НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко – технологічний факультет

ДОПУСКАЄТЬСЯ ДО ЗАХИСТУ
Завідувач кафедри
Тракторів і автомобілів
(назва кафедри)

_____ Калінін Є.І.
(підпис) (ПІБ)

«_____» _____ 2026 р.

ДИПЛОМНИЙ ПРОЄКТ БАКАЛАВРА

на тему «Підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату під час підготовки ґрунту під посів»

Спеціальність 208 «Агроінженерія»

Гарант освітньої програми

д.т.н., професор _____ Братішко В.В..
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Керівник дипломного проєкту бакалавра

к.т.н., доцент _____ Романченко В.М. .
(науковий ступінь та вчене звання) (підпис) (ПІБ)

Виконав _____ Романенко Валентин Іванович
. (підпис) (ПІБ)

КИЇВ – 2026

НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСТИТЕТ БІОРЕСУРСІВ

І ПРИРОДОКОРИСТУВАННЯ УКРАЇНИ

Механіко-технологічний факультет

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
тракторів і автомобілів
д.т.н., проф. _____ **Калінін Є.І.**
(наук. ступ., вч. звання) (підпис) (ПІБ)
«_____» _____2026 р.

З А В Д А Н Н Я

на виконання дипломного проєкту бакалавра студенту
Романенко Валентин Іванович
(прізвище, ім'я, по батькові)
Спеціальність 208 «Агроінженерія»
(код і назва)
Тема дипломного проєкту бакалавра на тему «Підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату під час підготовки ґрунту під посів»
затверджена наказом ректора НУБіП України від «16» лютого 2026р. №510 «С»

Термін подання завершеної роботи (проекту) на кафедру: 01.05.2026
(рік, місяць, число)

Вихідні дані до дипломного проекту бакалавра: патентні бази; довідники з проектування машин; науково-дослідна література.
Перелік питань які потрібно розробити
Вступ
Поточний стан питання та дослідницька робота;
Теоретичні дослідження роботи МТА з гвинтовим блоковим з'єднанням регулятора ваги;
Вплив регулятора ланцюгової ваги вантажопідйомності на зміну вертикального навантаження;
Економічна і паливно-енергетична оцінка;
Висновки. Список використаної літератури
Перелік графічного матеріалу: Аналіз проблеми та актуальність дослідження; аналіз існуючих конструкцій навантаження; рамковий регулятор навантаження; деталювання; теоретичне обгрунтування перерозподілу навантаження; паливо-енергетична та економічна оцінка; технологічна схема регулятора; висновки

Дата видачі завдання «23» лютого 2026 р.

Керівник дипломного проєкту бакалавра _____ Романченко В.М.
(підпис) (прізвище та ініціали)

Завдання прийняв до виконання _____ Романенко В.І.
(підпис) (прізвище та ініціали)

РЕФЕРАТ

Дипломний проект бакалавра викладено на 51 сторінці пояснювальної записки, 13 рисунок, 4 таблиці та презентація.

Тема дипломного проекту: «Підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату під час підготовки ґрунту під посів».

Мета дослідження – підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату при підготовці ґрунту під посів шляхом удосконалення конструктивно-технологічних параметрів боронувального агрегату та застосування регулятора зчіпної ваги для перерозподілу навантаження між трактором і дисковою бороною.

Об’єкт дослідження – технологічний процес підготовки ґрунту під посів дисковими боронами у складі машинно-тракторного агрегату.

Предмет дослідження – закономірності зміни тягово-зчіпних властивостей, вертикального навантаження та ефективності роботи машинно-тракторного агрегату при використанні регулятора зчіпної ваги боронувального агрегату.

Кваліфікаційна робота присвячена підвищенню ефективності використання машинно-тракторного агрегату при підготовці ґрунту під посів за рахунок удосконалення конструктивно-технологічних параметрів боронувального агрегату та застосування регулятора зчіпної ваги.

У роботі проведено аналіз сучасного стану машинно-тракторного парку України, досліджено технічний стан засобів механізації та визначено основні проблеми використання колісних тракторів при виконанні ґрунтообробних операцій. Встановлено, що значна частина техніки експлуатується понад нормативний термін, що призводить до зниження продуктивності агрегатів, підвищення буксування та збільшення витрат палива.

Основною метою роботи є підвищення ефективності роботи машинно-тракторного агрегату при боронуванні шляхом застосування пристрою для перерозподілу зчіпної ваги між трактором і дисковою бороною. Для досягнення поставленої мети проведено аналітичні та експериментальні

дослідження процесу боронування, визначено сили, що діють у системі МТА, а також обґрунтовано конструктивну схему регулятора зчіпної ваги боронувального агрегату.

У теоретичній частині роботи виконано аналіз взаємодії трактора, причіпного пристрою та дискової борони при різних режимах роботи навісної системи. Отримано математичні залежності для визначення вертикальних реакцій опорної поверхні, сил натягу тросової системи та величини перерозподілу ваги між елементами агрегату. Доведено, що застосування регулятора дозволяє збільшити навантаження на ведучі колеса трактора або на робочі органи борони залежно від умов роботи.

Дослідження проводилися в польових умовах із використанням трактора класу 1,4 та дискової борони БДТ-3. Встановлено, що використання регулятора зчіпної ваги дозволяє зменшити буксування рушіїв, підвищити тягово-зчіпні властивості трактора та покращити якість обробітку ґрунту. У процесі досліджень зафіксовано збільшення вертикального навантаження на передні секції борони та зменшення навантаження на ходову систему трактора.

Результати показали, що модернізований машинно-тракторний агрегат забезпечує збільшення глибини боронування до 0,16 м у порівнянні з 0,10 м у серійного агрегату, а також зниження величини буксування з 15,15 % до 10,25 %. Використання розробленого пристрою дозволило підвищити продуктивність агрегату та покращити технологічні показники виконання операції боронування.

У роботі також проведено економічну та паливно-енергетичну оцінку ефективності застосування модернізованого агрегату. Розрахунки показали, що використання регулятора зчіпної ваги забезпечує зниження сукупних енерговитрат на 32,93 МДж/га у порівнянні із серійним машинно-тракторним агрегатом. Це підтверджує доцільність впровадження запропонованої конструкції у сільськогосподарське виробництво.

Ключові слова: машинно-тракторний агрегат, боронування, дискова борона, трактор, зчіпна вага, буксування, продуктивність, обробіток ґрунту, енергоефективність, регулятор зчіпної ваги.

ЗМІСТ

ВСТУП 8
1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ 9
1.1 Аналіз наявності та якісного стану засобів механізації в Україні…….. 9
1.2 Аналітичні дослідження процесу оранки 18
1.3 Висновки по 1 розділу 20
2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ 21
2.1 Теоретичні дослідження роботи МТА з гвинтовим блоковим з'єднанням регулятора ваги 21
2.2 Визначення сил, що діють у МТА з РЗВБА у нейтральному положенні…23
2.3 Визначення сил, що виникають у МТА з РЗВБА під час підйому начіпки трактора 26
2.4 Визначення сил, що виникають у МТА з РЗВБА при опусканні навішування трактора 30
2.5 Вплив використання РЗВБА на ефективність МТА на боронуванні..... 32
Висновки по 2 розділу 34
3 ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРА ЗЧІПНОЇ ВАГИ БОРОНУВАЛЬНОГО АГРЕГАТУ НА ЗМІНУ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ 36
3.1 Результати досліджень щодо визначення впливу регулятора зчіпної ваги боронувального агрегату на вертикальне навантаження 38
Висновки по 3 розділу 39
4 ЕКОНОМІЧНА І ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА 41
ВИСНОВКИ 46
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ 48
ДОДАТКИ 51

ВСТУП

Ефективність виробництва будь-якої сільськогосподарської культури значною мірою залежить від своєчасного та якісного виконання всіх сільськогосподарських операцій, необхідних застосованою технологією.

Водночас, засоби механізації, що випускаються наразі галуззю, не завжди повністю виконують свої функції за призначенням через специфічні особливості. Однак підприємства вимагають повного використання існуючих потужностей та обладнання, що вимагає їх модернізації та адаптації до ґрунтово-кліматичних та виробничих умов.

Реалізація цього напрямку в розробці та застосуванні технологій повинна базуватися на перевірених та ефективних дослідженнях взаємодії засобів механізації з регіональними технологіями, що використовуються.

Використання універсальних колісних тракторів серійного обробітку з блочною конструкцією в підготовці ґрунту часто обмежене через високий питомий тиск приводних блоків на ґрунт. Під час руху цих тракторів підвищене ковзання в поєднанні з вертикальними навантаженнями проштовхує поверхню ґрунту до нижнього рівня, що знижує їх тягово-швидкісні характеристики та посилює вплив ущільнення ґрунту, що, загалом, знижує їх ефективність.

Ці фактори виявляються при використанні тракторів колісної ходової системи на боронуванні, де у складі машинно-тракторного агрегату (МТА) використовуються дискові борони великої маси з високим тяговим опором.

Основним напрямом кваліфікаційної роботи є пошук оптимальних рішень позначеної галузевої задачі, що в даний час є актуальною і затребуваною в сільськогосподарському виробництві, за рахунок застосування пристроїв, прийомів та методів перерозподілу ваги ланок машинно-тракторного агрегату (МТА), що складається з колісного трактора та причіпної.

1 СУЧАСНИЙ СТАН ПИТАННЯ ТА ЗАВДАННЯ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. 1 Аналіз наявності та якісного стану засобів механізації в Україні

Ефективність сільськогосподарського виробництва значною мірою визначається наявністю сучасної техніки та технічним станом парку техніки та тракторів. В Україні модернізація та раціональне використання механізації є особливо актуальним через високий рівень зносу техніки, сезонний характер польових робіт та необхідність дотримання агрономічних термінів.

Машинно-тракторний парк аграрних підприємств України включає трактори різних тягових класів, зернозбиральні та кормозбиральні комбайни, ґрунтообробні, посівні та транспортні машини. Основу парку складають трактори МТЗ, ХТЗ, John Deere, Case IH, New Holland, Claas та інша техніка вітчизняного та зарубіжного виробництва.

За даними Державної служби статистики України, останніми роками спостерігається поступове оновлення сільськогосподарської техніки, проте значна частина машин продовжує експлуатуватися понад нормативний термін служби (таблиця 1).

Дані наведено без урахування тимчасово окупованої території Автономної Республіки Крим, м. Севастополя та частини тимчасово окупованих територій в Донецькій та Луганській областях.

Таблиця 1. Наявність окремих видів сільськогосподарської техніки за категоріями господарств.

	Всього / *Total*	У тому числі / Including	Довідково: частка домогосподарств, що мали техніку, % / *share of households with machinery,%*	
		Сільськогосподарські підприємства[2] / *Agricultural enterprises*[2]	Господарства населення[3] / *Household*[3]	

Усього	′	′	′	**19,9**
				100,0
Трактори	377 306	128 697	248 609	27,2
Комбайни	42 925	26 287	16 638	1,7
Сівалки	195 922	65 070	130 852	14,3
Плуги	351 830	49 924	301 906	32,0
Культиватори	210 156	70 505	139 651	15,0
Борони	524 819	161 129	363 690	27,5

Таблиця 2 – Наявність сільськогосподарської техніки в сільськогосподарських підприємствах

	Сільськогосподарські підприємства – всього[2]/ *Agricultural enterprises – total*[2]		У тому числі фермерські господарства[3] / *Including private farms*[3]	
	2018	2019	2018	2019
Трактори – всього	128 697	130 529	40 053	41 783
з них трактори колісні	117 244	119 178	36 814	38 482
Мотоблоки	634	1 011	347	666
Вантажні та вантажно-пасажирські автомобілі	78 077	78 678	15 194	15 655
Причепи та напівпричепи	63 244	64 800	14 372	15 017
Плуги	49 924	51 447	18 431	19 654
Культиватори	70 505	71 633	24 120	25 309
Борони	161 129	160 004	34 251	35 660
у т. ч. дискові	33 343	34 780	12 897	13 862
Машини посівні та для садіння – всього	68 921	70 536	24 544	26 107
з них				
сівалки	65 070	66 511	22 898	24 322
картоплесаджалки	1 310	1 305	679	701
Розкидачі гною і добрив	22 642	23 878	6 559	7 305
Обладнання іригаційне:				
дощувальні машини	4 501	4 617	796	863
машини і пристрої для поливу	2 361	2 717	590	706

