-2017*, 17-19 трав. 2017 р.: тези доп. – Харків: НТУ «ХПІ», 2017. – Ч. I. – С. 213.

41. Ребров О.Ю. Середньоінтегральна оцінка ефективності тракторних сільськогосподарських шин при використанні на ґрунтообробних операціях / О.Ю. Ребров // *Новітні технології – для захисту повітряного простору: XV наукова конф.*, 10-11 квіт. 2019 р.: тези доп. – Х.: ХУПС ім. І. Кожедуба, 2019. – С. 387.

42. Ребров О.Ю. Статистичні дані щодо сучасних тракторів провідних світових виробників / О.Ю. Ребров, В.М. Шевцов, К.С. Чепкий // *Інформаційні технології: наука, техніка, технологія, освіта, здоров'я: XXVII міжнар. науково-практич. конф. MicroCAD-2019*, 15-17 трав. 2019 р.: тези доп. – Харків: НТУ «ХПІ», 2019. – Ч. I. – С. 222.

43. Ребров О.Ю. Максимальний тиск на ґрунт тракторних шин при їх заповненні рідиною / О.Ю. Ребров // *Проблеми надійності машин: Збірник матеріалів міжнародної науково-методичної конференції присвяченої пам'яті академіка В.Я. Аніловича*, – ХНТУСГ імені Петра Василенка, 2019. – С. 45–46.

Праці, які додатково відображають наукові результати дисертації:

44. Ребров А.Ю. Влияние упругой угловой связи в шарнире гусеничной цепи на параметры воздействия на почву / А.Ю. Ребров, В.М. Великодний // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Автомобіле- та тракторобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – № 6. – С. 3–7.

45. Ребров А.Ю. Перераспределение нагрузок по ведущим колесам гусеничного трактора при вспашке с навесным плугом / А.Ю. Ребров, С.А. Лебедев // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Автомобіле- та тракторобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2006. – № 6. – С.

14–19.

46. Ребров А.Ю. Математическая модель колебаний остова гусеничного трактора с учетом нелинейности характеристики подвески / А.Ю. Ребров, Т.В. Мирошниченко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Транспортне машинобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. – № 33. – С. 155–158.

47. Ребров А.Ю. Математическая модель сил трения в гусеничном зацеплении трактора / А.Ю. Ребров // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- і тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. – № 12. – С. 88–91.

48. Ребров А.Ю. Оценка параметров гусеничного зацепления тракторов с износом шарниров гусеничной цепи / А.Ю. Ребров // *Механіка та машинобудування*. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2007. – № 1. – С. 142–146.

49. Ребров А.Ю. Определение нагруженности балансира подвески гусеничного трактора / А.Ю. Ребров, Н.Е. Сергиенко, А.Н. Сергиенко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- і тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2011. – № 56. – С. 9–14.

50. Ребров А.Ю. Аналіз паливної економічності бензинового автомобільного двигуна при роботі з несталим навантаженням / А.Ю. Ребров, А.В. Мирошниченко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Транспортне машинобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2013. – № 32 (1005). – С. 35–39.

51. Ребров А.Ю. Научное обоснование режимов экспресс-проверки тормозной системы колесных тракторов АО «ХТЗ» / В.И. Аносов, В.Б. Самородов, А.Ю. Ребров, Е.С. Пелипенко // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ»*. Сер. Автомобіле- і тракторобудування. – Харків: НТУ «ХПІ». – 2014. – № 8 (1051). – С. 3–13.

52. Ребров О.Ю. Аналіз особливостей сучасних їздових циклів, що застосовуються для нормування токсичності відпрацьованих газів і оцінки паливної економічності автомобілів / М.Є. Якунін, О.Ю. Ребров,

В.А. Насальський, Н.Б. Трофимова // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 14 (1236), – С. 98–103.

53. Ребров О.Ю. Работа двигателя внутреннего сгорания та безступінчастої трансмісії в економічному режимі для тракторів серії ХТЗ-170/240К / В.Б. Самородов, Б.І. Кальченко, О.Ю. Ребров, А.П. Кожушко, Д.О. Чернишев // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Транспортне машинобудування* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2017. – № 14 (1236). – С. 73–79.

