

АНОТАЦІЯ

Новак Олексій Віталійович «Дослідження ефективності функціонування й обґрунтування параметрів конструкції мотоблока з лемішно-полицевим плугом». Кваліфікаційна робота на здобуття ступеня магістра з агроінженерії за освітньою програмою «Системи точного землеробства» зі спеціальності 208. Сумський національний аграрний університет, Суми, 2025.

У кваліфікаційній роботі наведено теоретичні засади та практичні аспекти оцінювання ефективності функціонування мотоблока, обладнаного лемішно-полицевим плугом, а також обґрунтування конструктивних параметрів робочого обладнання для підвищення якості виконання технологічних операцій обробки ґрунту. Проаналізовано сучасні наукові підходи, нормативно-правову базу та тенденції розвитку малогабаритної ґрунтообробної техніки. Особливу увагу приділено проблемі забезпечення стійкості руху мотоблока та мінімізації пробуксовки ведучих коліс під час роботи.

На основі теоретичних досліджень отримано критерії встановлення стійкості в русі мотоблока у поздовжньо-вертикальній площині за умов відсутності пробуксовки. За результатами лабораторних випробувань побудовано систему рівнянь регресії для опису параметрів потужності плужного агрегату залежно від конструктивних, технологічних та силових факторів, що формуються у процесі взаємодії плуга з ґрунтом.

Проведено експериментальні дослідження для визначення оптимальних швидкостей пересування плужних агрегатів різної маси залежно від твердості ґрунту. Встановлено, що агрегат масою 180 кг може працювати зі швидкістю 3,74–3,22 км/год при твердості ґрунту 0,7–0,86 МПа, тоді як агрегат масою 160 кг — зі швидкістю 3,22–2,15 км/год при твердості 0,86–1,6 МПа.

На основі отриманих результатів запропоновано впровадження варіатора плавного регулювання швидкості руху, що забезпечує стабільність роботи агрегату, зменшує імовірність пробуксовки та сприяє підвищенню продуктивності праці. Економічний аналіз показав, що модернізація базової конструкції мотоблока дозволяє знизити експлуатаційні витрати на 2–3 тис. грн на одиницю обладнання, а термін окупності інвестицій становить не більше 1,5 року. Розроблено заходи з охорони праці, спрямовані на забезпечення безпечних умов експлуатації мотоблоків у виробничих умовах.

Ключові слова: мотоблок, плужний агрегат, стійкість руху, пробуксовка коліс, регресійна модель, швидкість пересування, модернізація конструкції, економічна ефективність, охорона праці.

ABSTRACT

Novak Oleksii Vitaliiiovych «Research on the Efficiency of Functioning and Substantiation of Design Parameters of a Power Tiller Equipped with a Moldboard Plough».

Qualification work for the degree of Master in Agri-engineering under the educational program “Precision Agriculture Systems” in the specialty 208. Sumy National Agrarian University, Sumy, 2025.

The qualification work presents the theoretical foundations and practical aspects of evaluating the efficiency of a power tiller equipped with a moldboard plough, as well as substantiating the design parameters necessary to improve the quality of soil tillage operations. Modern scientific approaches, regulatory requirements, and development trends of small-sized tillage machinery were analyzed. Special attention was given to the issues of maintaining operational stability and minimizing wheel slippage during work.

Based on theoretical studies, criteria for ensuring the longitudinal–vertical stability of a power tiller equipped with a plough were obtained under conditions of no slippage of the drive wheels. Laboratory experiments resulted in a system of regression equations describing the power parameters of the ploughing unit depending on working conditions, structural characteristics and force interactions between the plough body and the soil. Experimental tests were conducted to determine optimal operating speeds for units of different mass under varying soil hardness. It was found that a 180 kg unit can operate at 3.74–3.22 km/h when soil hardness is 0.7–0.86 MPa, while a 160 kg unit can operate at 3.22–2.15 km/h when soil hardness ranges from 0.86 to 1.6 MPa.

The implementation of the developed system allows to modernize existing walk-behind tractors, increase their reliability and quality of soil cultivation, reduce fuel consumption and operating costs. If implemented, this will contribute to increasing economic efficiency and expanding the capabilities of small-sized agricultural machinery in small-scale production.

Based on these results, the implementation of a variable-speed transmission was proposed to ensure smooth speed adjustment, improve work stability, reduce slippage, and increase labor productivity. Economic analysis demonstrated that the proposed modernization reduces operating costs by 2–3 thousand UAH per unit and provides a payback period of no more than 1.5 years. Measures on occupational safety were developed to ensure safe operation of power tillers under production conditions.

Keywords: power tiller, ploughing unit, movement stability, wheel slippage, regression model, travel speed, design modernization, economic efficiency, occupational safety.

ЗМІСТ

| | |
|--|-----------|
| ВСТУП | 6 |
| РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОГО СТАНУ ПИТАННЯ | 7 |
| 1.1 Аналіз існуючих конструкцій засобів малої механізації | 7 |
| 1.2 Аналіз існуючих способів обробітку ґрунту | 15 |
| 1.3 Дослідження конструкцій плугів мотоблоків | 16 |
| 1.4 Шляхи підвищення ефективності роботи ЗММ із лемішно-полицевими плугами | 22 |
| РОЗДІЛ 2. ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ | 30 |
| 2.1 Методика досліджень | 30 |
| 2.2 Теоретичне дослідження стійкості руху мотоблока | 35 |
| 2.3 Дослідження енергоємності процесу оранки | 38 |
| РОЗДІЛ 3. РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ | 44 |
| 3.1 Дослідження ефективності роботи мотоблоку за різних режимів | 44 |
| 3.2 Аналіз запропонованої конструкції мотоблока | 46 |
| 3.3 Експериментальні дослідження та їх результати | 49 |
| РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ | 53 |
| РОЗДІЛ 5. ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА | 57 |
| ВИСНОВКИ | 60 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ | 61 |
| ДОДАТКИ | 64 |

ВСТУП

Сучасний розвиток аграрного сектору України вимагає постійного вдосконалення технічних засобів для обробітку ґрунту. Одним із важливих напрямів є використання малогабаритної техніки, зокрема мотоблоків, які забезпечують ефективність виконання польових робіт на невеликих площах та в умовах обмежених ресурсів. У сучасних реаліях, коли значна частина сільськогосподарського виробництва здійснюється у фермерських та особистих селянських господарствах, особливого значення набуває розробка та удосконалення конструкцій робочих органів мотоблоків, що дозволяють підвищити якість і продуктивність обробітку землі.

Використання лемішно-полицевого плуга в агрегаті з мотоблоком є одним із найбільш поширених способів первинного обробітку ґрунту. Такий плуг забезпечує перевертання пласта, заробку пожнивних решток, покращення аерації та водопроникності ґрунту. Разом з тим, ефективність його роботи безпосередньо залежить від конструктивних параметрів і правильності їхнього обґрунтування.

В умовах сьогодення в Україні актуальність теми дослідження зумовлена потребою підвищення ефективності та економічності ведення сільського господарства, особливо для малих і середніх виробників. Виклики, пов'язані з енергетичною кризою, зростанням цін на паливо та необхідністю раціонального використання ресурсів, обумовлюють підвищену увагу до малогабаритної техніки, яка характеризується доступністю, універсальністю та простотою експлуатації.

Таким чином, дослідження ефективності функціонування мотоблока з лемішно-полицевим плугом і наукове обґрунтування його конструктивних параметрів є важливим завданням сучасної аграрної науки. Результати такої роботи сприятимуть підвищенню продуктивності обробітку ґрунту, зменшенню енергозатрат і забезпеченню сталого розвитку сільськогосподарського виробництва в Україні.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ ЗАГАЛЬНОГО СТАНУ ПИТАННЯ

1.1 Аналіз існуючих конструкцій засобів малої механізації

У сфері вирощування сільськогосподарських культур найважливіші цілі включають мінімізацію інтенсивності праці, часу та максимізацію продуктивності в підприємствах. Однак розміри та розташування ділянок можуть перешкоджати використанню потужних тракторів. Отже, для обробки ґрунту доцільним є застосування малогабаритної сільськогосподарської техніки, такої як міні-трактори класу 0,2, мотоблоки, мотокультиватори.

Класифікацію малих ґрунтообробних машин можна зробити як за способом передачі енергії, що походить від двигуна внутрішнього згорання, так і за конкретним пристроєм, який використовується для роботи. Отже, можна відрізнити мотоблок, мотокультиватор або міні-трактор (як показано на малюнку 1.1).

Варіанти малої механізації, доступні домогосподарствам, включають різні засоби; однак найпоширенішим і часто використовуваним варіантом є мотоблок. Цей мотоблок є багатофункціональним і універсальним, що включає в себе повний комплекс технічних операцій, необхідних для побутових потреб. До них належать міжрядні та безперервні роботи, такі як оранка та боронування тощо [1]. Крім того, мотоблок використовується для виконання додаткових завдань, таких як косіння трави, очищення коренеплодів, прибирання снігу та сміття, підмітання прилеглої території, транспортування вантажів, відкачування води тощо [2].

Міні-трактори та мотокультиватори обмежені в своїх можливостях конструктивними особливостями, внаслідок чого вони здатні виконувати лише певне коло завдань.

Мотоблок в цілому складається з декількох вузлів, серед яких двигун, трансмісія, ходова частина і змінні робочі органи фрези.

Двигун мотоблока вважається одним з найважливіших його вузлів. У процесі виробництва мотоблоків використовуються бензинові, дизельні та електричні двигуни, хоча останній використовується рідше.