водяні насоси і насосні станції	4 476	5 010	806	925
Машини для захисту сільськогосподарських культур	22 229	23 487	8 178	8 857
Сінокосарки	9 920	10 196	2 602	2 780
Жатки валкові	15 977	16 862	5 159	5 620
Прес-пакувальники, включаючи прес-підбирачі	8 114	8 226	2 153	2 244
Комбайни і машини:				
зернозбиральні	26 287	26 524	9 636	9 986
кукурудзозбиральні	1 497	1 477	428	457
кормозбиральні, включаючи причіпні	3 717	3 587	384	383
льонозбиральні	102	97	к	к
картоплезбиральні, включаючи картоплекопачі	947	953	396	414
бурякозбиральні (без машин для обрізання бурячиння)	1 642	1 568	387	366
для збирання овочів і баштанних культур	402	447	104	123
для збирання плодів, ягід, винограду	86	94	27	27
Техніка для післяурожайних робіт[4]	20 527	21 591	6 727	7 308

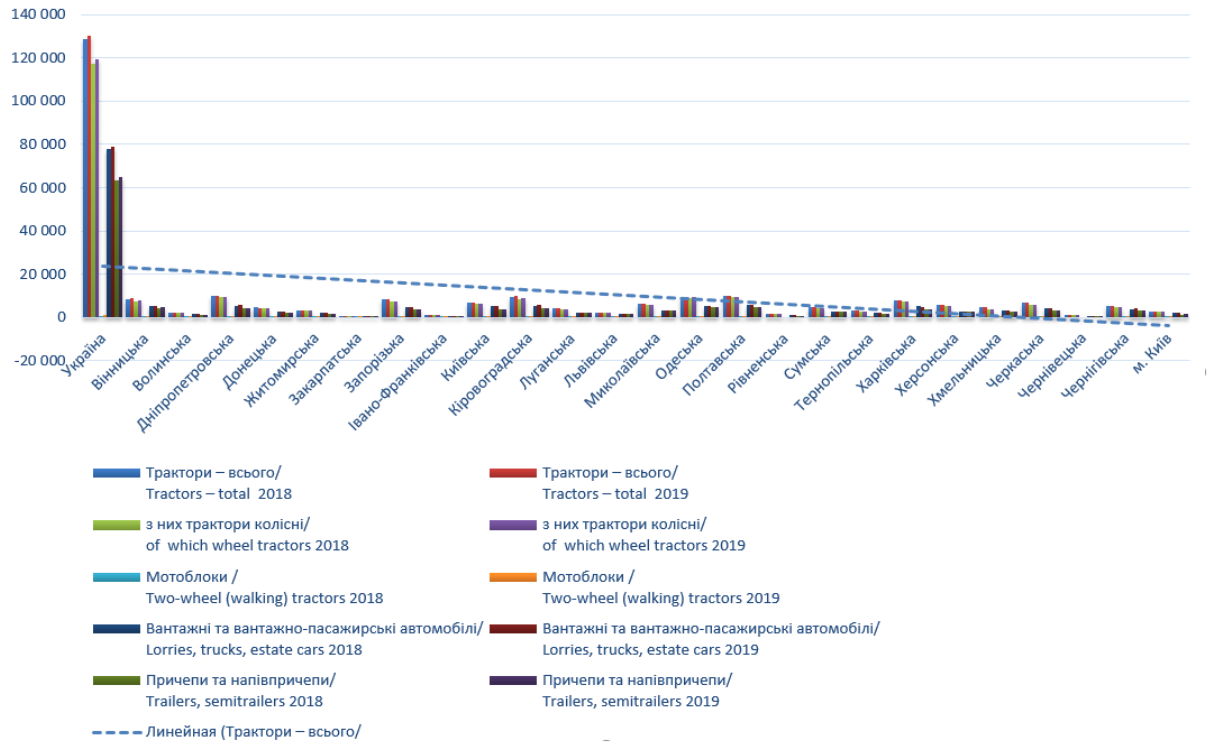


Рисунок 1 – Наявність тракторів та техніки загального призначення в сільськогосподарських підприємствах за регіонами

Аналіз технічного стану парку машин і тракторів показує, що значний відсоток техніки має високий рівень природного зносу. Деякі господарства продовжують використовувати техніку, термін служби якої становить понад 15-20 років. Це призводить до збільшення витрат на ремонт та обслуговування, зниження продуктивності техніки та погіршення якості технологічних робіт.

Забезпечення конкурентоспроможного механізованого виробництва сільськогосподарської продукції є актуальною проблемою розвитку реформованих сільськогосподарських підприємств [1].

Для цього кількісний та якісний склад парку машин і тракторів необхідно скоригувати відповідно до науково обґрунтованих технологічних потреб, щоб усі сільськогосподарські роботи могли виконуватися в оптимальні терміни. Існуючий парк машин і тракторів не відповідає сучасним вимогам сільськогосподарського виробництва. У сільськогосподарському секторі України використовується близько 296 тис. тракторів, 54 тис. комбайнів, 23,5 тис. кормозбиральних комбайнів, понад 100 тис. одиниць

ґрунтообробної, посівної та іншої техніки [1, с. 154]. Через технічні несправності чверть зазначеної кількості парку машин і тракторів не використовується. Близько 90% техніки в господарствах відпрацювало свій нормальний термін служби.

Близько 90% техніки в господарствах відпрацювало свій нормальний термін служби.

І все ж, ефективне використання цього парку машин і тракторів значною мірою залежить від прогресивних форм організації його роботи, удосконалення аналітичних методів, розробки заходів, що забезпечують покращення планування та управління виробничою діяльністю. У зв'язку з цим на порядку денному стоять такі пріоритетні питання, як підвищення якості та ефективності обліку експлуатації парку транспортних засобів і тракторів. Організація обліку експлуатації парку транспортних засобів і тракторів завжди була проблемним питанням. Ця проблема досліджувалася економістами в різні періоди розвитку економіки нашої країни.

Вона змінилася разом зі зміною системи управління, організаційної форми праці та форми матеріальної мотивації трактористів-машиністів за виконання польових та транспортних робіт [7]. Змінилися підходи до організації та методології бухгалтерського обліку [5]. Зміни також зазнали нормативно-правової бази, що регулює бухгалтерський облік. Нормативне віднесення методу розрахунку до класу управлінського обліку вимагає перегляду порядку методів обліку вартості машинно-тракторних парків, їх відокремлення та включення до собівартості продукції. Тому проблема залишається актуальною й сьогодні та потребує детального вивчення. У багатьох великих та середніх сільськогосподарських підприємствах парк техніки та тракторів був і залишається на сучасному етапі окремою структурною одиницею, що об'єднує найбільш висококваліфікованих працівників підприємства та потужну техніку, на яку припадає майже весь обсяг польових робіт та значна частка транспортних робіт. Це трактори, комбайни, причепи, навісна сільськогосподарська техніка та знаряддя для

оранки, культивації та збирання врожаю. До тракторно-транспортного парку також входять машинні відділення, гаражі, сараї, місця для зберігання техніки та інших основних засобів. Існуючі організаційні форми мототракторного парку викликають досить критичне ставлення до Інструкції щодо виконання Плану обліку активів, капіталу, зобов'язань та господарських операцій підприємств та організацій, затвердженої Наказом Міністерства фінансів України від 30.11.99 № 291 [2] та Методичних рекомендацій щодо обліку та калькулювання собівартості продукції (робіт, послуг) сільськогосподарських підприємств, затверджених Наказом Міністерства аграрної політики України від 18 травня 2001 року № 132 [3].

Вищезазначені нормативні документи можуть застосовуватися лише до малих сільськогосподарських підприємств, де трактори, комбайни та інша сільськогосподарська техніка є в невеликій кількості та їх використання здійснюється в комплексі технологічних операцій для вирощування певних сільськогосподарських культур.

В інших випадках необхідно запровадити організацію управлінського обліку, яка забезпечує ефективність управління та контролю за витратою палива (економія або перевитрата порівняно з встановленими нормами), обсягом виконаних робіт та їх якістю, використанням робочого часу та стягненням заробітної плати, експлуатацією парку автомобілів і тракторів та їх технічним станом.

Для забезпечення вищезазначених вимог можна використовувати досвід організації управлінського обліку експлуатації парку автомобілів і тракторів Черкаської області. На полях цього господарства працює 48 тракторів, 26 комбайнів, 90 плугів. Ремонтно-технічна майстерня оснащена парком сучасних автомобілів та обладнання та має можливість виконувати всі види ремонту існуючої техніки. Група з обслуговування тракторів працює на основі госпрозрахунків. Всі операції парку автомобілів і тракторів підлягають документальному оформленню, що сприяє зміцненню економічних операцій при виконанні механізованих робіт.

Первинним обліковим документом, що використовується для фіксації роботи тракторів, комбайнів та інших самохідних машин, є «Обліковий лист тракториста».

Залежно від конкретних обставин, для виконання механізованих робіт призначається один тракторист, а при роботі у дві зміни – два. Облік у тракторній групі веде бухгалтер-заправник, а цю функцію контролює бригадир тракторної бригади. До обов'язків цих працівників входить своєчасне та правильне складання первинних документів для обліку виконаних робіт, витрати нафтопродуктів та виплати заробітної плати механізаторам.

Виконання тракторних та інших механізованих робіт щодня фіксується в обліковому листі кожного тракториста. Лист розрахований приблизно на п'ятнадцять змін, показники записуються окремо для кожної зміни.

Після завершення зміни кожна машина повинна мати інформацію про кількість та якість виконаних робіт, витрату палива та розмір отриманого за зміну доходу. Всі ці показники щодня фіксуються в обліковому листі. У встановлені терміни в господарстві (через 10-15 днів) бухгалтер подає облікові аркуші, підписані механізатором, бригадиром та агрономом, до бухгалтерії, де вони перевіряються та затверджуються, після чого складають основу для узагальнення та систематизації в «Накопичувальному звіті про використання парку машин і тракторів» та «Щоденнику обліку робіт і витрат». Слід зазначити, що трактористи виконують різні сільськогосподарські операції.

Для переведення виконаних робіт в окремих операціях у довідковий обсяг використовується наступна методика.

Розрахунок умовного довідкового гектара робочого об'єму трактора здійснюється шляхом множення кількості норм готової змінної продукції конкретної марки трактора на його довідкову змінну продукцію.

Виробництво довідкової змінної трактора визначається шляхом множення коефіцієнта переведення для його умовного довідкового трактора на кількість відпрацьованих нормо-змін. Коефіцієнти перерахунку

натуральних тракторів різних марок у господарстві на нормативну та змінну нормативну продукцію наведено в таблиці 1.

Кількість відпрацьованих нормативних змін залежить від форми оплати праці:

- відрядна, коли встановлені норми виробітку;

- погодинна, коли дотримується облік робочого часу.

Приклад 1. Для посіву зернових використовувався трактор МТЗ-80 з сівалкою СЗ-3,6. Норма виробітку за 7-годинний робочий день становить 16,9 га, а фактична продукція за зміну - 18,6 га.

Визначаємо:

- кількість виконаних нормозмін

18,6 га : 16,9 га = 1,1 нормозмін;

- еталонний змінний виробіток на трактор МТЗ-80

0,7 ум. ет. га х 7 год. = 4,9 ум. ет. га;

- кількість виконаних умовних еталонних гектарів

1,1 х 4,9 ум. ет. га = 5,39 ум. ет. га;

Довідкове виробництво, коефіцієнти природної передачі трактора в довідковому сільськогосподарському кооперативі Черкаської області.

Марка	Виробіток умовних еталонних гектарів		Витрати пального на 1 ум. ет. га, кг	Кількість тракторів	
	за одну год. (коеф. перерахунку фізичних тракторів у еталонні)	за 7-год. зміну		фізичних	еталонних
Т-150	1,65	11,6	14,1	6	10
Т-150К	1,50	10,5	14,9	7	10
ДТ-75	1,03	7,2	12,9	1	1
Т-74	1,0	7,0	10,6	1	1
Т-70	0,9	6,3	13,2	6	5
К-701	2,7	18,9	14,8	5	14
МТЗ-80	0,7	4,9	17,7	6	4
ЮМЗ-6Л	0,6	4,2	14,5	12	7

Т-25А	0,3	2,1	15,3	1	0,3
Т-16М	0,22	1,5	13,2	2	0,4
ХТЗ-180	2,46	17,22	12,09	1	2
Разом	х	х	х	48	54,7

Недостатнє технічне оснащення деяких сільськогосподарських підприємств призводить до порушення оптимальних термінів проведення технологічних операцій, особливо в періоди інтенсивних робіт у полі. Це негативно впливає на якість обробітку, посіву та збору врожаю.

В останні роки в Україні спостерігається тенденція активної модернізації сільськогосподарської техніки. За даними спеціалізованих сільськогосподарських джерел, у 2025 році було зареєстровано понад 52 000 одиниць сільськогосподарської техніки та обладнання, що є найвищим показником за останні роки. Збільшення кількості нової техніки свідчить про поступову модернізацію аграрного сектору та впровадження сучасного, високоякісного обладнання.