54. Ребров О.Ю. Формування математичної моделі динамічної навантаженості ходової системи колісного трактора з напівпрічпним агрегатом / А.Г. Мамонтов, А.П. Кожушко, О.Ю. Ребров // *Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Сер. Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2019. – №1. – С. 29–41.

ABSTRACT

Rebrov O.Yu. Scientific substantiation of increasing of wheeled agricultural tractor's propulsors efficiency on energy intensive technological operations of soil tillage. – Manuscript.

The thesis for the degree of doctor of technical sciences, specialty 05.22.02 “Automobiles and tractors” (13 Mechanical Engineering, 27 Transport). – National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Ministry of Education and Science of Ukraine, Kharkiv, 2021.

The dissertation is devoted to the decision of a scientific and applied problem of increase of efficiency and ecological friendliness of wheeled tractors at performance of a complex of agricultural operations at the expense of a scientifically proved choice of standard sizes of tires and rational modes of their functioning.

Based on the consideration of the physical bases of the outlined problem, the contradiction between the increase of traction efficiency and environmental

friendliness of the tractor is revealed, which consists in their opposite direction. It is shown that the identified contradiction can be resolved through a sound approach to the choice of tires and their operating modes. The analysis of soil resources of Ukraine is given, physical and mechanical properties of soil and a problem of its overcompaction are considered. It is shown that on the territory of Ukraine there are very favorable soil and climatic conditions for highly efficient cultivation.

The factors and factors influencing the efficiency of the tractor interaction with the soil environment, as well as ways and means to increase the efficiency of agricultural wheeled tractors are analyzed. The need for analysis and consideration of soil and climatic conditions in the study of improving the efficiency and environmental friendliness of wheeled tractors is proved. Modern innovative designs of tires, systems, devices and design measures aimed at improving the efficiency of wheeled tractors are considered. The principles of development and identification of the mathematical model of tractor agricultural tires are given, the necessity of the analysis of doubling of tires and ways of ballasting of a tractor, including filling of tires with liquid is indicative. The methodology of a new approach to determining the main design parameters of wheeled agricultural tractors is outlined. The estimation of a technique of definition of potential traction characteristics and technical and economic indicators of wheeled tractors taking into account operating modes of internal combustion engines, parameters of pneumatic tires and their interaction with soil in static statement is given. The prospects of formation and identification of traction-dynamic model of operation of wheeled tractors on typical agricultural operations by PowerMix field cycles, which are generally accepted test cycles of the procedure of traction-dynamic tests of tractors, are shown. The need to form integrated criteria for assessing the efficiency and environmental friendliness of agricultural tractors on a set of technical, economic and environmental indicators, which will allow to formulate recommendations for measures and ways to improve efficiency and environmental friendliness in designing new structures and upgrading existing ones.

Indicators of soil and climatic conditions of Ukraine, physical and mechanical characteristics of tractor agricultural tires and their interaction with the soil are

determined. The scientific novelty of the study is reflected in the new relationship of soil and climatic conditions, agri-environmental constraints and indicators of interaction of the tractor with the environment.

The experience of world tractor construction in the form of quantitative indicators concerning design parameters of tractors is analyzed and generalized. Prospects and trends in the development of tractor construction are identified. Based on the analysis of world experience and the determining influence of the running system on the efficiency of tractors, the theoretical provisions for determining the main design indicators of agricultural wheeled tractors are substantiated, which is the scientific novelty of the dissertation research.

The method of modeling and analysis of traction and technical and economic indicators of the machine-tractor unit on the basis of wheeled tractors, including taking into account the modes of operation of the engine. The components of energy balance and efficiency of the tractor are considered, the power flow conversion in the tractor is analyzed taking into account the conditions of lack of power circulation and the peculiarities of matching the length of the tire rolling circumference with the internal gear ratio of the drive axles. A method of determining the relative average integrated performance of the tractor, which has signs of scientific novelty and allows you to objectively quantify and compare tractors when equipped with different tires.

The recommendations on the internal gear ratio of the drive axles in terms of running the front axle tires have been confirmed, which is of practical importance for creating new wheeled tractors with tires of the same size and prevents power circulation during tractor movement without traction on the hook.