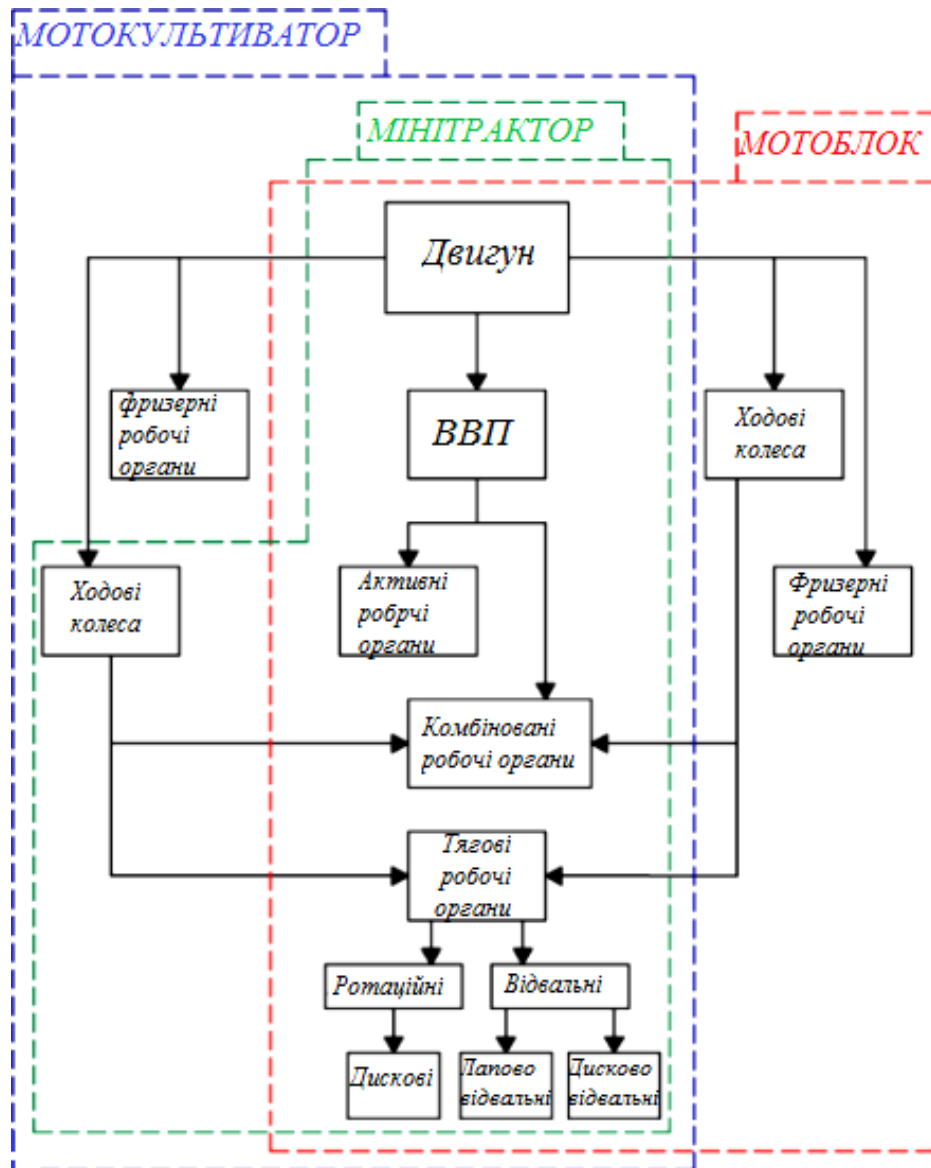


Рисунок 1.1 – Структурна схема ЗММ при комплектуванні різними типами механізмів

Відповідно до вказівок, викладених у ГОСТ 28523-90, класифікація конструкцій мотоблоків здійснюється за їх потужністю. Класифікація така: легка, що відноситься до тих, що менше 4 кВт, середня для тих, з вихідною потужністю в діапазоні від 4 до 9 кВт, і важка для тих, з вихідною потужністю понад 9 кВт. Як правило, мотоблоки легкої категорії оснащуються фрезами, а мотоблоки

середньої та великої вантажопідйомності оснащуються змінними ходовими колесами і комплектуються як тяговими, так і причіпними робочими органами.

Сучасні модифікації мотоблоків тепер оснащені набором типів трансмісії, включаючи зубчасту, зубчасто-черв'ячну та пасово-зубчасту ланцюгові трансмісії, які використовуються відповідно до класу мотоблока. Серед цих типів трансмісії найбільш поширеною і широко використовується у виробництві таких тракторів є ремінно-зубчаста. Під час роботи тихохідний (вхідний) вал зубчастого редуктора, який зазвичай вбудований, обертається двигуном мотоблока за допомогою клинопасової передачі.

У мотоблоках пасова передача виконує подвійну функцію, функціонуючи як зчеплення з додатковою можливістю заднього ходу та як механізм відбору потужності для одного з потоків ведучого шківів в трансмісії. Зубчаста передача, доступна в одноступінчатому або багатоступінчастому варіантах коробки передач, полегшує передачу руху від пасової передачі до ланцюгової. Ця ланцюгова передача, в свою чергу, забезпечує максимально надійну і повну передачу крутного моменту на двигун мотоблока. Конструкція ланцюгової передачі, як правило, реалізована через ланцюговий редуктор, також дозволяє збільшити агротехнічний просвіт.

В даний час існує безліч класифікацій засобів малої механізації. Вони перераховані в різних джерелах [2, 3]. У роботі [3] створено схему класифікації засобів малої механізації на основі трьох основних факторів, спрямованих на оптимізацію ефективності праці.

У операціях з агромашинами життєво важливим аспектом, який слід враховувати, є схема, яка використовується для взаємодії між оператором і машиною, а також між машиною та відповідним об'єктом, будь то для обробки чи транспортування.

Фундаментальна структурна схема апарату щодо його призначеної функції є надзвичайно важливою для його успішної роботи.

Здатність до виконання заданих технологічних функцій як складової машинно-тракторної сукупності розглядається як адаптивність.

Малі ґрунтообробні машини розрізняються за способом взаємодії між оператором і машиною. Цей поділ складається з трьох різних типів: пішохідний, їздовий і пішохідний.

Відповідно до класифікації, запропонованої в джерелі [4], виділено та систематизовано чотири різновиди засобів малої механізації за способом керування: їздові, пішохідні, переносні та стаціонарні. Малі механізовані транспортні засоби, такі як трактори, підпадають під категорію їздових, тоді як мотоблоки та мотокультиватори, якими керує оператор пішки, класифікуються як пішохідні. З іншого боку, переносні засоби малої механізації включають ручні ґрунтообробні агрегати з неоплачуваними стрічками, а також ті, що спираються на опорні котки чи санки (наприклад, кущорізи).

Одним з найважливіших стандартів класифікації в полі є площа поверхні, що обробляється, а також вага мотоблока, про який йде мова (як показано на малюнку 1.2). Вибір мотоблока з певною потужністю двигуна залежить від розміру земельної ділянки, що обробляється (згідно з таблицею 1.1).



Рисунок 1.2 – Конструкції мотоблоків залежно від їх маси: а) легкі; б) середні; в) важкі.

При цьому необхідно враховувати, що недостатня потужність мотоблока під час його експлуатації може призвести до сильних навантажень на конструктивні елементи, що в кінцевому підсумку призведе до швидкого і передчасного зносу мотоблока.

При виборі мотоблока вирішальне значення має тип ґрунту, який обробляється. Для ґрунтів, які відносяться до категорії легких або середніх, оптимальним вибором буде легкий або середній мотоблок, вага якого не перевищує 100 кілограмів, а потужність двигуна коливається від 3,5 до 9 кВт. З іншого боку, важкі або глинисті ґрунти вимагають більш важких умов оранки ґрунту, а отже, потребують використання важких мотоблоків із потужністю двигуна понад 9 кВт.

Таблиця 1.1 – Умовна класифікація мотоблоків

| Площа ділянки | Потужність двигуна, кВт | Глибина обробки, см | Вага, кг | Клас мотоблока |
|-----------------|-------------------------|---------------------|---------------|----------------|
| до 15 соток | 3,5 – 4,0 | до 20 | до 70 кг | легкий |
| до 30 соток | 4,0 – 5,0 | до 20 | до 100 кг | середній |
| до 60 соток | 5,0 – 7,0 | до 30 | до 100 кг | |
| 1-2 гектара | 7,0 – 9,0 | до 30 | до 100 кг | |
| 2-4 гектара | 9,0 і більше | до 30 | більше 100 кг | тяжкий |
| більше 4 гектар | не ефективно | | | |

Роль оператора в управлінні засобами малої механізації є ключовою визначальною характеристикою, яка лежить в основі всіх сучасних класифікацій цього типу техніки.

При проведенні аналізу було виявлено, що зазначені вище класифікаційні ознаки актуальні для всіх відомих на сьогодні самохідних ґрунтообробних машин, будь то мотокультиватори, міні-трактори чи мотоблоки. Ці характеристики є основою для існуючих класифікацій, які були введені різними авторами [5].

Аналізуючи конструкцію та технічні характеристики мотоблоків, стає очевидним, що ці машини можна класифікувати на дві різні категорії залежно від способу їх пересування: ті, що приводяться в рух ходовими колесами, і ті, що приводяться в рух реакцією, спричиненою ґрунтом.різання робочих компонентів. Як правило, основним джерелом енергії для таких тракторів є двигуни внутрішнього згоряння, тоді як електродвигуни використовуються рідше. Цій схемі класифікації відповідають як вітчизняні, так і зарубіжні мотоблоки.

Обмежену кількість передач, що використовуються в трансмісіях мотоблоків, можна пояснити оптимізацією конструкції машини, зниженням складності виготовлення та економічністю.

На продуктивність мотоблока негативно впливає помітний фактор. Під час сільськогосподарських робіт мотоблок оснащений численними змінними адаптерами різних типів (як показано в таблиці 1.3), які працюють через два основні засоби: ведучі колеса та вал відбору потужності (ВВП). Метод утилізації

енергії поділяє змінні адаптери на три основні типи: активні, комбіновані та тягові робочі сопла (органи) [6]. Важливо відзначити, що всі ці комплектуючі є опціональними і не входять в основну комплектацію мотоблока.

Таблиця 1.2 – Характеристики змінних робочих органів мотоблоків

| Вид приводу | Тип змінного адаптера | Вид змінного адаптера |
|------------------------------|-----------------------------|--|
| Вал відбору потужності (ВВП) | активні змінні адаптери | Помпа, подрібнювач деревних відходів |
| | комбіновані змінні адаптери | роторна косарка, сегментно-пальцева косарка, щітка, культиваторна фреза, зворушувач сіна |
| Привідні колеса | | Картоплесаджалка, картоплекопач, механічна сівалка зернова |
| | тягові змінні адаптери | Окучник , дисковий окучник, плуг, оборотний плуг, Візок для перевезення вантажів, Лопата-полиця Борона зубчаста,(дискова) граблі |

У випадках, коли мотоблок використовується як джерело енергії в стаціонарній ємності, застосовуються активні змінні адаптери. Тягові змінні адаптери суміщені з ведучими колесами мотоблока. Використання пневматичних адаптерів залежить від характеру виконуваного завдання.

Використання металевих коліс у поєднанні зі змінними адаптерами є звичайною практикою в техніці. Процес передбачає скоординоване застосування двох різних рушійних механізмів: приводу GDP і ведучих коліс. Цей подвійний підхід дозволяє комбінованим змінним адаптерам працювати високоефективно та результативно.

Для коректної роботи форсунок необхідно використовувати різні типи приводів, що впливає з їх конструкції. Конфігурації поточних додаткових пристроїв, що використовуються для мотоблока, відображені на малюнках 1.3 і 1.4.