Великі сільськогосподарські господарства активно інвестують у технічну модернізацію. Наприклад, сільськогосподарські підприємства закуповують сучасні, потужні трактори, посівні системи та культиваційні агрегати іноземних виробників. Однак для більшості малих та середніх господарств питання оновлення техніки залишається актуальним через високу вартість сучасного обладнання та обмежені фінансові ресурси.

Якість механізованого обладнання також характеризується недостатнім впровадженням цифрових технологій та автоматизованих систем управління. Водночас, сучасний розвиток сільськогосподарського виробництва вимагає використання систем точного землеробства, GPS-навігації, автоматичного керування технікою та моніторингу процесів.

Суттєвою проблемою залишається зниження ефективності експлуатації техніки через недостатнє обслуговування та зберігання. Порушення правил експлуатації призводить до прискореного зносу компонентів та збільшення простоїв техніки під час сільськогосподарських робіт.

Таким чином, аналіз наявності та якості засобів механізації в Україні показує, що, незважаючи на поступове оновлення парку техніки та тракторів, значна частина техніки все ще є застарілою та морально непридатною. Це вимагає подальшої модернізації сільськогосподарської техніки, впровадження сучасного енергоефективного обладнання, удосконалення систем керування технікою та тракторами.

1.2 Аналітичні дослідження процесу оранки

Як відомо, продуктивність оранки значною мірою залежить як від її конструктивних і технологічних параметрів, так і від умов експлуатації. Зазначалося [3], що до 20% врожайності визначається якістю підготовки ґрунту. Навіть при виконанні однакових робіт якість оранки значною мірою залежатиме як від вирощеної на полі культури, так і від стану поля. Тому більшість досліджень, що вивчають продуктивність дискових борін, зосереджені на визначенні впливу фізико-механічних властивостей ґрунту на його конструктивні та технологічні параметри. Загалом, фізико-механічні властивості ґрунту – це складний комплекс показників, які важко задокументувати, оскільки вони значною мірою визначаються природно-кліматичними умовами місцевості.

Одним із показників при використанні дискових борін є твердість ґрунту, яка, у свою чергу, тісно пов’язана з вологістю ґрунту. Дослідження, проведене в [1], показало, що до 40% тягової сили джерела живлення витрачається на подолання сил тертя, що виникають під час обробітку ґрунту ґрунтообробними знаряддями. Тому питання покращення продуктивності ґрунтообробних машин (дискових борін) спрямоване насамперед на документування тих конструктивних та технологічних параметрів, які сприяють зменшенню сил тертя.

Цього можна досягти шляхом зменшення площі контакту між диском та ґрунтом [8].

У роботі [17] отримано аналітичну залежність між діаметром диска та глибиною борозни:

$$D = k\alpha \quad (1)$$

де D - Діаметр диска борони; k – коефіцієнт, що враховує схильність простору між дисками до засмічення, k = 4...6; α – глибина оранки.

Щоб уникнути засмічення ґрунтом та рослинними рештками, рекомендується витримувати певну відстань між дисками

$$b \geq 1{,}5\alpha$$

Ефективність дискового гвинта значною мірою визначається надійністю обертання диска. У роботі [13] автор пропонує робити для цього асиметричні канавки, що забезпечує ковзне різання.

Розрахунок параметрів сферичних дисків є предметом [7, 8, 13].

Зв'язок між радіусом кривизни диска та його діаметром задокументовано в [13]. [7,8]:

$$R = D / 2\sin\varphi$$

На величину опору опору суттєво впливає швидкість руху. [9] зазначає, що збільшення опору опору відстає від збільшення швидкості руху. Таким чином, при збільшенні швидкості руху в 1,86 раза опір опору зростає на 25-30%.

Однією з проблем сферичних дисків є їх зчеплення з ґрунтом. Для усунення цієї проблеми [20] пропонує використовувати сферичний диск із заглибленнями. Автор пояснює це тим, що за рахунок зменшення площі контакту з ґрунтом збільшується питомий тиск, тим самим покращуючи процес очищення робочого органу.

Для зменшення засмічення диска ґрунтом [5] пропонує обертати сусідні диски з різними кутовими швидкостями.

Однією з основних вимог до дискових плугів є можливість поглиблення робочого органу (диска) на задану глибину відповідно до сільськогосподарських вимог. Необхідна глибина оранки, у свою чергу, значною мірою залежить від конструктивних та технологічних параметрів

знаряддя, які визначаються ґрунтово-кліматичними умовами, для яких був розроблений плуг. Дослідження показують, що дискові плуги, що випускаються у продажу, не забезпечують необхідної глибини оранки на важких ґрунтах. Основною причиною є недостатнє вертикальне навантаження на робочий елемент.

Вертикальне навантаження, що прикладається до одного робочого елемента, є змінним і не завжди достатнім для забезпечення оптимальної глибини оранки. Тому регулювання вертикального навантаження на робочий елемент культиватора є важливим та актуальним для механізації Далекого Сходу, оскільки забезпечує оптимальну глибину оранки для всіх типів ґрунтів.

1.3 Висновки по 1 розділу

Огляд роботи техніки для передпосівної оранки, наявності засобів механізації в господарствах регіону та існуючих конструкцій сільськогосподарських знарядь дозволяє сформулювати вимоги до конструкції перспективного культиватора та обґрунтувати напрямки та методи розробки високоефективного пристрою з використанням принципів модульної конструкції та механізмів розподілу ваги як найбільш оптимальних для використання в агропромисловому комплексі.

Пошуковими дослідженнями та виробничими спостереженнями встановлено модернізаційні можливості трактора класу 14 кН та дискової борони БДТ-3 як найбільш поширених засобів механізації у сільськогосподарському виробництві області. Потужні характеристики та енергонасиченість обраного трактора дозволяють його використання у складі боронувального агрегату.

2 ТЕОРЕТИЧНІ ОСНОВИ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Теоретичні дослідження роботи МТА з гвинтовим блоковим з’єднанням регулятора ваги

На підставі проведеного аналізу встановлено що для підвищення ефективності передпосівної підготовки ґрунту покращення показників структурності ґрунту рівномірності обробітку ґрунту за глибиною та з метою досягнення регулярної високої врожайності сільськогосподарських культур необхідне застосування сільськогосподарських машин, зокрема важких дискових борін. Змінюючи кут атаки, тобто кут постановки робочих органів щодо напрямку руху, можна змінювати як глибину обробки, і ступінь крихітності елементів верхнього родючого шару. Борони знайшли застосування при обробці пласта багаторічних трав, післяжнивного лущення, обробки зайнятих пар і непарових попередників під озимі, важкі борони використовуються і для основної обробки грунту на різну глибину.

Основним і головним недоліком таких борін є необхідність їх довантаження додатковим баластом для підвищення якості та глибини обробки на ґрунтах з важким механічним складом. Але слід врахувати, що цей прийом недостатньо ефективний на ґрунтах з низькою здатністю, що несе, або високого ступеня вологості. У цих умовах найбільш перспективним напрямом є оптимізація швидкісних характеристик та використання можливостей перерозподілу зчіпної ваги у ланках самого машинно-тракторного агрегату.

При цьому необхідно також враховувати, що основним експлуатаційним параметром будь-якого мобільного енергетичного засобу є його тягово-зчіпні властивості, зміна яких з метою ефективності можлива лише у бік збільшення.

У зв'язку з технічним рішенням поставленої задачі є створення та дослідження характеристик пристрою – регулятора ланцюгової ваги боронувального агрегату, здатного перерозподіляти частину зчіпної ваги між енергетичним засобом (трактором) та бороною через вертикальне

переміщення задньої навішування трактора та силове натягування гнучкого тросового зв'язку представлені на рисунку 2.1 і 2.2.

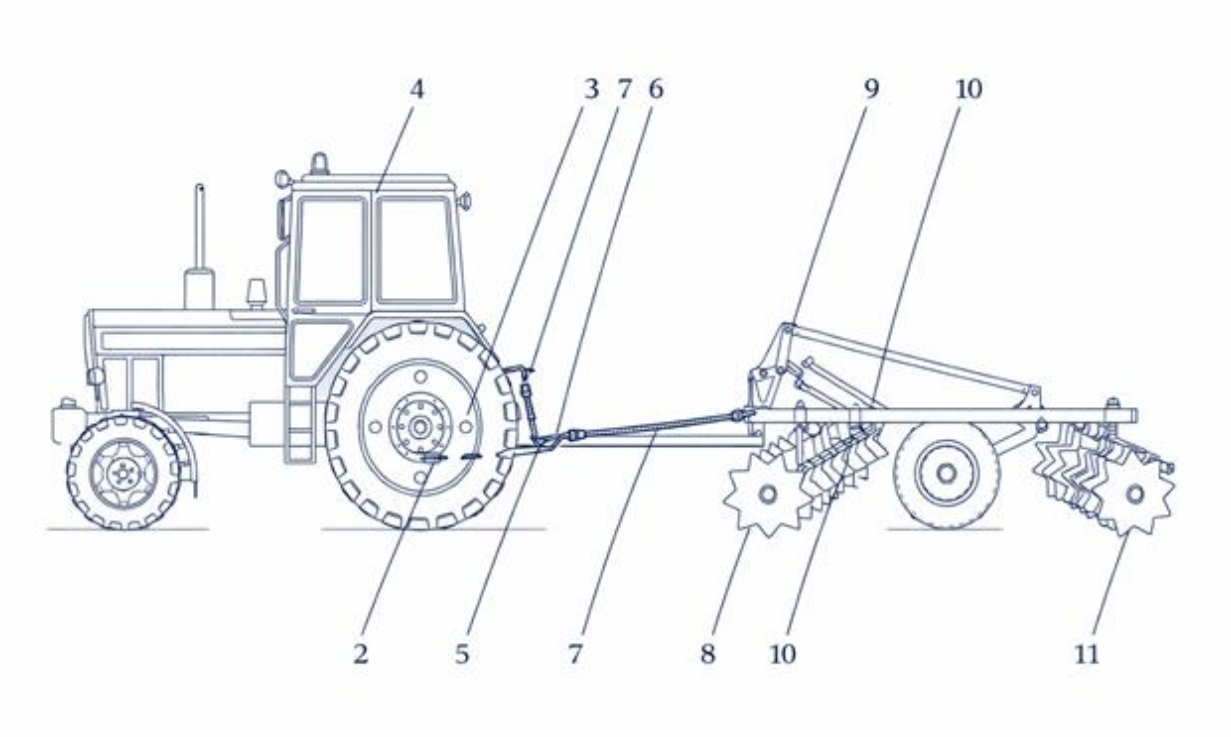


Рисунок 2.1- Принципова схема МТА з регулятором зчіпної ваги боронувального агрегату (РЗВБА): 1 - гнучкий тросовий силовий зв’язок; 2 - опорний кронштейн; 3 - корпус; 4 - трактор; 5 - буксирний пристрій; 6 - нижня поперечна тяга; 7 - навішування; 8 - настановний кронштейн; 9 - брус; 10 - рама, 11 - борона

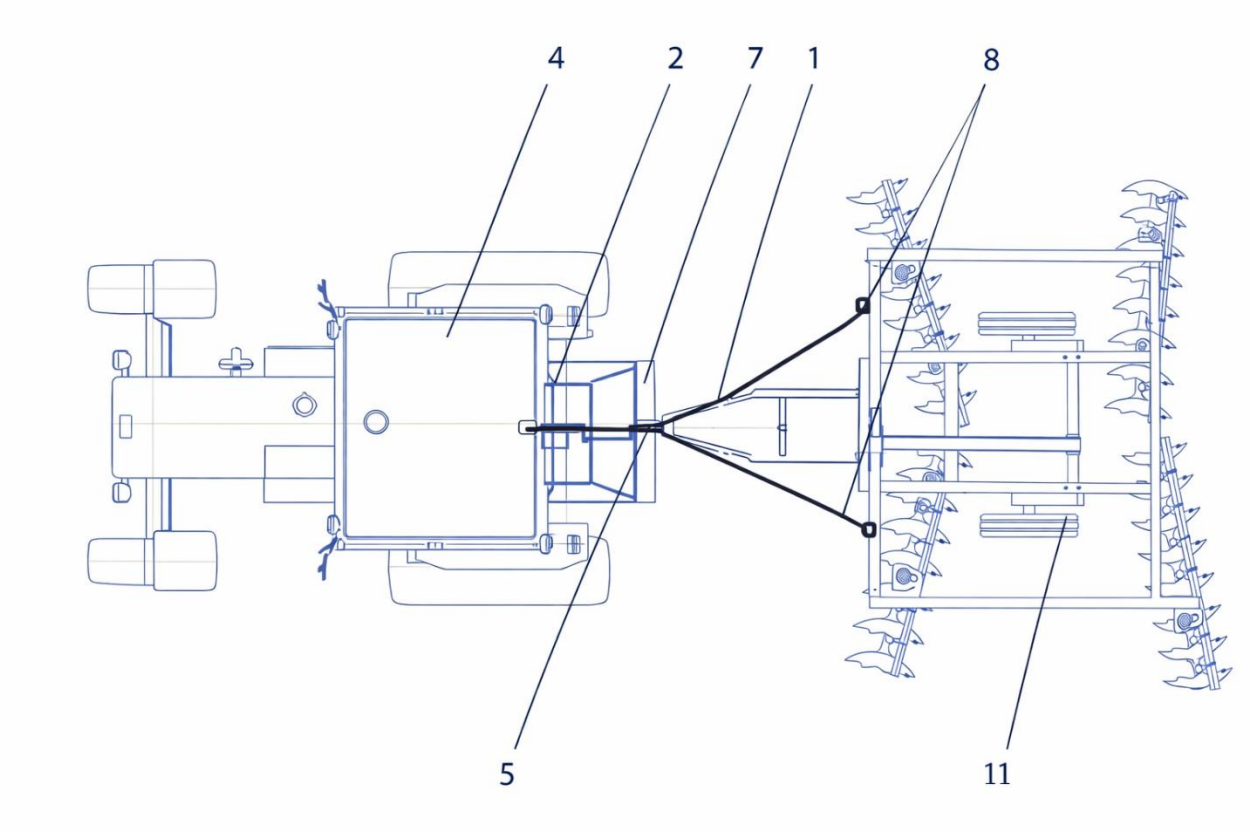


Рисунок 2.2 - Схема боронувального МТА із встановленим РЗВБА (вид зверху)