The method of modeling the movement of the crankshaft of a tractor engine is given taking into account the speed mode, external load, as well as the position of the fuel supply control body. A new method for approximating the universal characteristic of fuel consumption in a combined way: polynomial and spline, which also contains an algorithm for correcting the deviation of theoretical and experimental data using the probability density function of two-dimensional normal distribution of random variables. The structure and indicators of PowerMix field test cycles are considered,

on the basis of which the plan of the simulation experiment is offered, which takes into account the distribution of the annual volume of tractor work by typical agricultural operations. The approbation of the offered model of traction-dynamic tests is carried out, on the basis of which according to the formed plan of the simulation experiment the complex of traction-dynamic indicators of a wheeled tractor is received. Criteria for evaluating the efficiency of tractors on the indicators of traction and dynamic tests on PowerMix field cycles are proposed, which make it possible to compare the efficiency of tractors of different power and weight. The developed comprehensive approach to traction and dynamic tests of wheeled tractors based on PowerMix field cycles and evaluation of their results has all the hallmarks of scientific novelty.

The main scientific provisions, developments and recommendations offered in the dissertation are implemented in industrial enterprises and scientific institutions, including PJSC "Kharkiv Tractor Plant", LLC "Ukrainian Design Bureau of Transmissions and Chassis", "GA Engineering", "GA Project".

Key words: wheeled tractor, tractor tire, doubling of tires, maximum pressure on the ground, traction dynamics, PowerMix cycles.

Publication list of candidate for a degree:

List of publications in which the main scientific results of the dissertation are published:

1. Rebrov A.Yu. The development of classical methods of tractor traction calculation taking into account the main technical and economic indicators of machine-tractor unit / A.Yu. Rebrov, V.B. Samorodov // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Automobile and tractor industry.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2008. – № 58. – P. 11–20.

2. Rebrov A.Yu. Constant power tractors diesel engine speed operating characteristics / A.Yu. Rebrov // *Mechanics and Engineering.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2009. – № 2. – P. 79–86.

3. Rebrov A.Yu. Energy saturation and technical and economic indicators of wheeled agricultural tractors / A.Yu. Rebrov, V.B. Samorodov // *Bulletin of the*

National Technical University “KhPI”. Series: Automobile and tractor industry. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2010. – № 33. – P. 33–41.

4. Rebrov A.Yu. The influence of the design parameters of wheeled agricultural tractors on the formation and improvement of their traction and energy indicators / A.Yu. Rebrov, R.G. Grygo // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Transport and machine building.* – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2010. – № 39. – P. 75–78.

5. Rebrov A.Yu. Calculation of the traction characteristics of the of machine-tractor unit on the basis of a wheeled tractor with taking into account the load-speed modes of the engine operating/ A.Yu. Rebrov // *Mechanics and Engineering.* – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2010. – № 1. – P. 133–141.

6. Rebrov A.Yu. Statistical data on modern agricultural tractors of world manufacturers / A.Yu. Rebrov, V.V. Kuchkov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Transport and machine building.* – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2011. – № 18. – P. 30–37.

7. Rebrov A.Yu. Rational energy saturation definition of plowing machinery-tractor unit based on a wheeled agricultural tractor / A.Yu. Rebrov, V.B. Samorodov, V.V. Kuchkov // *Mechanics and Engineering.* – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2011. – № 1. – P. 136–140.

8. Rebrov A.Yu. Ways to increase the productivity of plowing machinery-tractor unit based on wheeled tractors / A.Yu. Rebrov, V.V. Kuchkov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Automobile and tractor industry.* – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2011. – № 56. – P. 15–21.

9. Rebrov A.Yu. Determination of fuel consumption by the engine of a machine-tractor unit by the probabilistic method / A.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Mathematical modeling in engineering and technologies.* – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2012. – № 27. – P. 190–195.

10. Rebrov A.Yu. Mathematical model of a diesel engine in dimensionless quantities, taking into account its load and fuel supply / A.Yu. Rebrov, T.A. Korobka, S.V. Lahman // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series:*

Transport and machine building. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2012. – № 19. – P. 31–36.