Рисунок 1.3 – Змінні робочі органи із приводом відвалу відбору потужності: а) роторний; б) роторна косарка; в) сегментно - пальцева косарка; г) щітка; д) помпа; е) насадка - культиваторна фреза

Поточні версії змінного навісного обладнання, призначеного для мотоблоків, були розроблені з метою виконання різноманітних технічних завдань, з особливим акцентом на обробітку ґрунту. Цей пріоритет ґрунтується на тому, що значна частина енергії, яка витрачається в процесі сільськогосподарського виробництва, приділяється обробітку ґрунту. Ефективність і пунктуальність обробітку ґрунту безпосередньо визначають урожайність вирощуваних культур.



Рисунок 1.4 – Змінні робочі органи, що встановлюються на привідні колеса: а) окучник; б) дисковий окучник; в) плуг; г) оборотний плуг; д) картоплесаджалка; е) викопувач картоплі пасивний; ж) викопувач картоплі механічний; з) візок для транспортування вантажів; і) сівалка зернова; к) лопата-полиця; л) борона зубчаста; м) граблі

1.2 Аналіз існуючих способів обробки ґрунту

Основним напрямком обробки ґрунту є механічна обробка ґрунту за допомогою ґрунтообробних машин. Вплив цих машин спричиняє фізичні зміни в ґрунті, включаючи руйнування його структури та зміну його властивостей. Крім того, він регулює швидкість біологічних процесів і забезпечує підтримку ґрунту на прийнятному рівні чистоти. Ступінь чистоти ґрунту визначається знищенням бур'янів, хвороботворних шкідників, отруйних речовин, за даними джерел [7].

Залежно від обсягу обробки та проведених операцій існують фундаментальний і комплексний рівні.

На рисунку 1.5 перелічені прийоми поверхневого і тонкого обробітку ґрунту.

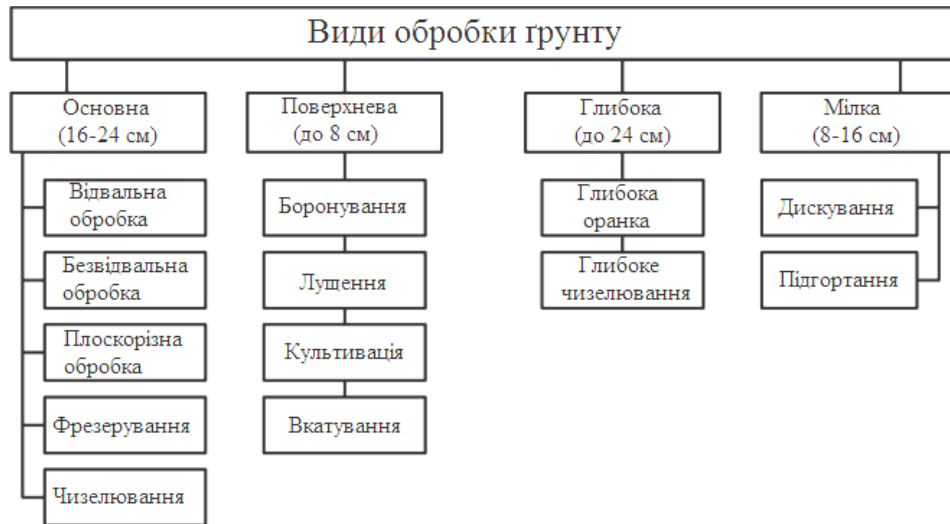


Рисунок 1.5 – Види обробки ґрунту

1.3 Дослідження конструкцій плугів мотоблоків

При обробітку ґрунту мотоблоком часто використовують плуги, причому вибір відповідного плуга багато в чому залежить від моделі даного трактора. Для кожного типу мотоблока, наприклад «Нева», «Каскад», МТЗ і ін., використовується певний тип агрегату. Встановлення плуга вимагає ретельної продуманості зчіпки, яка буде кріпитися до рами мотоблока [8].

Зчіпка, представлена в стандарті (рисунок 1.6 б), є звичайним зчіпним механізмом. Крім того, існує варіант зчіпки, а саме 1.6 а), який також широко використовується.

Універсальність зчіпки забезпечує масу переваг перед стандартною. Ця конструкція зчіпного пристрою дозволяє підключати до мотоблока різноманітне навісне та причіпне обладнання, включаючи, але не обмежуючись, плуги та картоплекопачки. Крім того, використання універсальної зчіпки дозволяє точніше налаштувати плуг при обробітку ґрунту. Навпаки, просте (стандартне)

зчеплення обмежується однією операцією та призначене виключно для використання з певним типом змінного агрегату, наприклад плуга.



Рисунок 1.6 – Види зчіпок мотоблоків: а) універсальна зчіпка; б) стандартна зчіпка

Для ефективної обробки важких ґрунтів доцільно використовувати муфту, армовану матеріалом високої надійності і міцності. Цей тип зчіпки зазвичай встановлюється на важких мотоблоках і дозволяє плужному агрегату ефективно обробляти ґрунт на максимально допустимій глибині.

Вибір відповідного плуга для зчіпки залежить від типу зчіпки, яка використовується. В даний час широко використовуються сучасні та ефективні конструкції плугів з чотирма різними класифікаціями, як зазначено в посиланні [9]. Ці чотири типи складаються з однокорпусної конструкції з плужною полицею (зображено на малюнку 1.7а), реверсивної (реверсивної) конструкції з плужною полицею (зображено на малюнку 1.7б), поворотної конструкції (зображено на малюнку 1.7с) та дизайн диска (зображений на малюнку 1.7д).

Однокорпусні плуги плужно-полицевої конструкції включають леміш і нерухому полицю на станині та стійці корпусу. Плуги призначені для обробки ґрунтів легкої та середньої консистенції. Під час оранки таким плугом леміш перевертає шар ґрунту в одному напрямку, як зазначено в довідці [9].

Оборотні плуги, також відомі як плуги з полицею, призначені для використання на складніших ґрунтах, які після обробки проходять процес

гранулювання. У результаті розмноження бур'янів після оранки значно зменшується.

Роторний плуг для мотоблока оснащений кількома вигнутими ножами, розташованими на одній осі. Під час роботи вісь опори ножів обертається, ефективно перевертаючи ґрунт [10]. Здатний обробляти ґрунт на глибину 25-30 см з мінімальними зусиллями, роторний плуг є ефективним інструментом. Унікальним аспектом його конструкції є можливість маневрувати різними траєкторіями, не обмежуючись прямими, під час обробки землі.



Рисунок 1.7 – Типи конструкцій плугів для мотоблоку: а) однокорпусний лемішно - полицевий плуг; б) оборотний лемішно - полицевий плуг; в) роторний плуг; г) дисковий плуг

Дисковий плуг для мотоблока оснащений сферичними дисками, здатними ефективно розрізати ґрунт. Цю агротехніку доцільно використовувати ранньою весною, особливо при роботі з надмірно щільним і зволженим ґрунтом.

Серед різноманітних типів плугів, які були представлені, найбільш ефективним виділяється плуг оборотний. Проте застосування такого плуга надзвичайно рідкісне через його високу вартість і потребу в роботі зчіпного пристрою (рис. 1.8).

Широке поширення конструкції однокорпусного плуга з лемішами можна пояснити непомірною вартістю оборотного плуга.



Рисунок 1.8 – Зчіпка для агрегування із оборотним плугом

У переважаючому різновиді корпусів плуга представлений стандартний тип полиці, який часто використовується в плугах різних типів, включаючи культивацийні, напівоборотні, роторні, безполицеві, комбіновані та дискові.

Налаштування агрегату включають встановлення глибини оранки, розташування польової дошки відносно носка плуга та калібрування кута нахилу полиці. Необхідно мати на увазі, що процес регулювання мотоблока необхідно проводити в два етапи, залежно від руху плужного агрегату по борозні в процесі обробітку.

Початковий крок у підготовці плуга до роботи передбачає налаштування його для прорізання лінійної рядкової борозни, яка розмежовуватиме окремі сегменти обробітку ґрунту. Глибину міжрядної борозни встановлюють на половині глибини ґрунту в середньому 8—10 сантиметрів. Точність і прямолінійність зрізу істотно впливає на якість подальшої обробки ґрунту. Кількість міжрядних борозен не обмежується однією борозною, оскільки залежить від розмірів ділянки та траєкторії руху мотоблока в поєднанні з плугом.

Для досягнення необхідної глибини оранки плуг регулюється за допомогою двох блоків. Точна висота блоків залежить від глибини оранки, яка визначається агротехнічними вимогами оптимального обробітку ґрунту. Вибравши відповідні стійки, їх необхідно розташувати на рівній поверхні ґрунту на відстані одна від одної на відстані, еквівалентній ширині колії між ведучими колесами. Згодом мотоблок ставлять на підставки, а плуг налаштовують на

торкання поверхні ґрунту повним краєм відвала, а також польову дошку по всій довжині до приєднання її до зчіпки. Стовп корпусу плуга повинен розташовуватися паралельно внутрішньому торцю робочого колеса і строго перпендикулярно поверхні ґрунту.

При регулюванні кута нахилу польової дошки під час оранки важливо враховувати висоту підйому п'яти польової дошки відносно носка плуга. Обов'язково, щоб ця відстань не перевищувала 30 мм, оскільки недотримання цієї вимоги призведе до заглиблення плуга в ґрунт під час роботи, що негативно позначиться на якості оранки та збільшить тягове зусилля мотоблока. Крім того, це створює додаткове навантаження на двигун і оператора. Другий етап процесу передбачає налаштування плуга на процес основної оранки. Глибина обробітку ґрунту встановлюється за допомогою підставки під ліве ведуче колесо мотоблока, а також колодок. Згодом необхідно змінити кут нахилу полиці таким чином, щоб корпус плуга був перпендикулярний до поверхні ґрунту, подібно до того, як він налаштований для нарізання рядкової борозни. В процесі оранки мотоблоком необхідно, щоб стійка плуга зберігала вертикальне положення. Це пов'язано з тим, що праве колесо мотоблока повинно проходити дно борозни. Для задоволення цієї вимоги муфта плуга оснащена дугоподібними регулювальними канавками, які дозволяють нахилити корпус плуга вправо або вліво. Цей принциповий підхід є вирішальним при регулюванні ухилу полиці плуга.

Виробники мотоблоків, зокрема моделей «Білорус» - 08Н і -09Н, радять зменшувати буксування під час оранки за рахунок зменшення ширини захвату корпусу плуга. Зокрема, вони рекомендують повертати корпус плуга на 1-2 см у бік зораного поля. Однак ця рекомендація прямо суперечить агротехнічним вимогам оранки і може викликати сильну нестабільність руху мотоблока на оброблюваних площах. Як наслідок, це може призвести до збільшення навантаження як на сам мотоблок, так і на оператора [11].