З метою обґрунтування конструктивно-технологічних параметрів МТА із встановленим регулятором зчіпної ваги боронувального агрегату проведемо аналіз машини тракторного агрегату із встановленим регулятором зчіпної ваги боронувального агрегату, як основну конструкцію трактор+причіпний пристрій+рама борони (рисунок 2.1).

Розглянемо рівновагу кожної частини РЗВБА окремо визначення вертикальних складових реакцій поверхні.

Визначимо три складові положення Без впливу регулятора зчіпної ваги: – нейтральне положення.

При роботі регулятора зчіпної ваги – при піднятті навішування; - при опусканні навішування.

2.2 Визначення сил, що діють у МТА з РСВБА у нейтральному положенні

Розглянемо роботу МТА із встановленим регулятором зчіпної ваги боронувального агрегату як складову конструкцію трактор+причіпний пристрій+рама борони при нейтральному положенні. Покажемо сили, що діють на частині складової конструкції рисунка 2.3.

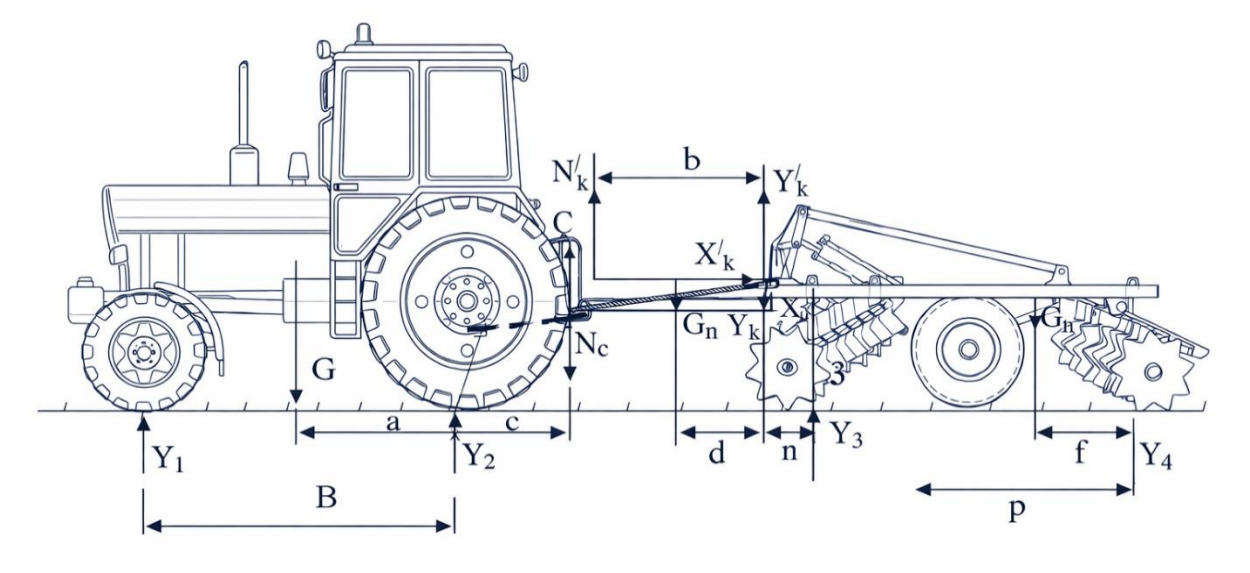


Рисунок 2.3 – Сили, що діють на МТА з РЗВБА в нейтральному положенні

Для зручності аналізу всі сили, що діють, на МТА з РЗВБА покажемо на окремій схемі рисунок 2.4

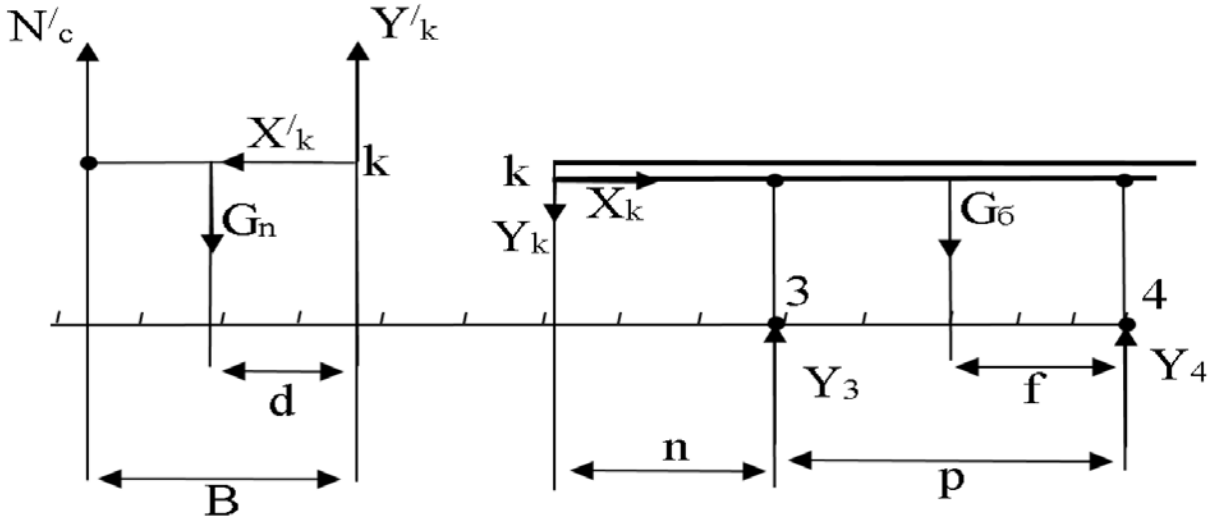


Рисунок 2.4 - Схема для визначення вертикальних складових сили реакцій ґрунтової поверхні, що діють на МТА з РЗВБА в нейтральному положенні

G, G_n, $G_б$ – вага трактора, причіпного пристрою, рами борони відповідно Н;

Y_1, Y_2, Y_3, Y_4 – силові вертикальні реакції поверхні у відповідних точках, Н;

$\overline{N}_c = \overline{N}'_c$ – силова реакція внутрішнього зв'язку в точках, Н;

$\overline{X}_k = \overline{X}'_k$ та $Y_k = \overline{Y}'_k$ – силові реакції шарніра в точці K, Н;

B – поздовжня колісна база трактора, м;

a – відстань від центру ваги трактора до задньої опори двигуна трактора, м;

c – відстань від задньої опори рушія трактора до тоски C, м;

b – довжина дишла, м;

d – відстань від центру ваги дишла до зчіпного пристрою K, м;

p – відстань від точок прикладання вертикальних поверхневих реакцій на гвинтовій рамі, м;

n – відстань від гвинта до точки прикладання вертикальних поверхневих реакцій на поперечному перерізі та на гвинтовій рамі, м;

f – відстань від центру ваги гвинта до точки прикладання вертикальних поверхневих реакцій на поперечному перерізі та на гвинтовій рамі в 4 точках, м;

h – відстань від поверхні землі до навісного обладнання, м.

Записуємо рівняння рівноваги для деталей складної конструкції:

- Рівняння рівноваги для трактора:

$$\left.\begin{array}{ll} \sum F_{ky} = 0 & Y_1 - G + Y_2 - N_c = 0 \\ \sum M_1(F_k) = 0 & -G(B-a) + Y_2 B - N_c(B+C) = 0 \\ \sum M_2(F_k) = 0 & -Y_1 B + Ga - N_c \cdot C = 0 \end{array}\right\} \qquad (2.1)$$

- рівняння рівноваги для причіпного пристрою:

$$\left.\begin{array}{ll} \sum F_{ky} = 0 & N'_c - G_n + y'_k = 0 \\ \sum M_c(F_k) = 0 & -G_n(b-d) + Y'_k b = 0 \\ \sum M_c(F_k) = 0 & -N'_c b + G_n d = 0 \end{array}\right\} \qquad (2.2)$$

- рівняння рівноваги для рами борони:

$$\left.\begin{array}{l}\sum F_{ky}=0 \quad Y_3-Y_k-G_б+Y_4=0\\ \sum M_3\left(F_k\right)=0 \quad Y_k\cdot n-G_б\left(P-f\right)+Y_4\cdot P=0\\ \sum M_4\left(F_k\right)=0 \quad -Y_3\cdot P+Y_k\left(P-n\right)+G_б f=0\end{array}\right\} \tag{2.3}$$

Після розв'язання системи рівнянь (2.1, 2.2, 2.3) визначаємо:

– реакцію внутрішньої сили зв'язку в точках С

$$N_c^{'}=\frac{G_n d}{b} \tag{2.4}$$

– силову реакцію шарніра у точці К,

$$y_k^{'}=G_n-N_c^{'}=G_n-\frac{G_n d}{b}=G_n\frac{\left(b-d\right)}{b} \tag{2.5}$$

– силові вертикальні реакції поверхні у відповідних точках:

$$y_1=\frac{G_a-N_c C}{B}=\frac{G_a}{B}-G_n\frac{d\cdot c}{b\cdot B} \tag{2.6}$$

$$y_2=\frac{G\left(B-a\right)+N_c\left(B+c\right)}{B}=\frac{G\left(B-a\right)}{B}+\frac{G_n\cdot d(B+c)}{b} \tag{2.7}$$

$$y_3=\frac{Y_k\left(P+n\right)+G_n f}{P}=G_n\frac{\left(b-d\right)\left(P+n\right)}{b\cdot P}+\frac{G_b f}{P} \tag{2.8}$$

$$y_4=\frac{G_b\left(P-f\right)-Y_n}{P}=\frac{G_b\left(P-f\right)}{P}-\frac{G_n\left(b-d\right)\cdot n}{b\cdot P} \tag{2.9}$$

Отримані математичні представлення дозволяють визначити силові реакції, що виникають у МТА з РЗВБА, коли пристрій не працює.

2.3 Визначення сил, що виникають у МТА з РЗВБА під час підйому начіпки трактора

При піднятті начіпки відбувається натяг гнучкого тросового силового зв'язку в буксирному пристрої (вважаємо трос не розтяжним, невагомим зв'язком) Розглянемо зусилля, що виникають у тросі (рис. 2.5).