11. Rebrov A.Yu. Power balance and efficiency of plowing machinery-tractor unit when operating in traction mode / A.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Transport and machine building*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2012. – № 20. – P. 67–72.

12. Rebrov A.Yu. Analysis of analytical dependencies for determining the coefficient of slipping of tractor tires / A.Yu. Rebrov, V.V. Kuchkov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Automobile and tractor industry*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2012. – № 64. – P. 22–25.

13. Rebrov A.Yu. Study of the traction and coupling properties of tractor tires using their universal characteristics / A.Yu. Rebrov, V.V. Kuchkov, I.S. Krasnoyaruszhsky // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Automobile and tractor industry*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2013. – № 30 (1003). – P. 75–78.

14. Rebrov A.Yu. Improving the technical and economic indicators of wheeled tractors based on the spatially topological approach / V.B. Samorodov, A.Yu. Rebrov, V.V. Kuchkov // *Tractors and agricultural machinery*. – 2013. – № 7. – P. 12–17.

15. Rebrov A.Yu. Identification of tractor agricultural tires / A.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Automobile and tractor industry*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2015. – № 8 (1117). – P. 19–25.

16. Rebrov A.Yu. Analysis of the applicability of tires on agricultural tractors / A.Yu. Rebrov, R.P. Migushchenko // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Automobile and tractor industry*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2015. – № 9 (1118). – P. 23–27.

17. Rebrov A.Yu. Identification of agricultural tractor tires by numerical method / A.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Mathematical modeling in engineering and technologies*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2015. – № 6 (1115). – P. 114–121.

18. Rebrov A.Yu. The use of information technology in identifying indicators of innovative tractor agricultural tires of categories IF and VF / A.Yu. Rebrov, R.P. Migushchenko // *Mechanics and Engineering*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2015. – № 1. – P. 98–105.
19. Rebrov O.Yu. Distribution of power flows and efficiency of mechanical transmission of an all-wheel drive tractor / O.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Mathematical modeling in engineering and technologies*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2016. – № 6 (1178). – P. 104–109.
20. Rebrov O.Yu. Theoretical substantiation of the basic parameters of wheeled agricultural tractors / O.Yu. Rebrov // *Science journal “Technical service of agriculture, forestry and transport systems”*. – Kharkiv: Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. – 2017. – № 8. – P. 243–254.
21. Rebrov O.Yu. Analysis of agricultural land distribution in Ukraine by specific soil resistance during plowing / O.Yu. Rebrov // *Management, navigation and communication systems*. – 2017. – № 3. – P. 51–56.
22. Rebrov O.Yu. Integral probability estimate of the conformity of a tractor tire to the agro-ecological requirements in soil and climatic conditions of Ukraine / O.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Mathematical modeling in engineering and technologies*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2017. – № 6 (1228). – P. 127–136.
23. Rebrov O.Yu. The analysis of the tractor tires maximum pressure on soil and its compliance to agro-ecological requirements by using the probabilistic method and taking into account soil and climatic conditions of Ukraine / O.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Transport and machine building*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2017. – № 14 (1236). – P. 58–64.
24. Rebrov O.Yu. Influence of smooth running of wheeled tractors on the transmission load / B.I. Kalchenko, O.Yu. Rebrov, A.P. Kozhushko // *Automobile Transport*. – 2017. – № 41. – P. 30–37.
25. Smoothness of movement as a component of tractor dynamics: monograph / B.I. Kalchenko, O.Yu. Rebrov, A.P. Kozhushko, A.G. Mamontov. –

Kharkiv: Issue of National Technical University “KhPI”. 2018. 164 p. In Ukrainian language.

26. Rebrov O.Yu. Distribution of admissible pressure of the running systems of wheel tractors on the soil throughout the territory of Ukraine / O.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University “KhPI”. Series: Mathematical modeling in engineering and technologies*. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2018. – № 27 (1303). – P. 110–116.

27. Rebrov O.Yu. Determination of the maximum pressure on the soil of agricultural tires with different ballasting method of tractor / O.Yu. Rebrov // *Automobile Transport*. – 2019. – № 45. – P. 112–122. DOI: <https://doi.org/10.30977/AT.2219-8342.2019.45.0.112>.