Для ефективної роботи мотоблока важливо ретельно продумати спосіб його пересування по оброблюваній площі. Існує декілька суттєвих класифікаційних ознак, які всебічно з'ясовують механіку його пересування.

У мотоблоках, які оснащені плугами, оптимальним режимом руху прийнято вважати оранку. Такий спосіб руху характеризується як стрімкий поворот праворуч, при цьому обробіток ґрунту починається від центру борозни [11].

При початку оранки перший прохід агрегату спрямований на початкове нарізання міжрядної борозни. Після завершення цього початкового проходу агрегат повертається вправо на холостому ході, дозволяючи борозні другого ряду зрізати паралельно першому. Коли шари ґрунту налягають один на одного, утворюється гряда. Потім агрегат повертається виключно вправо, і процес оранки вважається завершеним після утворення однієї борозни на крайніх краях наміченої ділянки.

При правильній комплектації орного агрегату мотоблока та підборі оптимального режиму роботи можна здійснити оранку ґрунту з дотриманням основних агротехнічних норм. Крім того, під час обертання ґрунт адекватно покриває край попередньої борозни, а носок лемеша не заглиблюється в ґрунт.

Точне калібрування складових частин плужного апарату сприяє плавній роботі та руху мотоблока. Це, у свою чергу, забезпечує оптимальну роботу двигуна, а навантаження на ручки керування залишається в межах заданих параметрів, тим самим мінімізуючи ступінь втоми оператора.

Одним із основних завдань будь-якого технологічного процесу є мінімізація енерговитрат при одночасному підвищенні якості його виконання. Для цього необхідно підвищити ефективність застосовуваної сільськогосподарської техніки, зокрема малої ґрунтообробної техніки, відповідно до чинних техніко-технологічних інструкцій [12].

1.4 Шляхи підвищення ефективності роботи ЗММ із лемішно-полицевими плугами

Характеристики тяги та зчеплення мотоблока мають вирішальне значення для визначення ефективності його ведучих коліс у створенні необхідної тягової сили, FTR. Щоб розширити FTR, можуть бути використані різноманітні методики, включаючи оперативні, конструктивно-оперативні та конструктивні методології [13].

Підвищення тягових і тягово-зчіпних властивостей мотоблока можна досягти різними експлуатаційними прийомами. Ці підходи передусім базуються на підтримці шасі в оптимальному технічному стані шляхом своєчасного та відповідного ремонту та технічного обслуговування. Крім того, правильний вибір напрямку руху, вирівнювання оброблених площ, видалення рослинних решток і проведення польових робіт за певних рівнів вологості ґрунту також є критичними факторами, які сприяють вдосконаленню методів роботи в цьому відношенні [13].

Щоб підвищити тягові можливості мотоблока, можна використовувати різні конструктивні та експлуатаційні методи. Ці методи зазвичай використовуються, коли фундаментальна структура блоку недостатня для виконання призначених функцій, що може виникнути через зміни умов експлуатації. Деякі з найпоширеніших методів поліпшення тягових властивостей включають застосування різних типів навантажувачів, здвоювання коліс, і використання гусеничних ходових ходів, серед іншого.

Параметри, а саме вага, тип і параметри шасі, координати центру мас, габаритні розміри зчеплення, тип робочого органу, залишаються постійними. Ґрунтообробні агрегати ефективні лише в тій мірі, в якій їхні робочі органи здатні забезпечувати певні режими роботи, а також задовольняють агротехнічні передумови певних технологічних процедур. Таким чином, робочі органи цих агрегатів становлять стрижневий компонент їх загальної функціональності.

Підвищенню ефективності ґрунтообробних агрегатів приділено чимало наукових досліджень, при цьому особливу увагу приділено розробці та вдосконаленню їх робочих апаратів [14]. У роботах [12, 15] питання ущільнення ґрунту тяговими механізмами обробітку розглядалось шляхом створення нових конструкцій розпушувачів та впровадження інноваційних технологій.

Метою дослідження [15] було пом'якшити енергетичні витрати під час основного обробітку ґрунту шляхом розробки роторного плуга, який містить робочі органи з еліптичними лезами. Вчений-інженер [16] зосередив увагу на підвищенні ефективності плуга зі змінними параметрами шляхом оптимізації системи стабілізації, що відповідає за його поперечну стійкість. Результати досліджень показали, що перерозподіл бічної складової, викликаний впливом ґрунту на плуг, призвів до зниження питомого опору. Крім того, дослідження показало, що збільшення ширини захвату плуга призвело до збільшення його продуктивності.

Дослідження, проведене дослідниками [17], було зосереджено на розробці техніки адаптації плугів до оранки під пар. Було запропоновано два різних варіанти ґрунтообробного агрегату. В одному варіанті використовується постійна ширина захоплення при зміні швидкості, а в іншому варіанті підтримується однакова швидкість, але змінюється ширина захоплення.

Дослідження, наведені в джерелах 54, 58, 60, стосуються виключно ґрунтообробних агрегатів, а саме тих, до складу яких входять машинно-тракторні агрегати, тягова класифікація яких перевищує 0,6.

Ефективність роботи мотоблока, особливо при використанні тягових робочих органів, таких як плуг-полиця, значною мірою залежить від його тягових і тягових властивостей [17]. На ці властивості, у свою чергу, впливають різноманітні чинники, зокрема фізико-механічні характеристики ґрунту, конструктивні параметри як мотоблокового, так і плуга-полиці, а також їх

відповідні масові характеристики, типи та розміри двигунів, і операційна швидкість, з якою вони використовуються.

Дослідження щодо підвищення зчепних і тягових властивостей ведучих коліс (приводів) машинно-тракторних агрегатів задокументовано в публікаціях [16, 18].

У науковій публікації [18] аналіз тягового зусилля ведучого колеса та його властивостей розділено на три окремі групи. До цих груп належать: 1) збільшення навантаження на механізм зчеплення; 2) розширення точки контакту колеса з ґрунтом; та 3) покращення зчеплення колеса з землею шляхом впровадження додаткових протиковзких пристроїв.

Щоб підвищити характеристики зчеплення та зчеплення колісних приводів, оптимальним підходом є використання протиковзких механізмів, які мають різноманітні класифікаційні характеристики. Ці ознаки передусім складаються з форми робочої поверхні зчіпки, способу висунення зчіпки, живлення приводу, способу кріплення до ведучого колеса та інших важливих факторів.

Базуючись на вищезазначеному, у цій роботі наведено короткий і стислий опис сучасних технологій, що застосовуються для роботи мотоблока, який використовує тягові робочі механізми, як показано на малюнку 1.9. Метою цих прийомів є мінімізація коефіцієнта буксування ведучих коліс по ґрунту, що суттєво впливає на стабільність роботи мотоблока, а в кінцевому підсумку призводить до підвищення продуктивності техніки при дотриманні необхідних агротехнічних регламент оранки.

Конструкція плуга і тип його корпусу, як пояснювалося в попередніх підрозділах, безсумнівно, суттєво вплинуть на функціональність мотоблока з плугом-полицею.

Блокування диференціала істотно впливає на тягові і тягові властивості мотоблоків при взаємодії з ґрунтом. У сучасних конструкціях таких тракторів

блокування ведучих коліс зазвичай є постійним. Однак існують моделі мотоблоків, які, крім постійного блокування коліс, дозволяють керувати блокуванням диференціала вручну. Останнє особливо вигідно для операцій, пов'язаних з перевезенням вантажів.

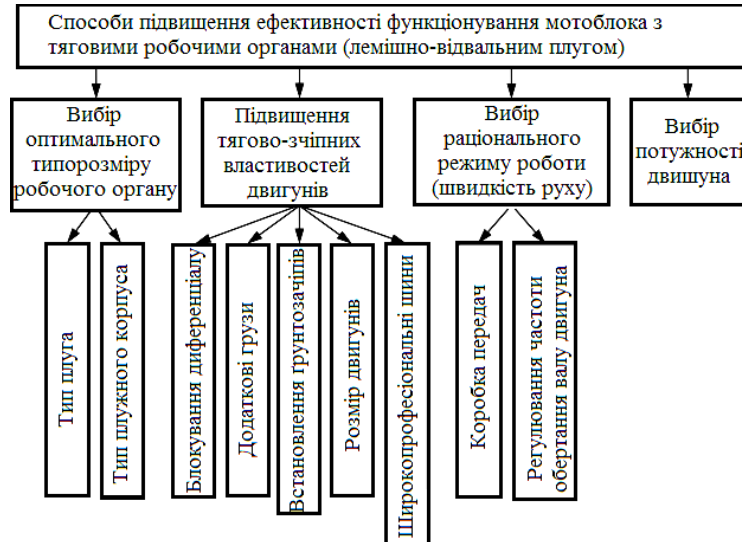


Рисунок 1.9 – Шляхи підвищення ефективності функціонування мотоблока з тяговими робочими органами

Застосування додаткових навантажень (баласту) безпосередньо впливає на вагу мотоблоків. Існує кілька методів застосування цих додаткових навантажень, причому найбільш поширений підхід включає розміщення зазначених навантажень як на ведучі колеса, так і на раму трактора, як показано на малюнку 1.10.



Рисунок 1.10 – Схема розміщення додаткових вантажів на мотоблок

Баласт зазвичай використовується у вигляді чавунних ємностей або вантажів, наповнених рідиною [19].

Коли додаткові навантаження додаються, це збільшує силу тяги ведучих коліс із ґрунтом, як показано на малюнку 1.11. Тим не менш, важливо враховувати негативні наслідки, пов'язані з їх навішуванням на мотоблок. Отже, зі збільшенням тягових зусиль і збільшенням швидкості руху мотоблока навантаження призводить до збільшення втрат на кочення і зниження ККД.



Рисунок 1.11 – Конструкції ведучих коліс агромашини

Зі збільшенням конструктивних розмірів ведучих коліс, також відомих як ґрунтозахвати [20], покращуються функціональні властивості цих коліс. Однак таке збільшення функціональності коштує дорого; двигун дорожчає, габарити двигуна збільшуються, а керованість мотоблока стає все більш складною.

Встановлення в конструкцію мотоблока з плугом-полицею широкопрофільних шин [11] дає ряд переваг. По-перше, це знижує питомий тиск на ґрунт, що призводить до меншого ущільнення ґрунту вздовж колії мотоблока. По-друге, він підвищує водопроникність ґрунту, особливо в умовах високої вологості. Крім того, він покращує як тягові, так і енергетичні властивості мотоблока, роблячи його найбільш ефективним у зонах з низькою несучою здатністю, мінімізуючи втрати через занос.

Коробка передач є часто використовуваним способом підвищення ефективності мотоблока з плугом. Практично всі сучасні моделі мотоблоків в даний час оснащені цим апаратом.