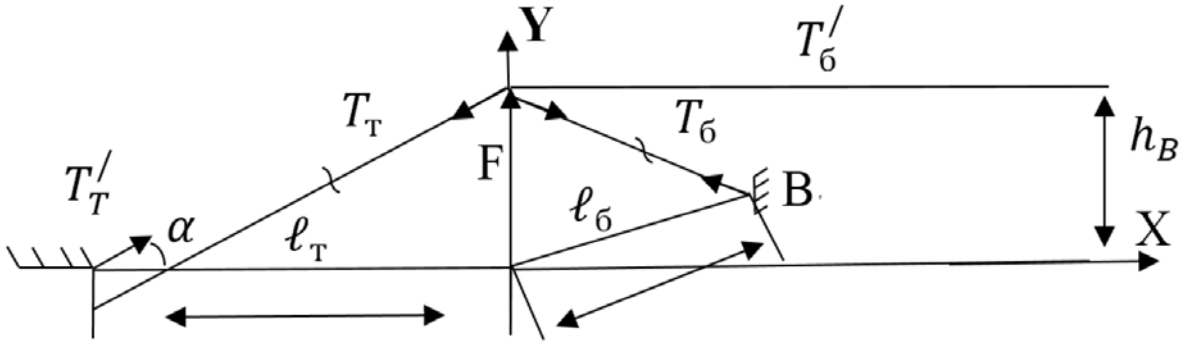


Рисунок 2.5 – Діаграма для визначення сил, що виникають у тросовому з'єднанні під час підйому компонента

$h_в$ – висота підняття навішування трактора, м; $\overline{Т}\overline{Т}=-\overline{Т}Т^{/}$ - зусилля, що виникають у тросі, прикріпленому до корпусу трактора, Н; $\overline{Т}б=-\overline{Т}б/$ - зусилля, що виникають у тросі, закріпленому на фронтальній частині рами борони, Н; F – зусилля підняття навішування, Н; lТ – довжина троса від точки кріплення на корпусі трактора до буксирного пристрою, м; ℓб – довжина троса від буксирного пристрою до точки кріплення на рамі борони, м.

Розглянемо рівновагу точки С (рисунок 2.5)

$$\left.\begin{aligned} \sum F_{kx} = 0 \qquad & -T_T \cos\alpha + T_b \cos\beta = 0 \\ \sum F_{ky} = 0 \qquad & F - T_T \sin\alpha - T_b \sin\beta = 0 \end{aligned}\right\} \tag{2.10}$$

Розв'язавши систему рівнянь 2.10 щодо шуканих величин і отримаємо: - зусилля, що виникають у тросі, прикріпленому до корпусу трактора,

$$\left.\begin{aligned} & T_T = \frac{T_b \cos\beta}{\cos\alpha} \\ & \text{– зусилля підняття начіпки:} \\ & F - \frac{T_b \cos\beta \sin\alpha}{\cos\alpha} - T_b \sin\beta = 0 \\ & \text{– зусилля, що виникають у тросі, закріпленого на фронтальній частині рами борони} \\ & T_b = \frac{F}{\sin\beta + \cos\beta \tan\alpha} \end{aligned}\right\} \tag{2.11}$$

$$\left.\begin{aligned} T_T &= \frac{F\cos\beta}{\sin\beta\cdot\cos\alpha+\cos\beta\cdot\sin\alpha} \\ \text{або при } \sin(\alpha\pm\beta) &= \sin\alpha\cdot\cos\beta\pm\cos\alpha\cdot\sin\beta, \\ T_T &= \frac{F\cos\beta}{\sin(\alpha+\beta)} \end{aligned}\right\} \quad (2.12)$$

Таким чином вирази 2.11 і 2.12 показують залежність зусиль, що виникають у тросі від сили підняття навішування. Для визначення вертикальних сил, що виникають при роботі регулятора зчіпної ваги у разі підняття навішування, розглянемо схему представлену на рисунку 2.6

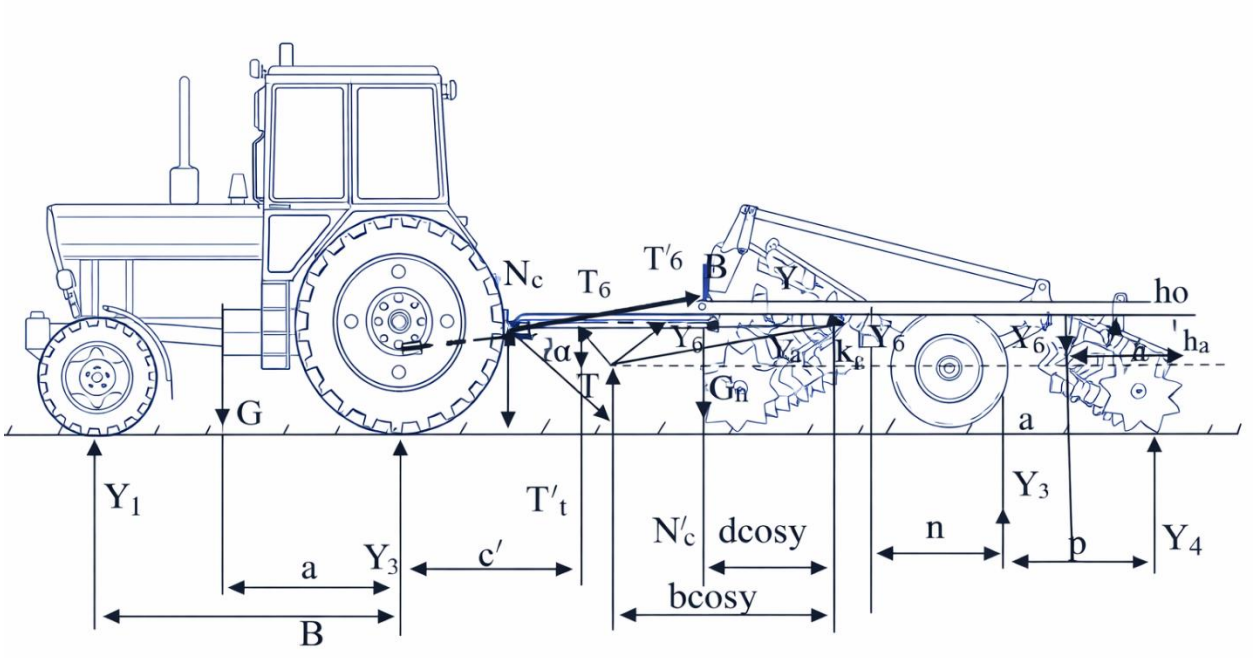


Рисунок 2.6 – Сили, що діють на МТА з РЗВБА в режимі підйому начіпки трактора

Розглянемо рівняння рівноваги:

– для трактора показано на рисунку 2.7

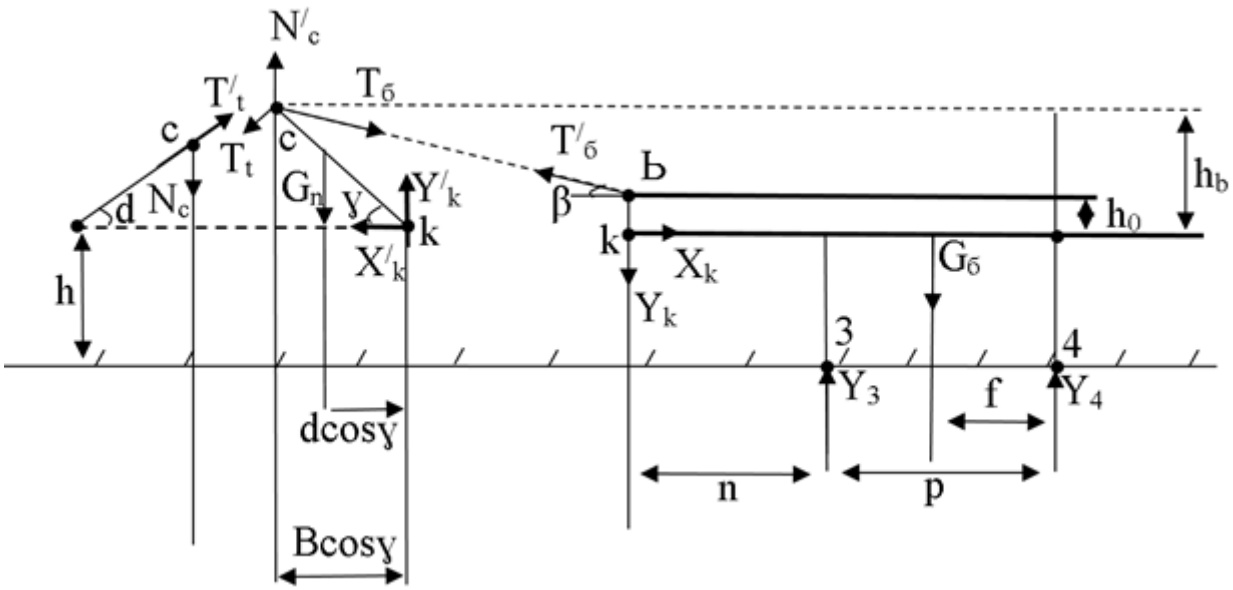


Рисунок 2.7 - Схема до визначення вертикальних силових складових реакцій поверхні ґрунту, що діють на МТА з РЗВБА при піднятті начіпки

– для

$$\left.\begin{aligned}
&\sum F_{ky}=0 \quad Y_1+Y_2-N_c+T_t^{'}\sin\alpha-G=0\\
&\sum M_1\left(F_k\right)=0 \quad -G\left(B-a\right)+Y_2\cdot B-N_c\left(B+C^{'}\right)-T_t^{'}\left(h+h_b\right)\cos\alpha+T_t^{'}\left(B+C\right)\sin\alpha=0\\
&\sum M_2\left(F_k\right)=0 \quad -Y_1B+Ga-N_c\cdot C^{'}-T_t^{'}\left(h+h_b\right)\cos\alpha+T_t^{'}\cdot C^{'}=0
\end{aligned}\right\} \quad (2.13)$$

причіпного пристрою:

$$\left.\begin{aligned}
&\sum F_{ky}=0 \quad N_c^{'}-G_n-T_t\sin\alpha-T_\delta\sin\beta+Y_k^{'}=0\\
&\sum M_c\left(F_k\right)=0 \quad -G_n\left(b-d\right)\cos\gamma+Y_k^{'}\cdot B\cos\gamma-X_k^{'}\cdot h_в=0\\
&\sum M_2\left(F_k\right)=0 \quad -N_c^{'}\cdot B\cos\gamma+G_n d\cos\gamma+T_t h_в\cos\alpha+T_t\sin\alpha\cdot B\cos\gamma+\\
&\quad +T_\delta\sin\beta B\cos\gamma-T_\delta\cos\beta h_B=0
\end{aligned}\right\} \quad (2.14)$$

Порівнюючи отримані значення Y_1 і Y_2 при піднятті навішування з раніше отриманими виразом 2.6 і 2.7 можна сказати, що реакція поверхні 1 зменшується (розвантажується), а реакція поверхні Y_2 збільшиться (завантажиться).

Виходячи з вище сказаного можна зробити такі висновки, що при піднятті начіпки за рахунок використання РЗВБА відбувається перерозподіл зчіпної ваги МТА:

– зменшення ваги, що припадає на переднє керовані колеса енергетичного засобу;

– збільшення зчіпної ваги, що припадає на задні провідні колеса енергетичного засобу.

Порівнюючи з раніше отриманими виразами 2.8 і 2.9, робимо висновок Y_3 - завантажується, а Y_4 - розвантажується.

2.4 Визначення сил, що виникають у МТА з РЗВБА при опусканні навішування трактора

При опусканні начіпки відбувається натяг гнучкого тросового силового зв'язку в буксирному пристрої розглянемо зусилля, що виникає в тросі рисунок 2.8

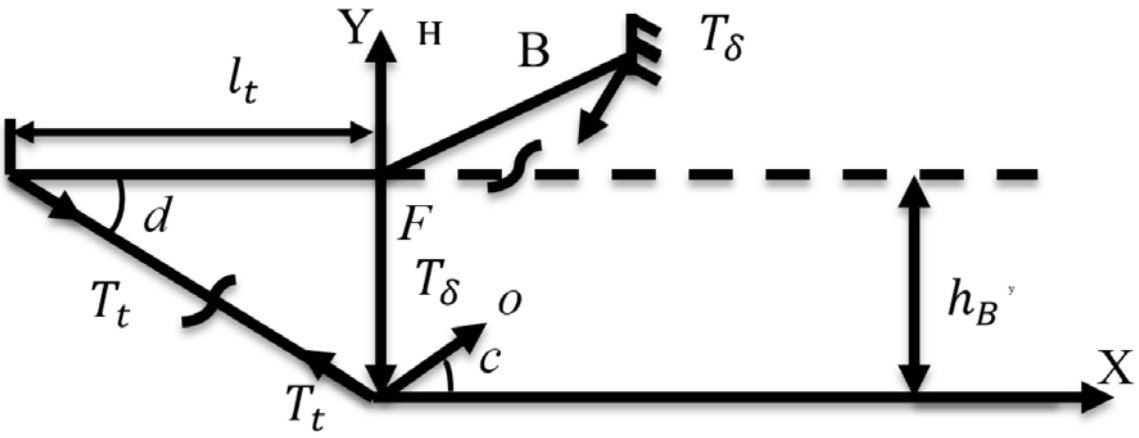


Рисунок 2.8 – Схема визначення сил, що виникають у тросі при опусканні начіпки

Розглянемо опускання начіпки зі значенням hB, яке дорівнює підйому підвісу, відповідно, кут d (кут між нейтральним положенням підвісу та роботою регулятора ваги з'єднання) буде однаковим як при підйомі підвісу, так і при опусканні, а кут між горизонтальною віссю та перерізом CB позначимо Ѳ.