28. Rebrov O.Yu. Analysis of the maximum soil pressure of tractor agricultural tires with liquid filling / O.Yu. Rebrov // *Bulletin of the Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture*. – 2019. – № 205. – P. 146–158.

29. Rebrov O.Yu. Analysis of tractor dual tires efficiency / O.Yu. Rebrov // *Scientific notes of the TNU after V.I. Vernadsky. Series: Engineering Sciences*. – 2019. Volume 30 (69). Part 2. – № 5. – P. 18–22. DOI: <https://doi.org/10.32838/2663-5941/2019.5-2/04>.

30. Rebrov O.Yu. Analysis of the influence of fluctuations of liquid cargo in a semi-trailer tank on the performance of a wheeled tractor / A.P. Kozhushko, O.Yu. Rebrov, B.I. Kalchenko, A.G. Mamontov // *Scientific Journal “ScienceRise”*. – 2019. – № 12 (65). – P. 16–19. DOI: <https://doi.org/10.15587/2313-8416.2019.189352>.

31. Rebrov O. Mathematical model of diesel engine characteristics for determining the performance of traction dynamics of wheel-type tractor / O. Rebrov, A. Kozhushko, B. Kalchenko, A. Mamontov, A. Zakovorotniy, E. Kalinin, E. Holovina // *«EUREKA: Physics and Engineering»*. – 2020. – № 4. – P. 90–100. DOI: <https://doi.org/10.21303/2461-4262.2020.001352>.

Publications which prove approbation of the dissertation materials:

32. Rebrov A.Yu. Traction and hitching qualities of the 2WD tractor when plowing on a slope. *Information technology: science, technology, technology, education, health: XV International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2007*, May 17-18, 2007. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2007. – P. 225.

33. Rebrov O.Yu. Structurally logically, the designation of the rational parameters of the tractor units. *Information technology: science, technology, technology, education, health: XVII International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2009*, May 20-22, 2009. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2009. – Part I. – P. 223.

34. Rebrov O.Yu., Smorodinov S.M. Controlling the distribution of weight loads on the drive axles of the wheeled tractor. *Information technology: science, technology, technology, education, health: XVII International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2009*, May 20-22, 2009. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2009. – Part I. – P. 227.

35. Rebrov O.Yu., Buchko I.G. Improvement of technical and economic indicators of wheeled tractors by rational choice of transmission parameters. *Information technology: science, technology, technology, education, health: XVII International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2009*, May 20-22, 2009. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2009. – Part I. – P. 225.

36. Rebrov O.Yu. Identification of parameters of agricultural tractor tires. *Information technology: science, technology, technology, education, health: XVIII International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2015*, May 20-22, 2015. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2015. – Part I. – P. 212.

37. Rebrov A.Yu. Identification of modern tires of high elasticity of categories IF and VF. *The 11th Scientific Conference of Ivan Kozhedub Kharkiv University of the Air Force "The latest technologies - to protect the airspace": Abstracts*, April 08 - 09, 2015. – Kharkiv: Kharkiv University of the Air Force named after I. Kozhedub. – 2015. – P. 259.

38. Rebrov O.Yu. Scientific substantiation of the provisions regarding the choice of basic parameters of a wheeled tractor. *The 12th Scientific Conference of Ivan Kozhedub Kharkiv University of the Air Force "The latest technologies - to protect the airspace"*: Abstracts, April 13 - 14, 2016. – Kharkiv: Kharkiv University of the Air Force named after I. Kozhedub. – 2016. – P. 277.

39. Rebrov O.Yu. Medium-integral probabilistic estimation of wheel drive efficiency in soil conditions of Ukraine. *The 13th Scientific Conference of Ivan Kozhedub Kharkiv University of the Air Force "The latest technologies - to protect the airspace"*: Abstracts, April 12 - 13, 2017. – Kharkiv: Kharkiv University of the Air Force named after I. Kozhedub. – 2017. – P. 323.

40. Rebrov O.Yu. Use of probabilistic methods in the analysis of compliance of the maximum pressure on the soil of tractor tires with agro-environmental requirements. *Information technology: science, technology, technology, education, health: XXV International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2017*, May 17-19, 2017. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2017. – Part I. – P. 213.