Перевагами редукторів є економічність і нескладна конструкція. Однак коробки передач, що встановлюються на сучасних мотоблоках, мають обмежену кількість робочих передач, часто обмежену двома-трьома. Водночас рекомендована робота цих тракторів у агрегаті з плугом, як зазначено в

інструкціях, обмежена першою передачею, що негативно впливає на вибір оптимального режиму роботи за ґрунтовими умовами.

Крім викладених раніше методів підвищення ефективності роботи, існує кілька ефективних методів, які були прийняті на озброєння при конструюванні мотоблоків. Серед них – впровадження системи приводу гусеничного агрегату (як показано на малюнку 1.12).



Рисунок 1.12 – Мотоблок а) на гусеничному ході; б) Caiman Vario 60S TWK+

Розрізняють два основних типи приводу мотоблоків: гусеничний і снігохідний навісний механізм, що замінює ведучі колеса. Головною перевагою першого є його низький коефіцієнт ковзання, що безпосередньо покращує тягові та тягові властивості трактора. Тим не менш, існуючі конструкції мають недоліки, включаючи обмежений діапазон операцій, які в основному спрямовані на зимове прибирання снігу, а також високі витрати на виробництво та обслуговування. На відміну від цього, Caiman Vario 60S TWK+ — це мотоблок, який оснащений двигуном із змінною частотою колінчастого вала, що дозволяє операторам регулювати швидкість руху під час роботи.

Реалізація цього способу негативно позначається на експлуатаційних характеристиках циліндропоршневої комбінації. Це явище виникає через зниження тиску в системі змащення двигуна, що призводить до зниження гідродинамічної функціональності складових частин. Крім того, цей процес

призводить до збільшення навантаження на трансмісію, коробку передач і ведучу шестерню ведучих коліс.

Актуальним є питання підвищення ефективності роботи мотоблока шляхом вибору потужності двигуна. Ця техніка широко використовується як вітчизняними, так і зарубіжними виробниками мотоблоків, такими як мотоблоки сімейства Нева виробництва ВАТ «Червоний Жовтень-НЕВА» в Росії і «Кайман» у Франції. Примітно, що рекомендований діапазон вибору крутного моменту має бути максимальним відповідно до тягових характеристик двигуна. Життєздатним рішенням цієї проблеми є установка на мотоблок більш потужного двигуна. На практиці необхідно вибирати двигун з більшим робочим об'ємом циліндра при тій же потужності двигуна. Однак такий підхід призводить до збільшення асортименту мотоблоків, призначених тільки для конкретних умов. Крім того, залишається невирішеним питання ефективного використання цих тракторів в умовах, відмінних від рекомендованих виробником.

Прагматичне використання вищезазначених методів спостерігалось для підвищення ефективності роботи позаду трактора при його використанні в поєднанні з просапним плугом. Поєднання цих прийомів дало значний позитивний вплив на ефективність роботи мотоблока при виконанні різних сільськогосподарських робіт. Врахування вагових навантажень і кріплення ґрунту продемонструвало значний вплив на зчеплення та тягові властивості мотоблока при контакті з ґрунтом, тим самим підвищуючи ефективність сільськогосподарських операцій, які виконуються мотоблоком.

У світлі сучасних обставин можна стверджувати, що всі сучасні прийоми, спрямовані на підвищення ефективності мотоблока, оснащеного рядковим плугом, мають значущість і широко використовуються.

Необхідно звернути увагу на обмеження методів, спрямованих на підвищення ефективності мотоблоків, обладнаних рядковими плугами. Основна турбота полягає в тому, щоб виявити конструкції, які дозволяють машинам

працювати безперебійно, зберігаючи при цьому довговічність двигуна. У світлі цього перспективним підходом до досягнення цих цілей є модуляція поступальної швидкості руху.

Одночасно при застосуванні цього прийому необхідно враховувати умови, які забезпечують плавне просування мотоблока всередині агрегату, що супроводжує плуг, а також його статичну рівновагу, враховуючи при цьому агротехнічні вимоги до оранки ґрунту.

РОЗДІЛ 2

ТЕОРЕТИЧНІ ДОСЛІДЖЕННЯ

2.1 Методика досліджень

Для проведення лабораторних досліджень створено експериментальний візок. Цей пристрій розроблено для виконання різноманітних завдань [1, 5].

Дослідження взаємодії корпусу плуга мотоблока з ґрунтом проведено шляхом влаштування на експериментальний візок модуля просторової динамометрії.

Розслідування має на меті з'ясувати, яким чином ведучі колеса мотоблока стикаються з ґрунтом у ситуаціях, коли використовується стенд для вимірювання тягової сили на зазначені ведучі колеса.

Технічні рішення, запропоновані для досягнення поставлених цілей і усунення поточних недоліків у конструкції експериментального візка, будуть розглянуті більш глибоко. Крім того, буде проведено ретельний аналіз цих рішень.

Для гарантії ефективності запропонованої методики проведення експериментальних аналізів корпусу плуга мотоблока нами запропоновано створення пристрою, що полегшує вимірювання його просторового динамометра. Кінематичну схему цього пристрою зображено на малюнку 2.1.

Для детального вивчення експлуатаційних характеристик динамометричного модуля необхідно встановити схему розрахунку навантаження (див. рисунок 2.2). Як попередній крок, з'єднання будуть замінені відповідними реакціями. Зокрема, ми включимо сили взаємодії між корпусом плуга та ґрунтом, позначені як R_x , R_y та R_z . Крім того, ми застосуємо R_I , R_{II} та R_{III} до т. I, II і III відповідно.

Значення R_{III} узгоджуються з вимірюваннями, отриманими від тензодатчиків I, II та III, зокрема в місці перетину первинних векторів R_{Ox} , R_{Oy}

та R_{oz} . Передбачається, що шарніри не мають значного тертя, тому вектор головного моменту M_O вважається нульовим.

Наш початковий крок включатиме складання рівнянь моментів у площині XOZ , YOX та YOZ .

$$R_3 L_2 + R_y l_5 + R_2 l_6 = 0; \quad (2.1)$$

$$R_1 L_1 - R_x l_6 - R_y (l_4 + l_7) = 0 \quad (2.2)$$

$$-R_2 l_2 + R_y l_5 + R_z L_6 = 0 \quad (2.3)$$

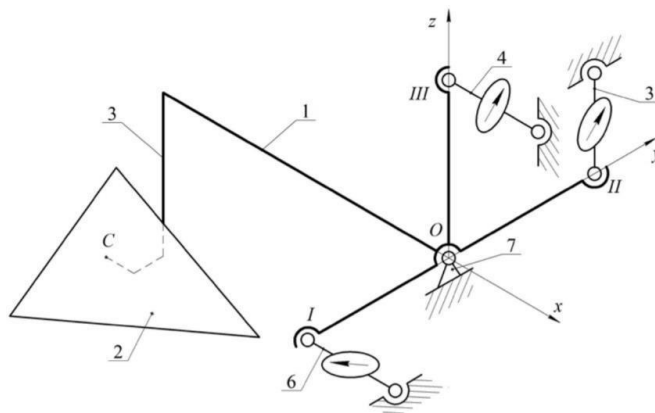


Рисунок 2.1 – Кінематична схема динамометричного модуля

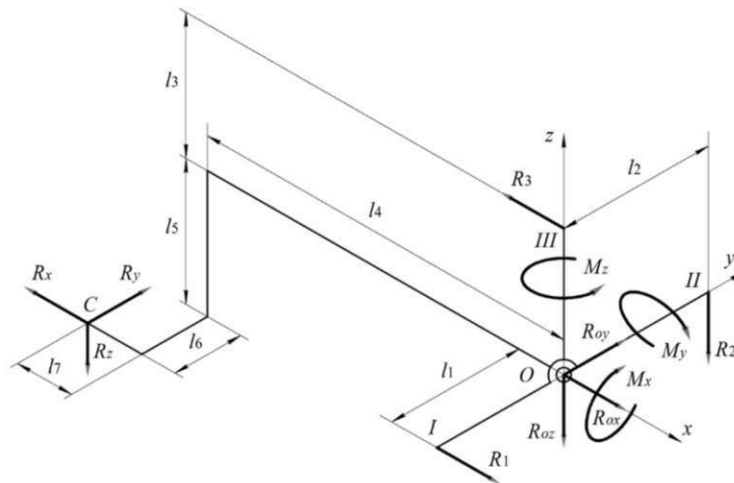


Рисунок 2.2 – Розрахункова схема динамометричного модуля

Набір рівнянь (2.1), (2.2) і (2.3) представляє пару загадкових факторів сили. Щоб розв'язати ці фактори, ми повинні спочатку виділити та отримати значення R_y з рівняння, що дасть наступний результат:

$$R_y = \frac{R_2 l_2 - R_z l_6}{l_5}. \quad (2.4)$$

Після цього ми переходимо до заміни рівняння (2.4) на рівняння (2.2) і виводимо наступну кореляцію:

$$R_1 + l_1 - R_x l_6 - \frac{(R_2 l_2 - R_z l_6)(l_4 + l_7)}{l_5} = 0, \quad (2.5)$$

Після виведення в рівнянні (2.5) вираз для R_x отримується таким чином:

$$R_x = \frac{(R_2 l_2 - R_z l_6)(l_4 + l_7)}{l_5 l_6}. \quad (2.6)$$

Після підключення рівняння (2.6) до рівняння (2.1) отримуємо:

$$R_x = R_3 l_3 + R_z (l_4 + l_7) - \left[\frac{(R_2 l_2 - R_z l_6)(l_4 + l_7)}{l_5 l_6} \right]. \quad (2.7)$$

Після перетворення рівняння (2.7) та відповідних йому виразів для R_z приходимо до наступного співвідношення:

$$R_z = \frac{\frac{R_1 l_1 l_5}{l_6} - R_3 l_3}{2(l_4 + l_7)} \quad (2.8)$$

Третє рівняння (2.8) містить значення динамометра I і III, а також змінні R_1 і R_3 , які можна отримати шляхом експериментування, як зазначено в посиланні.

Щоб визначити величини сил R_y і R_x , необхідно використовувати рівняння (2.4) і (2.6), результати розрахунків для сили R_z і показання, отримані з тензодатчиків I і II, позначених як R_1 і R_2 відповідно.

Експериментальний модуль, запропонований для просторової динамометрії корпусу плуга, полегшує вимірювання опору в кількох напрямках

одночасно. Зокрема, цей модуль здатний вимірювати значення опору в напрямку руху корпусу плуга (R_x), а також у горизонтальній площині, перпендикулярній до руху плуга (R_y) і вертикальній площині (R_z).

На малюнку 2.3 зображено емпіричний візок, який містить модуль просторового динамометра для вимірювання корпусу лемеша як у лабораторних, так і в польових умовах.