Розглянемо рівновагу точки згідно з рисунком 2.8:

$$\left.\begin{aligned} \sum F_{kx} = 0 \quad & -T_t \cos d + T_\delta \cos\theta = 0 \\ \sum F_{ky} = 0 \quad & -F + T_t \sin d + T_\delta \sin\theta = 0 \end{aligned}\right\} \tag{2.15}$$

Розв'яжемо систему рівнянь (2.29) щодо невідомих:

$$T_t = \frac{T_\delta \cos\theta}{\cos d} \qquad -F + \frac{T_\delta \cos\theta \sin d}{\cos d} = 0$$

З урахуванням величини F_δ:

$$F_\delta = \frac{F}{\sin\theta + \cos\theta \cdot tgd} \tag{2.16}$$

Отримаємо:

$$T_t = \frac{F\cos\theta}{\sin\theta\cos d + \cos\theta\sin d}$$

Зважаючи на те, що $sin(d+\beta) = sind\ cos\beta$ отримаємо величину зусилля, що виникають у тросі, прикріпленому до корпусу трактора

$$T_t = \frac{F\cos\theta}{\sin(d+\theta)} \tag{2.17}$$

Визначимо величину вертикальних складових реакцій поверхні під час роботи РЗВБА при опусканні начіпки рисунок 2.9 та 2.10.

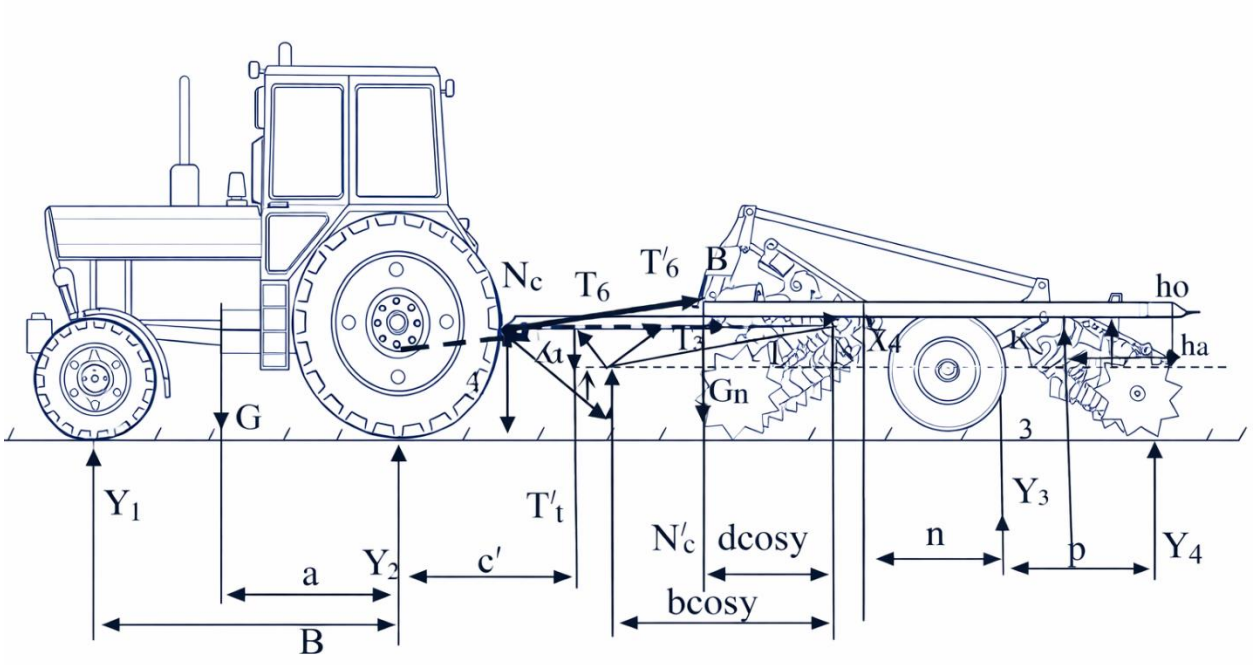


Рисунок 2.9 - Сили, що діють на МТА з РЗВБА в режимі опускання начіпки трактора

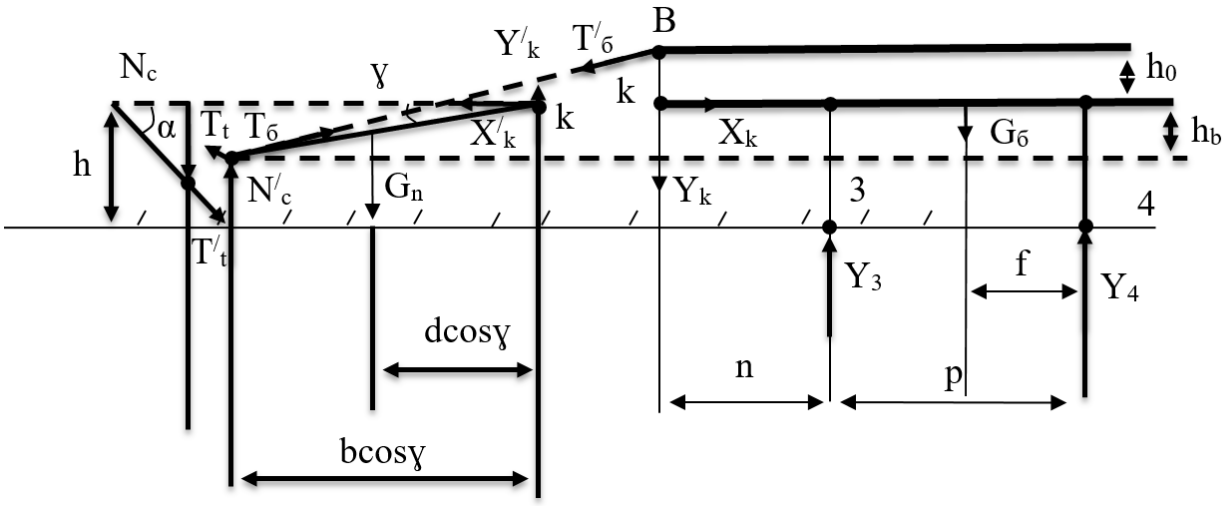


Рисунок 2.10 - Схема до визначення вертикальних силових складових реакцій поверхні ґрунту, що діють на МТА з РЗВБА при опусканні навішування

2.5 Вплив використання РЗВБА на ефективність МТА на боронуванні

Ефективність використання боронувального машинно-тракторного агрегату визначається його продуктивністю:

$$W = 0,36 B_p V_p \tau \qquad (2.18)$$

де B_p – ширина захвату агрегату, м;

V_p – робоча швидкість руху, м/с;

τ – коефіцієнт використання часу зміни.

Аналіз формули дозволяє зробити висновок, що величина продуктивності багато в чому залежить від таких показників:

– ширини захоплення;

– швидкості руху;

– коефіцієнта використання часу зміни.

Якщо говорити конкретно про якийсь певний агрегат то в цьому випадку основна роль приділятиметься двом показникам – це швидкість руху та коефіцієнт використання часу зміни. У цьому слід зазначити, що коефіцієнт використання часу зміни великий вплив надають організаційні показники.

Тому в даному випадку один із способів підвищення ефективності використання боронувального агрегату на обробіток ґрунту є збільшення швидкості руху.

Швидкість руху багато в чому визначається величиною буксування

$$V_p = V_m\left(1-\delta\right) \tag{2.19}$$

де V_m – теоретично можлива швидкість, м/с;

δ – величина буксування енергетичного засобу

Тоді рівняння 2.46 можна наступним чином:

$$W = 0{,}36B_p \cdot V_m\left(1-\delta\right)\cdot\tau \tag{2.20}$$

Отже, зниження величини буксування підвищує швидкість руху і, як наслідок, величину продуктивності..

Для підвищення тягово-зчіпних властивостей необхідно оптимізувати зчіпну вагу в залежності від несучої здатності та стану ґрунту [25,26]. У роботі [15,16] зв'язок між продуктивністю та зчіпною вагою пропонується визначати за формулою:

$$W = 0{,}36B_p \cdot V_m \cdot \left(1-\frac{0{,}248\dfrac{P_{kp}}{G_{з.в.}}}{1-3{,}077\left(\dfrac{P_{kp}}{G_{з.в.}}\right)}\right)\cdot\tau \tag{2.21}$$

де P_{kp} – тягове зусилля трактора, кН;

$G_{з.в.}$ – Вага, що падає на задні ведучі колеса трактора, кн.

Використання запропонованого пристрою дозволяє в залежності від стану ґрунту змінювати як зчіпну вагу трактора так і вагу, що припадає на борону.

Розглянемо випадок, як зміниться продуктивність МТА, коли відбувається збільшення ваги колеса, що припадає на провідні, за рахунок його перерозподілу між бороною і трактором.

$$W = 0,36B_p \cdot V_m \cdot \left(1 - \frac{0,248 \frac{P_{kp}}{G_{з.в.}}}{1 - 3,077 \left(\frac{P_{kp}}{G_{з.в.}} \right)^3} \right) \cdot \tau \qquad (2.22)$$

Таким чином, модернізований МТА працює наступним чином:

– з встановленим пристроєм:

$$W^e = 0,36B_p \cdot V_m \cdot \left(1 - \frac{0,248 \frac{P_{kp}}{G_{з.в.} + Q}}{1 - 3,077 \left(\frac{P_{kp}}{G_{з.в.} + Q} \right)^3} \right) \cdot \tau \qquad (2.23)$$

Тоді отримуємо обчислювальний вираз для продуктивності модернізованого МЕЗ у такому вигляді:

$$W^e = 0,36B_p \cdot V_m \cdot \left(1 - \frac{0,248 \frac{P_{kp}}{G_{з.в.} + Q}}{1 - 3,077 \left(\frac{P_{kp}}{G_{з.в.} + Q} \right)^3} \right) \cdot \tau$$

Таким чином, аналіз формул (2.22 та 2.23) показав, що за рахунок перерозподілу зчіпної ваги всередині МТА можливо знизити величину буксування і підвищити продуктивність.

Висновки по 2 розділу

В результаті проведення розрахунку та аналізу в діючих галузях техніки та джерелах технічної інформації запропоновано конструкцію пристрою регулятора ланцюгової ваги боронувального агрегату, що володіє технічною новизною, винахідницьким рівнем та промисловою застосовністю.

Теоретичні дослідження, застосована методика розрахунку та конструювання дозволяє запропонувати математичний апарат, що обґрунтовує процеси взаємодії елементів машинно-тракторного агрегату, що виникають при роботі запропонованого пристрою – регулятора ланцюгової

ваги боронувального агрегату, їх вплив на технологічні параметри МТА та ефективність використання.

Отримані результати вимагають перевірки, у зв'язку з чим необхідне проведення експериментальних досліджень реальних умовах експлуатації боронувального агрегату.

3 ВПЛИВ РЕГУЛЯТОРА ЗЧІПНОЇ ВАГИ БОРОНАВАЛЬНОГО АГРЕГАТА НА ЗМІНУ ВЕРТИКАЛЬНОГО НАВАНТАЖЕННЯ

В якості об'єкта дослідження обрано процес підготовки ґрунту під посів дисковими боронами. Дослідження проводилися в реальних умовах та експлуатації. Як об'єкти дослідження взято машину машинно-тракторні агрегати, що складаються з трактора класу 1,4 кН і дискової борони БДТ-3, які використовуються на ґрунтах з низько несучою здатністю.

При виконанні сільськогосподарської операції боронування для порівняння використовувалася борона з пристроєм для коригування зчіпної ваги в системі МТА-регулятор зчіпної ваги боронувального агрегату, призначену для підвищення вертикального навантаження, що припадає на робочий орган борони.

Принципова схема пристрою та фрагмент досліджень МТА із встановленим регулятором зчіпної ваги боронувального агрегату представлені на рисунках 3.1…3.2.