41. Rebrov O.Yu. Average integral evaluation of tractor farm tire performance when used on soil tillage operations. *The 15th Scientific Conference of Ivan Kozhedub Kharkiv University of the Air Force "The latest technologies - to protect the airspace"*: Abstracts, April 10 - 11, 2019. – Kharkiv: Kharkiv University of the Air Force named after I. Kozhedub. – 2019. – P. 387.

42. Rebrov O.Yu., Shevtsov V.M., Chepkiy K.S. Statistics on modern tractors of world leading manufacturers. *Information technology: science, technology, technology, education, health: XXVII International Scientific and Practical Conference MicroCAD-2019*, May 15-17, 2019. – Kharkiv: NTU “KhPI”. – 2019. – Part I. – P. 222.

43. Rebrov O.Yu. The maximum pressure on the soil of tractor tires when they are filled with liquid. *Collection of materials of the international scientific-methodical conference "Problems of machine reliability" is dedicated to the memory of Academician V.Ya. Anilovich*, – Kharkiv: Kharkiv Petro Vasylenko National Technical University of Agriculture. – 2019. – P. 45–46.

Publications that additionally represent the scientific results of the dissertation:

44. Rebrov A.Yu. Influence of the elastic angular coupling in the track chain hinge on soil impact parameters / A.Yu. Rebrov, V.M. Velukodniy // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Automobile and tractor industry.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2006. – № 6. – P. 3–7.

45. Rebrov A.Yu. Redistribution of loads on the drive wheels of a caterpillar tractor when plowing with a mounted plow / A.Yu. Rebrov, S.A. Lebedev // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Automobile and tractor industry.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2006. – № 6. – P. 14–19.

46. Rebrov A.Yu. A mathematical model of oscillations of the caterpillar tractor skeleton taking into account the nonlinearity of the suspension characteristics / A.Yu. Rebrov, T.V. Miroshnichenko // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Transport and machine building.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2007. – № 33. – P. 155–158.

47. Rebrov A.Yu. A mathematical model of friction forces in a tracked gearing of a tractor / A.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Automobile and tractor industry.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2007. – № 12. – P. 88–91.

48. Rebrov A.Yu. Evaluation of the parameters of caterpillar gearing of tractors with wear of the joints of the track chain / A.Yu. Rebrov // *Mechanics and Engineering // Scientific and Technical Journal.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2007. – № 1. – P. 142–146.

49. Rebrov A.Yu. Determination of load of balancer suspension of caterpillar tractor / A.Yu. Rebrov, N.E. Sergienko, A.N. Sergienko // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Automobile and tractor industry.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2011. – № 56. – P. 9–14.

50. Rebrov A.Yu. Analysis of the fuel economy of a gasoline car engine when operating with variable load / A.Yu. Rebrov, A.V. Miroshnichenko // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Transport and machine building.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2013. – № 32 (1005). – P. 35–39.

51. Rebrov A.Yu. Scientific substantiation of the modes of express check of the brake system of wheel tractors of KhTZ / V.I. Anosov, V.B. Samorodov, A.Yu. Rebrov, E.S. Pelipenko // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Automobile and tractor industry.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2014. – № 8 (1051). – P. 3–13.

52. Rebrov O.Yu. Analysis of features of modern driving cycles used for the normalization of the toxicity of exhaust gases and the assessment of fuel economy of cars / M.E. Yakunin, O.Yu. Rebrov, V.A. Nasalsky, N.B. Trofimova // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Transport and machine building.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2017. – № 14 (1236). – P. 98–103.

53. Rebrov O.Yu. Operation of internal combustion engine and continuously variable transmission in economical mode for tractors of the KhTZ-170/240K series / V.B. Samorodov, B.I. Kalchenko, O.Yu. Rebrov, A.P. Kozhushko, D.O. Chernyshev // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: Transport and machine building.* – Kharkiv: NTU "KhPI". – 2017. – № 14 (1236). – P. 73–79.