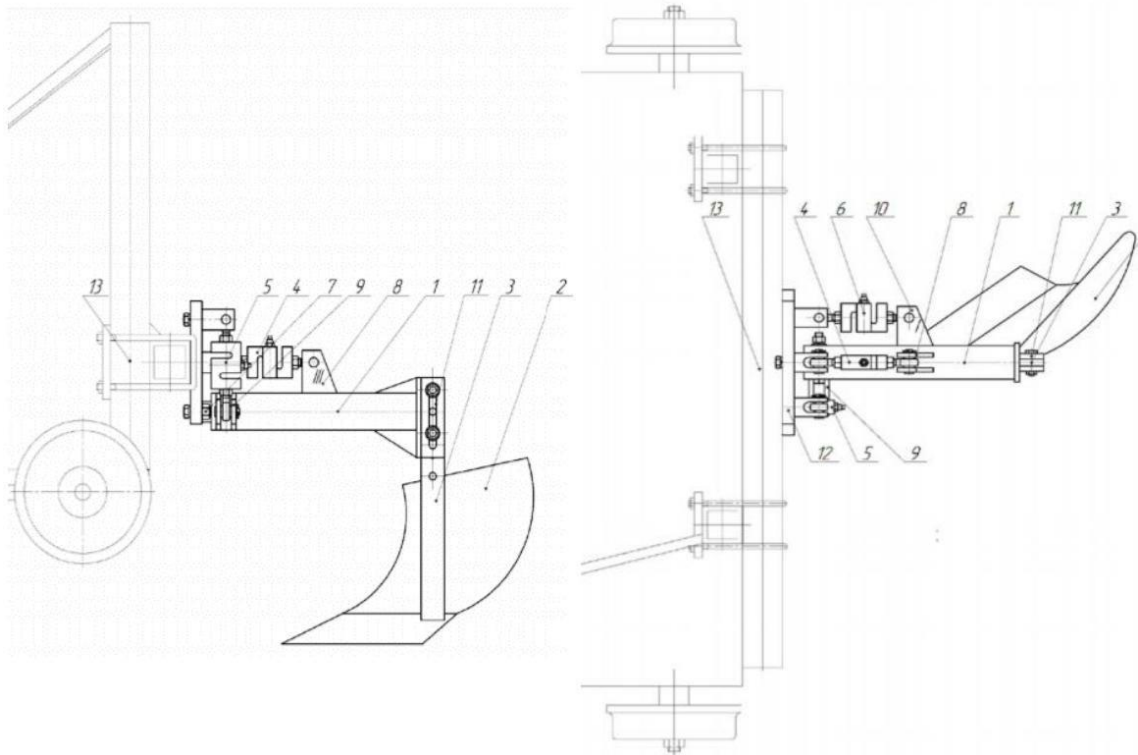


Рисунок 2.3 – Дослідний візок зі встановленим модулем просторового динамометрування корпусу плуга, що розглядається: а) вид збоку; б) вид зверху

Надана конструкція для експериментального модуля, який використовується в просторовій динамометрії корпусу плуга (як показано на малюнку 2.4), пропонує розширений спектр функціональних можливостей завдяки полегшенню одночасного вимірювання та контролю опору в горизонтальній, перпендикулярній і вертикальній площинах. Крім того, він дає змогу визначити тягову силу, що діє на ведучі колеса мотоблока (як показано на малюнку 2.5), відносно швидкості руху, твердості ґрунту та реакції ґрунту, яку

несуть кожне ведуче колесо. , зберігаючи фіксоване значення коефіцієнта ковзання δ .

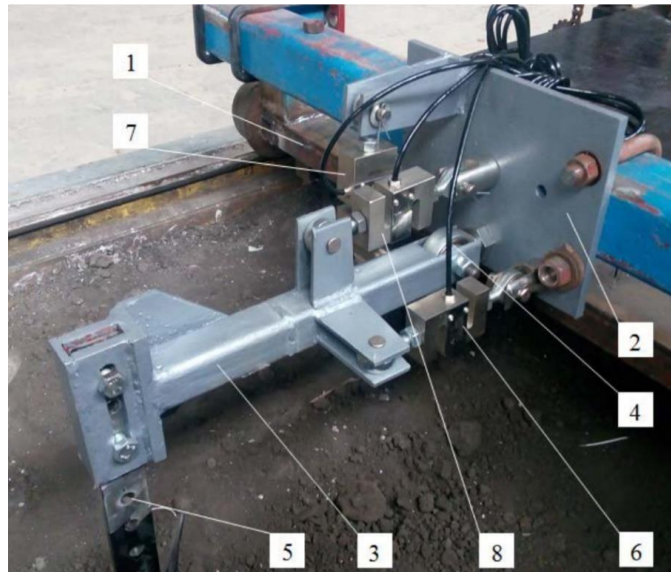


Рисунок 2.4 – Динамометричний механізм дослідження сил, що діють на корпус досліджуваного плуга мотоблока: 1) рухомий модуль дослідницького стенду; 2) кронштейн; 3) корпус; 4) сферичний шарнір; 5) плуг; 6), 7) та 8) тензометричні датчики I, II та III



Рисунок 2.5 – Експериментальний механізм визначення сили тяги на ведучих колесах

Встановлення значень тягового зусилля мотоблока дозволить повністю використати сучасні методики експериментального проектування. Отже, це призведе до отримання більш повних та неупереджених даних під час як лабораторних, так і польових досліджень [16].

2.2 Теоретичне дослідження стійкості руху мотоблока

Оцінку стійкості мотоблока з відвально-полицевим плугом проводили за допомогою аналізу залежностей.

$$\begin{aligned}
 & \left[\begin{aligned} & \left(\begin{aligned} & K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK2}v_n - K_{TK3}R_{K1} + K_{TK13}pR_{K1} - \\ & -K_{TK2}v_nR_{K1} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K1}^2 \end{aligned} \right) + \\ & \left(\begin{aligned} & K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK2}v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} - \\ & -K_{TK2}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] - \\
 & \quad - [K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n] - \\
 & -f \left[\begin{aligned} & K_8F_{gM} + K_9(K_{0z} + K_{1z}pK_{2z}v_n + K_{12z}pv_n) - \\ & -K_{10}(K_{0x}p - K_{1x}v_n - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n) - \\ & -K_{11} \left(\begin{aligned} & K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK2}v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} - \\ & K_{TK2}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] - \\
 & -f \left[\begin{aligned} & K_{14}(K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n) + K_9(K_{0y} + K_{1y}p - K_{2y}v_n + K_{12y}pv_n) + \\ & +fK_{15} \left[\begin{aligned} & K_8F_{gM} + K_9(K_{0z} + K_{1z}p - K_{2z}v_n + K_{12z}pv_n) - \\ & -K_{10}(K_{0x} - K_{1x}v_n - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n) - \\ & -K_{11} \left(\begin{aligned} & K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK2}v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} - \\ & -K_{TK2}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] - \\ & -K_{12} \left(\begin{aligned} & K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK2}v_n - K_{TK3}R_{K1} + K_{TK13}pR_{K1} - \\ & -K_{TK23}v_nR_{K1} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) + \\ & +K_{13} \left(\begin{aligned} & K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK2}v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} - \\ & -K_{TK2}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] \geq 0 \tag{2.9}
 \end{aligned}$$

Враховуючи висунуту авторами [12] умову щодо поступальної швидкості мотоблока v_p , стає доцільним розрахувати її вирішальні значення з урахуванням твердості ґрунту. Дотримуючись цього та враховуючи математичні перетворення, ми приходимо до наступної кореляції:

$$\begin{aligned}
& K_{TK0} - K_{TK1}p - K_{TK3}R_{K1} + K_{TK13}pR_{K1} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K1}^2 + \\
& + K_{TK0} - K_{TK1}p - K_{TK3}R_{K2}^2 - K_{0x} + K_{1x}p - \\
& \left[\begin{aligned}
& K_8 F_{gm} + K_9 (K_{0z} + K_{1z}p) - K_{10} (K_{0x} + K_{1x}p) - \\
& - K_{11} (K_{TK0} - K_{TK1}p - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2) + \\
& + K_{14} (K_{0x} + K_{1x}p) + K_9 (K_{0y} + K_{1y}p) + \\
& + f K_{15} \left(+ K_8 F_{gm} + K_9 (K_{0z} + K_{1z}p) - K_{10} (K_{0x} + K_{1x}p) - \right. \\
& \left. - K_{11} (K_{TK0} - K_{TK1}p - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2) \right) - \\
& - K_{12} (K_{TK0} - K_{TK1}p - K_{TK3}R_{K1} + K_{TK13}pR_{K1} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K1}^2) + \\
& + K_{12} (K_{TK0} - K_{TK1}p - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2)
\end{aligned} \right] \\
v_n \leq & \frac{-K_{TK2} + K_{TK23}R_{K1} - K_{TK2}R_{K2} - K_{TK2} +}{+K_{TK23}R_{K1} - K_{TK2} + K_{TK23}R_{K2} + K_{2x} + K_{12x}p +} \\
& + f \left(\begin{aligned}
& K_8 (-K_{2z} + K_{12z}p) - K_9 (-K_{2x} + K_{12x}p) - K_{10} (-K_{2x} + K_{12x}p) - \\
& - K_{11} (K_{TK2} - K_{TK23}R_{K2}) + K_{14} (-K_{2x} + K_{12x}p) + K_9 (-K_{2z} + K_{12z}p) + \\
& + f K_{15} \left[K_8 (-K_{2z} + K_{12z}p) - K_9 (-K_{2x} + K_{12x}p) - K_{10} (-K_{2x} + K_{12x}p) - \right. \\
& \left. - K_{11} (K_{TK2} - K_{TK23}R_{K2}) + K_{14} (-K_{2x} + K_{12x}p) + K_9 (-K_{2z} + K_{12z}p) \right] - \\
& - K_{12} (-K_{TK2} + K_{TK23}R_{K1} - K_{TK2} + K_{TK23}R_{K2}) + \\
& + K_{13} (-K_{TK2} + K_{TK23}R_{K1} - K_{TK23}R_{K2})
\end{aligned} \right) \quad (2.10)
\end{aligned}$$

Таким чином, кореляція, отримана з поступальної швидкості моторизованого плуга з конфігурацією відвал-полиця, полегшує ідентифікацію її порогових меж, зберігаючи при цьому стабільність руху моторизованого плуга без виникнення пробуксовки коліс. Це робиться з урахуванням різних факторів, таких як режим роботи, маса, геометричні властивості, характеристики ґрунту, що обробляється.