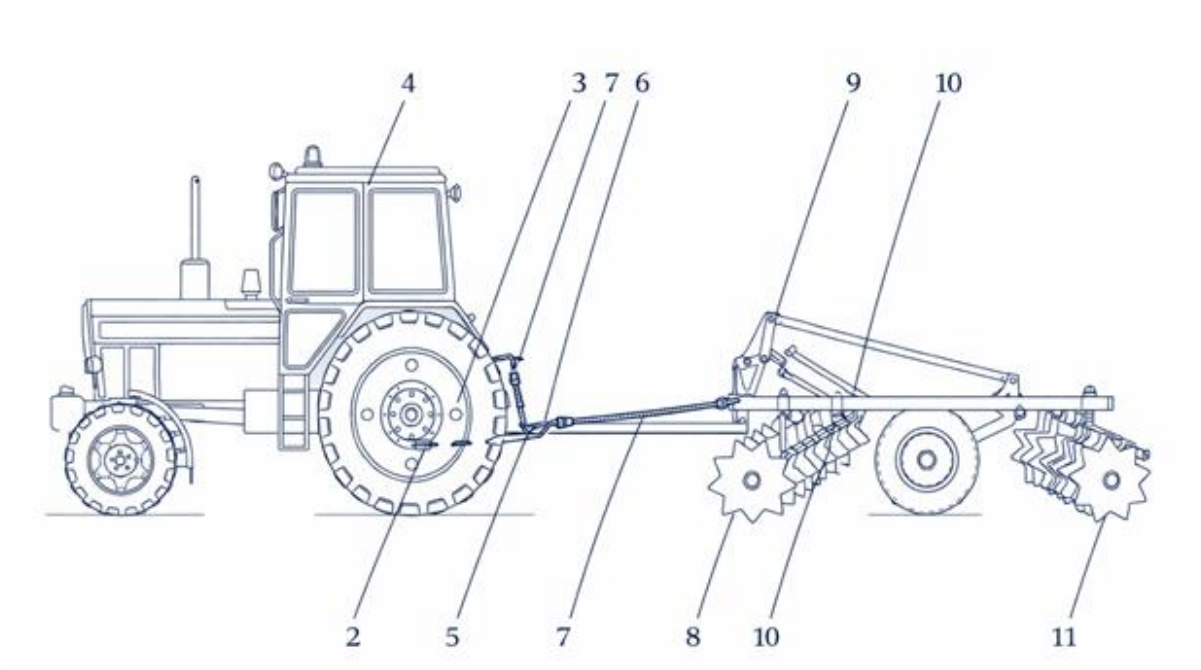


Рисунок 3.1 – МТА, оснащений регулятором зчіпної ваги боронувального агрегату (вид збоку)

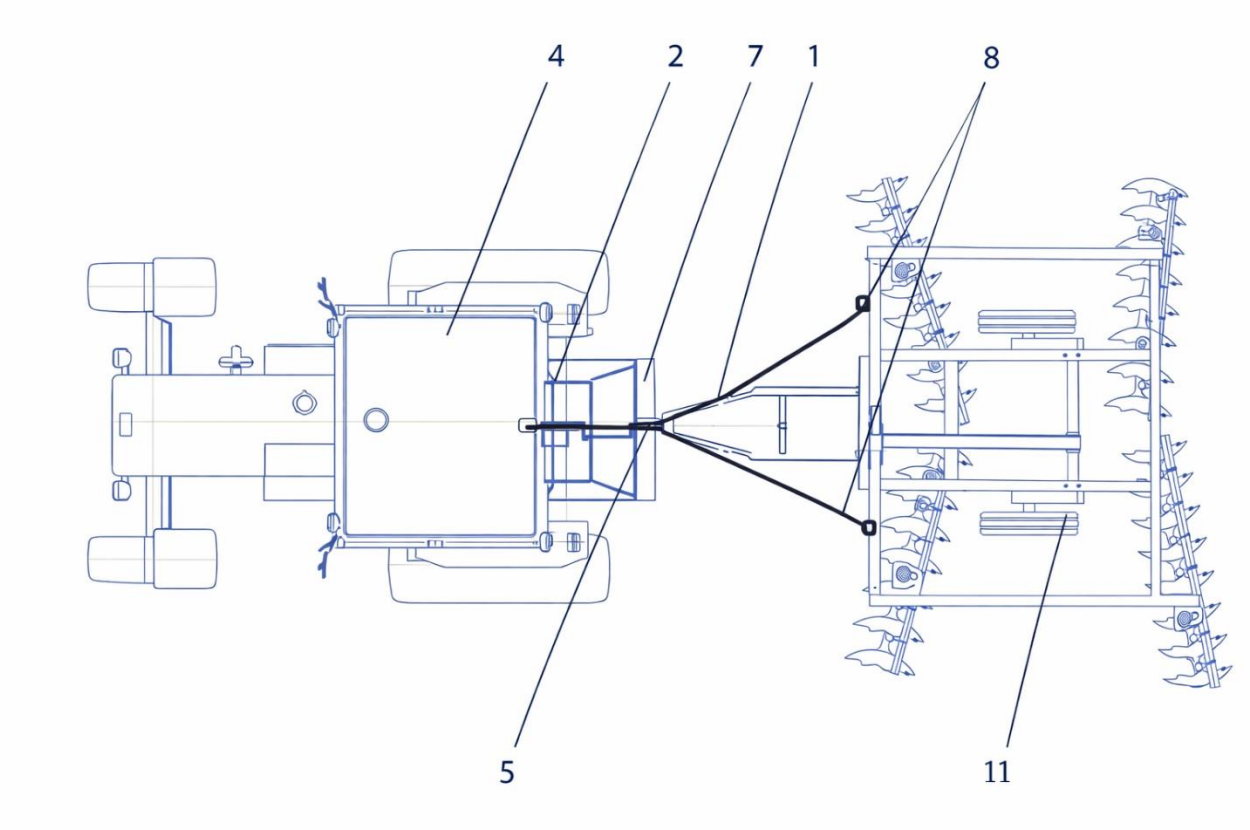


Рисунок 3.2- Схематичний вид зверху МТА із встановленим регулятором зчіпної ваги боронувального агрегату.

Регулятор зчіпної ваги боронувального агрегату виконаний у вигляді пристрою, що включає гнучку тросову силовий зв'язок 1 з петлевими закінченнями, серединною частиною закріплену в опорному кронштейні 2 на нижній тильній частині корпусу 3 трактора 4, проходить через буксирний пристрій 5, встановлено на поперечній нижній в настановних кронштейнах 8 на фронтальній частині 9 рами 10 борони 11.

Пристрій працює наступним чином:

При русі МТА і необхідності збільшення тягового зчіпних властивостей трактора в русі або зменшення заглиблення дискових робочих органів з метою зниження тягового опору оператор трактора піднімає задню навішування 7 трактора 4, при цьому відбувається натяг гнучкого тросового силового зв'язку 1 в буксирному пристрої 1 1 міст та ходову систему трактора 4, що дозволяє збільшити його тягово-зчіпні властивості, знизити буксування рушіїв, підвищити агротехнічні швидкості руху МТА.

При необхідності додаткового заглиблення дискових робочих органів оператор трактора опускає задню навішування 7 трактора 4, при цьому також відбувається натяг гнучкої тросового силового зв'язку 1 в буксирному пристрої 5, що дозволяє зробити вивішування задньої частини трактора 4 на гнучкої тросового силового зв'язку 1 і на перерозподіл зчіпної ваги 10 борони 11 що дає можливість регулювати глибину заглиблення дискових робочих органів борони в русі, збільшуючи крихітність, перевертання ґрунтового пласта та якості ґрунтової обробки при більш високому вертикальному навантаженні на робочі органи борони.

За відсутності необхідності пересування з підключеним регулятором зчіпної ваги боронувального агрегату оператор трактор транспортне положення задньої навішування 7 трактора 4 не регулює.

Використання даної конструкції володіє високою надійністю, низькою собівартістю, зручністю в установці та обслуговуванні, при досить нескладній конструкції та простоті виготовлення регулятора ланцюгової ваги боронувального агрегату дозволить збільшити тягово-зчіпні властивості МТА, знизити масу та металоємність конструкції сільськогосподарської машини, дозволить покращити якість ґрунтів збільшить економічний ефект від її застосування у сільському господарстві.

3.1 Результати досліджень щодо визначення впливу регулятора зчіпної ваги боронувального агрегату на вертикальне навантаження

Як зазначалося раніше випускаються промисловістю дискові борони призначені до роботи на легких і середніх грунтах через порівняно невеликий навантаження робочий орган (диск). При їх експлуатації інших типах грунтів вони можуть витримувати необхідну глибину обробки з вище зазначеної причини. У зв'язку з цим, для адаптації даних борін до роботи на важких ґрунтах, вони довантажуються додатковим баластом.

Теоретичні розрахунки показують, що підвищити вертикальне навантаження на робочий орган можливо за рахунок використання регулятора зчіпної ваги боронувального агрегату, що дозволяє перерозподіляти вагу всередині системи МТА. З цією метою було проведено дослідження щодо визначення впливу регулятора зчіпної ваги боронувального агрегату збільшення вертикального навантаження на робочий орган.

У другому розділі в результаті проведених теоретичних досліджень було встановлено, що при роботі запропонованого пристрою можна регулювати перерозподіл ваги всередині МТА. Аналізуючи дані, отримані в результаті проведених досліджень, можна зробити такі висновки, що при роботі пристрою з метою довантаження секцій борони відбувся наступний перерозподіл маси всередині МТА:

– навантаження на задню вісь трактора знизилося з 2315 кг до 1440 кг;

– на передню вісь трактора знизилася 1575 кг до 1440 кг;

– на передні секції борони підвищилася з 1120 кг до 2175 кг;

– на задні секції борони знизилася з 660 кг до 535 кг.

Таким чином, зафіксовано зниження навантаження на:

– передню секцію борони-на 150 кг;

– задню секцію борони-на 100 кг.

І збільшення вертикального навантаження на:

– передню вісь трактора-на 105 кг;

– задню вісь трактора-220 кг.

Таким чином, перерозподілене вертикальне навантаження дозволяє підвищити тягово-зчіпні властивості трактора, знизити величину буксування, збільшити швидкісні характеристики МТА і розширити його технологічні характеристики.

Висновки по розділу 3

Проведені порівняльні випробування та польові експерименти показали, що застосування регулятора зчіпної ваги боронувального агрегату дозволяє:

– регулювати вертикальне навантаження на робочі органи борони (диски) в рамках довантаження передніх секцій на 1055 кг, при розвантаженні задніх секцій борони на 125 кг, за рахунок розвантаження ходової системи трактора у величинах: передня вісь трактора-145 кг, задня вісь трактора.

– збільшити тягово-зчіпні властивості мобільних енергетичних засобів при зниженні величини буксування та збільшення швидкості характеристик МТА;

– підвищити продуктивність годину основного робочого часу, при цьому знизити питому витрату палива в порівнянні з серійними мобільними енергетичним засобом;

– збільшити тягову потужність експериментального мобільного енергетичного засобу при одночасному зниженні потужності, що витрачається на буксування;

– підвищити якість та глибину обробітку ґрунту при проведенні боронування.

4 ЕКОНОМІЧНА І ПАЛИВНО-ЕНЕРГЕТИЧНА ОЦІНКА

Специфіка функціонування аграрного сектору нерозривно пов’язана з тим, що об’єктом впливу енергетичних технологій найчастіше є біологічні об’єкти: ґрунт, рослини, тварини. Це накладає свій відбиток на специфіку споживання та розподілу енергії, а також на можливі джерела енергії.

Наразі енергоємність переробленої продукції виступає як фактор конкурентоспроможності переробленої продукції. Згідно з розробленою моделлю управління, спостерігається стабільна тенденція зростання енергоємності сільськогосподарського виробництва.

Збільшення загального обсягу сільськогосподарського виробництва на 1% досягнуто за рахунок збільшення використаного енергетичного потенціалу на 1,8...2,7%. Останнім часом енергоємність виробничих потужностей лише зростає. Водночас споживання використаної енергії зросло на 350%, тоді як зростання виробництва рослинництва та тваринництва за зазначений період склало лише 25% та 35% відповідно.

У сучасних умовах, для збільшення виробництва, сільське господарство має інтенсивно розвиватися з використанням інноваційних енергозберігаючих технологій, і цей процес нерозривно пов’язаний зі зростанням споживання енергії: сьогодні збільшення виробництва на 1% передбачає збільшення споживання енергії на 2-3%. Тваринництво споживає 18-22% рідкого палива та 19-20% електроенергії з усіх енергоресурсів, що використовуються для виробничих цілей у сільському господарстві. В Україні на один гектар орних земель витрачається до 250 280 кг умовного палива, тоді як, наприклад, у США, не більше 140 кг.

Сьогодні одним з основних напрямків розвитку аграрної галузі є використання енергозберігаючих технологій. Існуюча традиційна оцінка ефективності використання різноманітної сільськогосподарської техніки проводилася за заданими показниками собівартості, рентабельності, прибутку та багатьох інших [24, 26].

В останні роки грошовий еквівалент, який завжди показує реальний стан справ, постійно використовується. На цій основі необхідно знайти стабільний наближений еквівалент, зокрема, з урахуванням споживаної та отриманої енергії, що дозволяє провести більш достовірний аналіз ефективності використання технологій та засобів механізації.