54. Rebrov O.Yu. Formation of a mathematical model of dynamic loading of a running system of a wheeled tractor with a semi-trailer unit / A.G. Mamontov, A.P. Kozhushko, O.Yu. Rebrov // *Bulletin of the National Technical University "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KPI". – 2019. – №1. – P. 29–41.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	28
РОЗДІЛ 1 ПРОБЛЕМА ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ НА ЕНЕРГОЄМНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЯХ ОБРОБІТКУ ГРУНТУ.....	37
1.1 Фізичні основи сутності підвищення ефективності колісних тракторів на ґрунтообробних сільськогосподарських операціях.....	38
1.2 Стан ґрунтових ресурсів України та процесів їх механізованої обробки.....	45
1.3 Процес взаємодії тракторної шини з ґрунтовим середовищем.....	55
1.4 Фактори і чинники впливу на ефективність взаємодії трактора з зовнішнім середовищем.....	75
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 1.....	84
РОЗДІЛ 2 ДОСЛІДЖЕННЯ ШЛЯХІВ ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ.....	87
2.1 Методологія проведення дисертаційного дослідження.....	88
2.2 Визначення впливу ґрунтових умов на ефективність функціонування тракторної техніки.....	94
2.3 Сучасні інноваційні конструкції шин, систем, пристроїв і конструктивні заходи, спрямовані на підвищення ефективності колісних тракторів.....	107
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 2.....	115
РОЗДІЛ 3 ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ І РЕЖИМІВ НАВАНТАЖЕННЯ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ШИН НА ПОКАЗНИКИ ВЗАЄМОДІЇ ТРАКТОРА З ЗОВНІШНІМ СЕРЕДОВИЩЕМ.....	117
3.1 Вплив ґрунто-кліматичних умов і характеристик сільськогосподарських угідь України на показники взаємодії трактора з зовнішнім середовищем.....	118

3.2 Тракторна сільськогосподарська шина – основний елемент взаємодії трактора з зовнішнім середовищем.....	136
3.3 Взаємодія тракторної сільськогосподарської шини з ґрунтом.....	152
3.4 Максимальний тиск на ґрунт і баластування тракторних шин.....	157
3.5 Багатоопорні ходові системи тракторів.....	165
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 3.....	170
РОЗДІЛ 4 ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ КОЛІСНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ.....	173
4.1 Аналіз та узагальнення досвіду світового тракторобудування.....	174
4.2 Аналіз та узагальнення показників ходових систем сільськогосподарських тракторів.....	181
4.3 Обґрунтування теоретичних положень щодо визначення основних конструктивних і технічних показників сільськогосподарських тракторів.....	191
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 4.....	211
РОЗДІЛ 5	
ТЯГОВІ ТА ТЕХНІКО - ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ КОЛІСНИХ ТРАКТОРІВ.....	214
5.1 Моделювання потенційних тягових і техніко-економічних показників.....	215
5.2 Дослідження тягових і техніко-економічних показників колісного трактора з урахування навантажувальних і швидкісних режимів роботи двигуна.....	222
5.3 Складові енергетичного балансу і ККД трактора.....	228
5.4 Перетворення потоку потужності в тракторі і МТА.....	234
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 5.....	245
РОЗДІЛ 6	
ТЯГОВА ДИНАМІКА КОЛІСНОГО ТРАКТОРА ПРИ ВИКОНАННІ ЕНЕРГОЄМНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ОПЕРАЦІЙ.....	247

6.1 Математичні моделі руху колінчастого валу тракторного двигуна та характеристик витрати палива.....	248
6.2 Динаміка взаємодії трактора із зовнішнім середовищем.....	256
6.3 Тягово-динамічні випробування колісних сільськогосподарських тракторів за польовими циклами PowerMix..	260
6.4 Критерії оцінки і порівняння показників ефективності колісних тракторів, отриманих на основі випробувальних циклів PowerMix...	268
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 6.....	271
РОЗДІЛ 7 ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНО-СТАТИСТИЧНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ КОЛІСНИХ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ ТРАКТОРІВ	273
7.1 Дослідження потенційних показників ефективності та екологічності рушіїв колісних тракторів.....	274
7.2 Дослідження показників тягової ефективності колісного трактора у всьому діапазоні навантажувальних і швидкісних режимів роботи двигуна.....	288
ВИСНОВКИ ЗА РОЗДІЛОМ 7.....	303
ВИСНОВКИ	305
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	311
ДОДАТКИ.....	340