При використанні конструктивних параметрів як мотоблока «Нева МБ-23-МультіАГРО Про», так і плуга П1-20/3 встановлені основні геометричні параметри [11]. Ці параметри виділяються коефіцієнтами $K_8 = 0,015$, $K_9 = 0,62$, $K_{10} = 0,103$, $K_{11} = 0,206$. Розраховано силу тяги ФТКіФ на ведучому колесі з урахуванням сили опору коченню. Після ряду розрахунків рівняння (3.10) буде переформульовано таким чином:

$$\begin{aligned}
v_n \leq & \frac{156,9 - 808,2p + 148,2p^2 - 0,151R_{K1} + 0,685pR_{K1} + 0,00026R_{K1}^2}{-179,5 + 228p + 0,093R_{K1} + 0,079R_{K2}} \\
& \frac{0,0128R_{K2} + 0,555pR_{K1} + 0,000221R_{K2}^2}{-179,5 + 228p + 0,093R_{K1} + 0,079R_{K2}} \quad (2.11)
\end{aligned}$$

При $m = 140\text{кг}$:

$$v_n \leq \frac{148,2 p^2 + 43,5 p + 205,6}{228 p - 58,8}; \quad (2.12)$$

При $m = 160\text{кг}$:

$$v_n \leq \frac{148,2 p^2 + 162,5 p + 247,4}{228 p - 42}; \quad (2.13)$$

При $m = 180\text{кг}$:

$$v_n \leq \frac{148,2 p^2 + 282,6 p + 299,7}{228 p - 24,9}; \quad (2.14)$$

Провівши перевірку виразів (2.12-2.14) в програмному середовищі MathCad 15.0, отримаємо графічні зображення порогових швидкостей мотоблока. Це буде виконано відповідно до обов'язкової умови забезпечення стабільності його руху, згідно стандарту незабуксовки рушійних коліс (рис. 2.6).

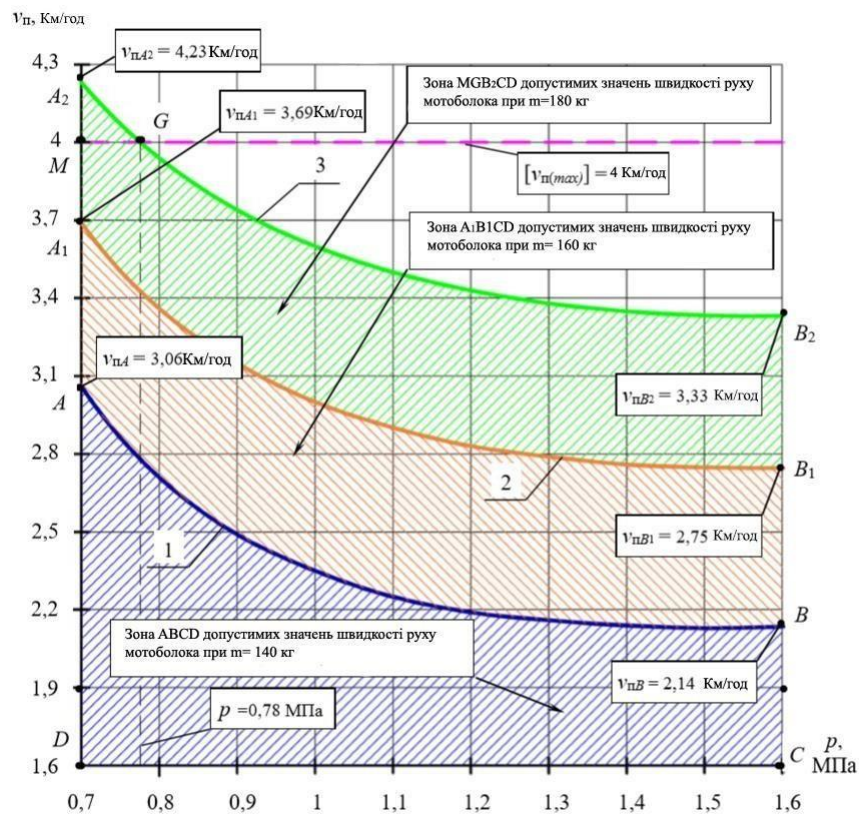


Рисунок 2.6 – Залежність швидкості v_n руху мотоблока від твердості ґрунту

Швидкість руху мотоблока обмежена кривими 1, 2 і 3. Ці криві служать для визначення граничних умов, що забезпечують відсутність буксування ведучих коліс мотоблока.

Аналізуючи залежності 1, 2, 3, можна помітити, що швидкість мотоблока зменшується зі збільшенням твердості ґрунту від 0,7 до 1,6 МПа, про що свідчать увігнуті криві. Зокрема, для залежності 1 значення швидкості зменшується від 3,06 км/год до 2,14 км/год; для залежності 2 вона зменшується від 3,69 км/год до 2,75 км/год; для залежності 3 вона падає з 4,23 км/год до 3,33 км/год. Ці значення представляють відсоткове зменшення на 30%, 25% і 21% відповідно.

За даними, наведеними на рисунку 2.6, встановлено, що запропоновані швидкості руху мотоблока, як показано кривими 1 і 2, падають нижче максимально допустимої швидкості руху мотоблока, яка визначається параметрами його безпечна експлуатація.

Водночас швидкість руху мотоблока масою 180 кг (графічна кореляція 3) перевищує допустиму безпечну швидкість маломеханізованих транспортних засобів, яка становить 4 км/год, у діапазоні твердості ґрунту від 0,7 до 0,78 МПа.

На отриманих графічних зображеннях виділяються три зони: зона ABCD, яка позначає допустимий діапазон швидкості для мотоблока масою 140 кг; зона A1B1CD, яка позначає допустимий діапазон швидкості руху для мотоблока масою 160 кг; і зона MGB2CD, що відображає допустимий діапазон швидкості руху для мотоблока вагою 180 кг.

Встановлені діапазони допустимих значень швидкості руху мотоблока, оснащеного плугом-полицею, дають змогу розмежувати ступінь його працездатності під час оранки за умови відсутності пробуксовки ходових коліс.

2.3 Дослідження енергоємності процесу оранки

Для оцінки енергетичних показників мотоблока з плугом використано наступні залежності:

$$P = 3,6v_n(2 - \eta_0)10^{-3} \left[\begin{aligned} & \left[\sqrt{\frac{[K_1K_2F_{gM} + K_3F_{g\delta 1} - K_4F_{g\delta 2}]^4}{(0,044p + 0,0038)D^2 K_1 b_{K1} 10^9}} + \sqrt{\frac{[K_1K_2F_{gM} + K_6F_{g\delta 1} - K_7F_{g\delta 2}]^4}{(0,044p + 0,0038)D^2 K_2 b_{K2} 10^9}} \right. \\ & + [K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n] + \\ & + f \left[\begin{aligned} & [K_8F_{gM} + K_9(K_{0z} + K_{1z}p - K_{2z}v_n + K_{12z}pv_n) - \\ & - K_{10}(K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n) - \\ & - K_{11} \left(\begin{aligned} & (K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK}2v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} -) \\ & - K_{TK23}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] + \\ & + f K_{15} \left[\begin{aligned} & [K_{14} + (K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n) + K_9(K_{0y} + K_{1y}p - K_{2y}v_n + K_{12y}pv_n) + \\ & [K_8F_{gM} + K_9(K_{0z} + K_{1z}p - K_{2z}v_n + K_{12z}pv_n) - \\ & - K_{10}(K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n) - \\ & - K_{11} \left(\begin{aligned} & (K_{TK10} - K_{TK1}p + K_{TK}2v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} -) \\ & - K_{TK23}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] - \\ & - K_{12} \left(\begin{aligned} & (K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK}2v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} -) \\ & - K_{TK23}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) + \\ & + K_{13} \left(\begin{aligned} & (K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK}2v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} -) \\ & - K_{TK23}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] \end{aligned} \right] \quad (2.15)$$

$$E_{ПНТ} = \frac{3,62(2 - \eta_0)10^{-6}}{h} \left[\begin{aligned} & \left[\sqrt{\frac{[K_1K_2F_{gM} + K_3F_{g\delta 1} - K_4F_{g\delta 2}]^4}{(0,044p + 0,0038)D^2 K_1 b_{K1} 10^9}} + \sqrt{\frac{[K_1K_2F_{gM} + K_6F_{g\delta 1} - K_7F_{g\delta 2}]^4}{(0,044p + 0,0038)D^2 K_2 b_{K2} 10^9}} \right. \\ & + [K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n] + \\ & + f \left[\begin{aligned} & [K_8F_{gM} + K_9(K_{0z} + K_{1z}p - K_{2z}v_n + K_{12z}pv_n) - \\ & - K_{10}(K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n) - \\ & - K_{11} \left(\begin{aligned} & (K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK}2v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} -) \\ & - K_{TK23}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] + \\ & + f K_{15} \left[\begin{aligned} & [K_{14} + (K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n) + K_9(K_{0y} + K_{1y}p - K_{2y}v_n + K_{12y}pv_n) + \\ & [K_8F_{gM} + K_9(K_{0z} + K_{1z}p - K_{2z}v_n + K_{12z}pv_n) - \\ & - K_{10}(K_{0x} + K_{1x}p - K_{2x}v_n + K_{12x}pv_n) - \\ & - K_{11} \left(\begin{aligned} & (K_{TK10} - K_{TK1}p + K_{TK}2v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} -) \\ & - K_{TK23}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] - \\ & - K_{12} \left(\begin{aligned} & (K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK}2v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} -) \\ & - K_{TK23}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) + \\ & + K_{13} \left(\begin{aligned} & (K_{TK0} - K_{TK1}p + K_{TK}2v_n - K_{TK3}R_{K2} + K_{TK13}pR_{K2} -) \\ & - K_{TK23}v_nR_{K2} + K_{TK11}p^2 + K_{TK33}R_{K2}^2 \end{aligned} \right) \end{aligned} \right] \end{aligned} \right] \quad (2.16)$$

Отримані в результаті досліджень рівняння (2.15) і (2.16) дозволяють точно оцінити енерговитрати та питому енергоємність у процесі оранки. Оцінка залежить від різних факторів, включаючи режим роботи мотоблока, твердість ґрунту, а також масові та геометричні характеристики.