Використання енергетичного індексу як критерію забезпечує такі переваги:

- не залежить від тарифної політики;

- дає можливість виражати собівартість сільськогосподарського виробництва в тих самих одиницях;

- дозволяє перейти до оцінки ефективності виробництва в грошовому вираженні.

Енергетичний аналіз зрештою не замінює, а навпаки доповнює та розширює можливості більш детального економічного аналізу, що дозволяє знаходити нові шляхи економії енергетичних витрат, використовуючи енергозберігаючі технології та засоби механізації.

При визначенні ефективності використання колісного трактора класу 1.4 кН враховувалися методологічні нормативні матеріали.

Вихідні дані для розрахунку були взяті з часових спостережень проекту МТА. На основі вищезазначеного розрахунок ефективності було проведено відповідно до методики.

Для вартості живої праці:

$$E_{ж} = \frac{a_{ж} \cdot n_{г}}{w_{зм}} \tag{4.1}$$

де $a_{ж}$ – енергетичний еквівалент живої роботи, МДж/год;

$n_{г}$ – кількість основних трактористів, осіб;

$w_{зм}$ – продуктивність МТА, га/год.

Для прямих витрат енергії:

$$E_{п} = H_{T} \cdot \left(a_{T} + f_{T}\right) \tag{4.2}$$

де H_T – витрата палива, кг/га;

a_T – тепломісткість палива, МДж/кг;

f_T – коефіцієнт, що враховує додаткові витрати енергії на виробництво палива, МДж/кг.

Питома енергоємність трактора з розрахунку на 11 годину роботи:

$$E_T = \frac{M_T \cdot C_{TP} \cdot \left(K_T + K_{TK} + K_{TP}\right)}{100 \cdot T_{HT}} \tag{4.3}$$

де K_T, K_{TK}, K_{TP} – відрахування на реновацію, капітальний та поточний ремонт енергетичного засобу;

M_T – маса енергетичного засобу, кг;

C_{TP} – енергетичний еквівалент енергетичного засобу, МДж/кг;

T_{HT} – річне завантаження трактора, год.

Питома енергоємність сільськогосподарської машини:

$$E_м = \frac{M_м П_м \left(Ф_м + Ф_{мк}\right)}{100 T_{нт}} \tag{4.4}$$

де $M_м$ – маса сільськогосподарської машини, кг;

$П_м$ – енергетичний еквівалент сільськогосподарської машини, МДж/кг;

$Ф_м, Ф_{мк}$ – відрахування на реновацію, капітальний та поточний ремонт тракторів, %;

$T_{нт}$ – річне завантаження сільськогосподарської машини, год.

Сумарна енергоємність енергетичного засобу та сільськогосподарської машини у розрахунку на 1 га:

$$E_{TM} = \frac{E_T + E_M}{W_{cc}} \tag{4.5}$$

Сукупні чи повні витрати:

$$E_{тп} = E_п + E_{ж} + E_{тм} \tag{4.6}$$

Економію повних енерговитрат пропонується розраховувати за формулою:

$$\Delta E_{ТП} = E_{ТНБ} - E_{ТПП} \qquad (4.7)$$

де $E_{ТНБ}$ – сукупні енерговитрати нової машини, МДж/га;

$E_{ТПП}$ – сукупні енерговитрати базової машини, МДж/га.

Зробимо розрахунки ефективності використання на дискуванні ґрунту серійного трактора класу 1,4 та дослідного трактора з пристроєм для перерозподілу зчіпної ваги.

Для серійного машинно-тракторного агрегату у складі трактора класу 1,4 та борони БДТ-3:

$$E_{пс} = 1,9 \cdot (42,7 + 10) = 100,13 МДж / га;$$

$$E_{жс} = \frac{1 \cdot 1,26}{2,5} = 0,504 МДж / га;$$

$$E_{тс} = \frac{3160 \cdot 86 \cdot (10 + 14,9)}{100 \cdot 1095} = 61,79 МДж / га;$$

$$E_{мс} = \frac{195 \cdot 1328 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 150} = 365,99 МДж / га;$$

$$E_{тпрс} = \frac{E_{мс} + E_{прс}}{W} = \frac{61,79 + 365,99}{2,5} = 208,2 МДж / га;$$

$$E_{тпс} = E_{пс} + E_{жс} + E_{тпрс} = 100,13 + 0,504 + 208,2 = 308,8 МДж / га.$$

Для модернізованого машинно-тракторного агрегату:

$$E_{пе} = 1,6 \cdot (42,7 + 10) = 84,32 МДж / га;$$

$$E_{же} = \frac{1 \cdot 1,26}{2,83} = 0,445 МДж / га;$$

$$E_{те} = \frac{3200 \cdot 86 \cdot (10 + 14,9)}{100 \cdot 1095} = 61,79 МДж / га;$$

$$E_{прсн} = \frac{195 \cdot 1328 \cdot (14,2 + 7)}{100 \cdot 150} = 365,99 МДж / га;$$

$$E_{тпрс} = \frac{E_{тс} + E_{прс}}{W} = \frac{61,79 + 365,99}{2,83} = 191,11 МДж / га;$$

$$E_{тин} = E_{пн} + E_{жн} + E_{тпрн} = 84,32 + 0,445 + 191,11 = 275,875 МДж / га.$$

Отже $\Delta E_{п} = E_{пн} + E_{жн} + E_{тпрн} = 308,8 - 275,87 = 32,93$.

Таким чином, наведені розрахунки показали, що використання трактора класу 1,4 з пристроєм для перерозподілу ваги МТА на боронуванні дозволяє знизити енерговитрати на 32,93 МДж/га порівняно із серійним варіантом.

Таблиця 4.1- Паливно-енергетична оцінка проведених досліджень, МДж/га

Параметри, МДж	МТА клас 1,4	
	Серійний	Модернізований
Прямі витрати	100,13	84,32
Витрати живої праці	0,504	0,445
Сумарна енергоємність	208,2	191,11
Сукупні енерговитрати	308,8	275,875
Економія повних енерговитрат		32,93

Дані таблиці 4.1 показують, що загальна економія енергоспоживання під час обробки склала 32,93 МДж/га обробленої площі.

ВИСНОВКИ

В результаті досліджень, проведених для вирішення завдання щодо підвищення ефективності використання колісних машинно-тракторних агрегатів на боронуванні за рахунок удосконалення конструктивно-технологічних параметрів дискових борін сформовано такі обґрунтовані висновки:

1. Проведений аналіз існуючих прийомів та методів ґрунтової обробки, конструктивних особливостей технічних засобів, призначених для боронування ґрунту, дозволив визначити їх вплив на ефективність використання МТА в умовах зон ризикованого землеробства.

2. Розроблено технологічні вимоги, обґрунтовано конструктивні особливості та запропоновано схему пристрою для перерозподілу зчіпної ваги у складі боронувального МТА. Сформульовано вимоги до перспективної конструкції боронувального агрегату, що використовує модульні принципи побудови та механізми перерозподілу ваги як найбільш оптимальні для використання в умовах агропромислового комплексу області.

3. Теоретично обґрунтовано та експериментально перевірено вплив перерозподілу зчіпної ваги на ефективність використання та технологічні показники МТА при боронуванні. Так перерозподіл навантаження в режимі довантаження на борону дозволило підвищити вертикальне навантаження на робочі органи борони (диски) в рамках довантаження передніх секцій на 1055 кг, при розвантаженні задніх секцій борони-на 125 кг, за рахунок розвантаження ходової системи трактора у величинах трактора – на 695 кг. Проведення боронування на суглинистих ґрунтах середнього ступеня вологості показало збільшення глибини боронування порівняно з обробкою серійним агрегатом у 1,6 раза (з 0,1 до 0,16 м).

4.Перерозподіл навантаження в режимі довантаження з борони на опори трактора у величинах: на передню вісь трактора-105 кг, на задню вісь трактора - 220 кг, при розвантаженні передньої секції борони на 150 кг, задньої секції

борони - на 100 кг дозволило підвищити При цьому при максимальній тяговій потужності відбулося зниження потужності, що витрачається на буксування, у модернізованого трактора в порівнянні з серійним з 15,15% до 10,25%.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Огійчук М.Ф., Булах Л.А. Облік і фінанси АПК: науково-освітній портал. https://magazine.faaf.org.ua/upravlinskiy-oblik-mashinno-traktornogo-parku-v-reformovanih-silskogospodarskih-pidpriemstvah-skladova-yogo-efektivnogo-vikoristannya.html?utm_source=chatgpt.com

1. Агропромисловий комплекс України: стан, тенденції та перспективи розвитку. Інформаційно-аналітичний збірник (випуск 6) / За ред. П.Т. Саблука та ін. – К.: ІАЕ УААН, 2003.

2. Волошин Н.І. Облік витрат МТП // Економіка сільськогосподарських та переробних підприємств. - 1991. - № 2. - с. 25-39.

3. Малиновський Б. Машинно-тактрна – як бізнес // Галицькі контракти. – 1999, № 6. – С. 23-26.

4. Палюх Н.С. Учёт затрат по содержанию и анализ использования машинно-тракторного парка: автореферат дисертации на соискание учёной степени канд. экон. наук. – К. – 1998. – 121 с.

5. Пахолков Н.А., Дугін П.І. Орендний підряд у підрозділах допоміжних служб // Економіка сільськогосподарських та переробних підприємств. – 1990 р. – № 3 – С. 33-35.

6. План рахунків бухгалтерського обліку // Все про бухгалтерський облік. – 2003. – № 17 (805).

7. Тивоненко І.Г. Аналіз розвитку форм використання машинно-тракторного парку // Економіка АПК. – 2002, № 1. – С.30-33.

8. Управління методологією обліку в агропромисловому виробництві. За ред. П.Т. Саблука. К.: ІАЕ УААН, 2002р.

9. Крупецьких В.П., Домарацький О.О., Ревтьо О.Я. Ефективність використання машинно-тракторних агрегатів у рослинництві // Таврійський науковий вісник. – 2020. – №111. – С. 96–104.

10. Пивовар П.В. Методологічні основи аналізу економічної ефективності використання машинно-тракторного парку // Вісник ЖНАЕУ. – 2010. – №2(27). – С. 42–51.

11. Бачура І.А. Підвищення ефективності експлуатації машинно-тракторного агрегату розробкою системи контролю глибини обробітку ґрунту: кваліфікаційна робота магістра. – Харків: ДБТУ, 2025. – 63 с.

12. Засуха Д.О. Підвищення ефективності використання машинно-тракторного агрегату при виконанні технологічної операції внесення мінеральних добрив: бакалаврська робота. – Харків: ХНТУСГ, 2021. – 49 с.

13. Чабан Р.А. Підвищення ефективності використання машин при підготовці ґрунту під озимий ячмінь // Наукові праці ВНАУ.

14. Лесюк В.С. Управління ефективністю використання машинно-тракторного парку аграрних підприємств // Агросвіт. – 2020. – №15. – С. 74–80.

15. Ріпка І.І., Семен Я.В., Крупич О.М., Бендера І.М. Економіка та організація використання машинно-тракторного парку: навчальний посібник. – Львів: ЛНАУ.

16. Булгаков В.М. Основи наукових досліджень. – Київ: НАУ, 2013. – 322 с.

17. Надикто В.Т. Енергонасичені трактори: теорія і практика використання в землеробстві. – Мелітополь: ТДАТУ, 2011. – 420 с.

18. Войтюк Д.Г., Яцун С.С., Довжик М.Я. Сільськогосподарські машини: основи теорії та розрахунку. – Суми: Університетська книга, 2008. – 543 с.

19. Adamchuk V., Bulgakov V., Nadykto V., Ihnatiev Y., Olt J. Theoretical research into the power and energy performance of agricultural tractors // Agronomy Research. – 2016. – Vol. 14(5). – P. 1511–1518.

20. Механіко-технологічні процеси і машини для рослинництва: збірник наукових праць. – Глеваха: ННЦ «ІМЕСГ», 2018.

21. Техніко-технологічні основи обробітку ґрунту в умовах зміни клімату / С.Ю. Булигін, М.І. Грицишин, В.А. Насонов та ін. // Механізація та електрифікація сільського господарства. – 2019.

22. Сільськогосподарські машини : підручник / Д. Г. Войтюк, Л. В. Аніскевич [та ін.] ; За ред. Д. Г. Войтюка. - К. : Агроосвіта, 2015. - 678 с.

23. Агрофізичне обстеження земельних ділянок для обгрунтування точного обробітку грунту [Текст] : (метод. рек.) / [В. В. Медведєв, Т. М. Лактіонова, І. В. Пліско та ін.] ; Укр. акад. аграр. наук, Нац. наук. центр "Ін-т грунтознавства та агрохімії ім. О. Н. Соколовського" та ін. - Х. : Друкарня № 13, 2009. - 43 с.

ДОДАТКИ