Як і в попередніх дослідженнях, для розрахунку значень коефіцієнтів K_1 (0,985), K_2 використовувалися технічні характеристики мотоблока «Нева МБ-23-МультиАГРО Про», а також плуга П1-20/3 та плуга поличного. (0,613), а відстань ведучого колеса 0,2м. Сила тяжіння F_{gM} була визначена як 1200 Н. Підбором

коефіцієнтів $f(0,41)$ і $\eta(0,8)$ і після кількох маніпуляцій були отримані рівняння (2.15) і (2.16) у такому вигляді:

$$P = 3,6v_n(2 - \eta_0)10^{-3} \left[\begin{array}{l} 303,1 + 45,4p - 151,3v_n + 272,4pv_n + 0,0026R_{K1} - \\ -0,082pR_{K1} + 0,012v_nR_{K1} - 0,000025R_{K1}^2 + \\ + \left[0,009(p + 0,086)^{\frac{1}{3}} \left(R_{K1}^{\frac{4}{3}} + R_{K2}^{\frac{4}{3}} \right) \right] \end{array} \right]; \quad (2.17)$$

$$E_{\text{ПІТ}} = \frac{3,6v_n(2 - \eta_0)10^{-6}}{Bh} \left[\begin{array}{l} 303,1 + 45,4p - 151,3v_n + 272,4pv_n + 0,0026R_{K2} - \\ -0,082pR_{K2} + 0,012v_nR_{K2} - 0,000025R_{K2}^2 + \\ + \left[0,009(p + 0,086)^{\frac{1}{3}} \left(R_{K1}^{\frac{4}{3}} + R_{K2}^{\frac{4}{3}} \right) \right] \end{array} \right]. \quad (2.18)$$

Коли значення твердості ґрунту, позначеної як "р", і швидкості руху, позначеної як "v_n", підставляються у відповідні рівняння в діапазоні від 0,7 до 1,6 мегапаскалів і від 2 до 4 кілометрів на годину, графічне зображення спожитої потужності (Рисунок 2.7-2.9) та питомо енергоємність процесу оранки (Рисунок 2.10-2.12). Ці графіки вказують на конкретні умови експлуатації мотоблока, оснащеного плугом з відвалом.

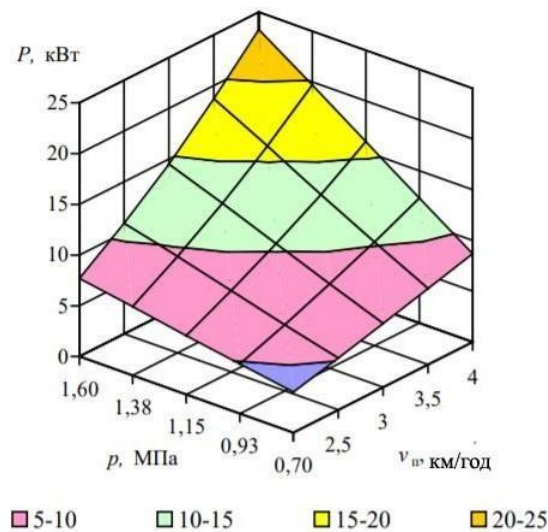


Рисунок 2.7 – Об’ємний динамічний графік залежності споживаної потужності двигуна Р від швидкості руху мотоблоку та твердості ґрунту (при $m = 140$ кг)

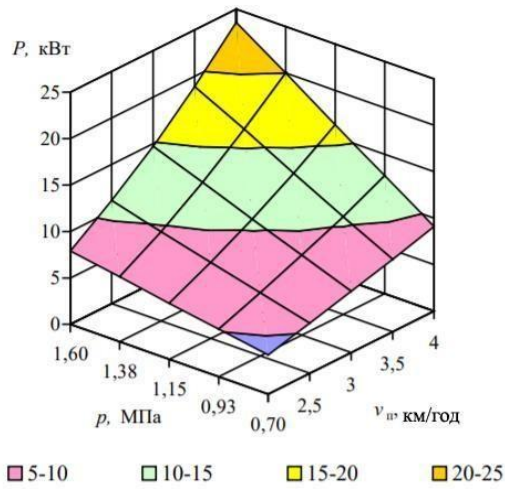


Рисунок 2.8 – Об’ємний динамічний графік залежності необхідної споживчої потужності двигуна P від швидкості руху мотоблоку та твердості ґрунту (при $m = 160$ кг)

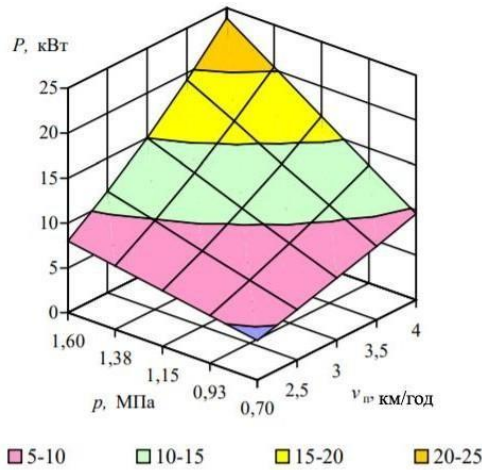


Рисунок 2.9 – Об’ємний динамічний графік залежності споживаної потужності двигуна P від швидкості руху мотоблоку та твердості ґрунту (при $m = 180$ кг)

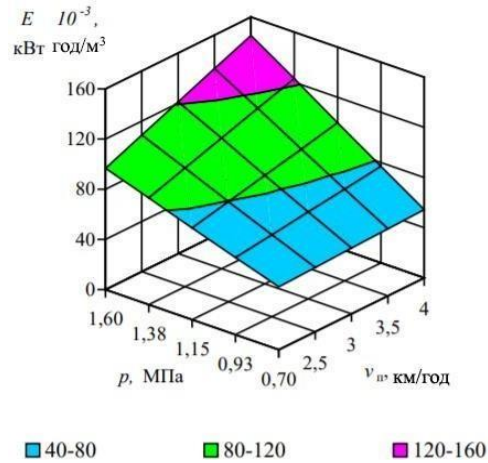


Рисунок 2.10 – Об’ємний динамічний графік питомої енергоємності оранки ЕПІТ від швидкості руху мотоблока та твердості ґрунту (при $m = 140$ кг)

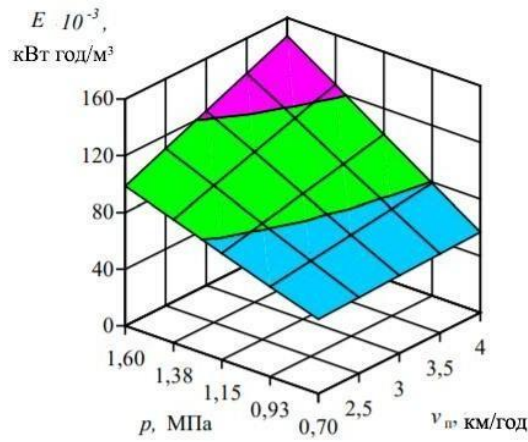


Рисунок 2.11 – Об’ємний динамічний графік питомої енергоємності оранки ЕПІТ від швидкості руху мотоблока та твердості ґрунту (при $m = 160$ кг)

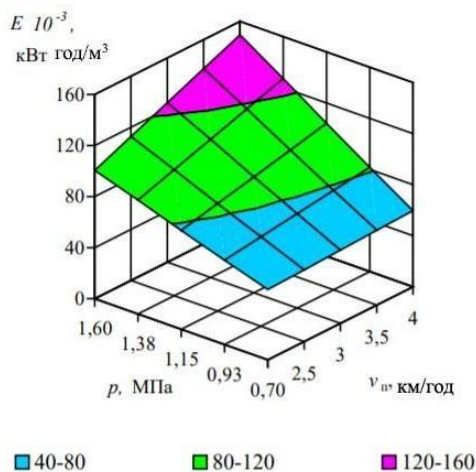


Рисунок 2.12 – Об’ємний динамічний графік питомої енергоємності оранки ЕПІТ від швидкості руху мотоблока та твердості ґрунту (при $m = 180$ кг)

Моделі, які виникають у результаті цього процесу, представлені змінними $P = f_p$, демонструють коригування показників обробки енергії.

При більш детальному розгляді рис. 2.7-2.9 можна зробити висновок про величину споживаної потужності двигуна P мотоблоків різної маси в межах твердості ґрунту від 0,7 до 1.6 МПа і діапазон швидкості мотоблока від 2 до 4 км/год. Для мотоблока масою $m = 140$ кг споживана потужність коливається від 4,0 до 23,3 кВт. Для мотоблока масою $m = 160$ кг споживана потужність коливається від 4,2 до 23,6 кВт. Нарешті, для мотоблока масою $m = 180$ кг споживана потужність коливається від 4,4 до 23,9 кВт.

Водночас, при збільшенні швидкості трактора виявляється підвищене споживання енергії.

Після вивчення кореляції питомої енергетичної потужності E (як показано на малюнках 2.10-2.12) було визначено, що присутні певні діапазони значень. При масі $m = 140$ кг питома енергоємність E коливалася від 0,0501 до 0,1454 кВт·год/м³. При $m = 160$ кг діапазон становив від 0,0525 до 0,1473 кВт·год/м³. Нарешті, при $m = 180$ кг діапазон був від 0,05552 до 0,1494 кВт·год/м³. Ці висновки свідчать про значний зв'язок між масою та питомою енергетичною потужністю E .

Одночасно зі збільшенням твердості ґрунту відбувається пропорційне збільшення енергоємності, необхідної для процесу обробітку згаданого ґрунту.

При оцінці енергетичних показників запропонованої конструкції встановлено, що споживана потужність може перевищувати потужність двигуна конкретного типу мотоблока на окремих режимах роботи. Таким чином, обов'язково потрібно встановити рекомендовані значення швидкості руху, щоб забезпечити роботу трактора за вищезазначених умов, за яких $P_{dv} \geq P$ (де P_{dv} означає потужність двигуна мотоблока в кВт).

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Дослідження ефективності роботи мотоблоку за різних режимів

Основним завданням підвищення ефективності роботи мотоблоків, оснащених рядковими плугами, є визначення оптимальних швидкісних режимів оранки. Це передбачає визначення максимально допустимої швидкості транспортного засобу при забезпеченні стійкості руху та запобіганні заносу ведучих коліс. Крім того, вкрай важливо максимізувати використання потужності двигуна відповідно до вказівок, викладених у посиланнях 67 і 68.

Лабораторні випробування, проведені в розділах 2.2 і 2.3, дали графічні зображення прийнятних швидкостей руху по відношенню до твердості ґрунту. Ці уявлення були створені з метою підтримки стабільності руху та використання максимальної потужності двигуна. Для отримання цих зображень використовували мотоблоки з плугами масою 140, 160 і 180 кг (рис. 3.1). Результати свідчать, що для роботи в ґрунті з діапазоном твердості від 0,7 до 0,74 МПа ідеальним є мотоблок масою 180 кг, тоді як у ґрунті з діапазоном твердості від 0,74 до 1,6 МПа мотоблок масою 160 кг. рекомендується позаду трактора. Зменшення маси з 180 кг до 160 кг пов'язано з тим, що зі збільшенням маси зростає енергоспоживання двигуна, що впливає на швидкісний режим під час технологічної операції.

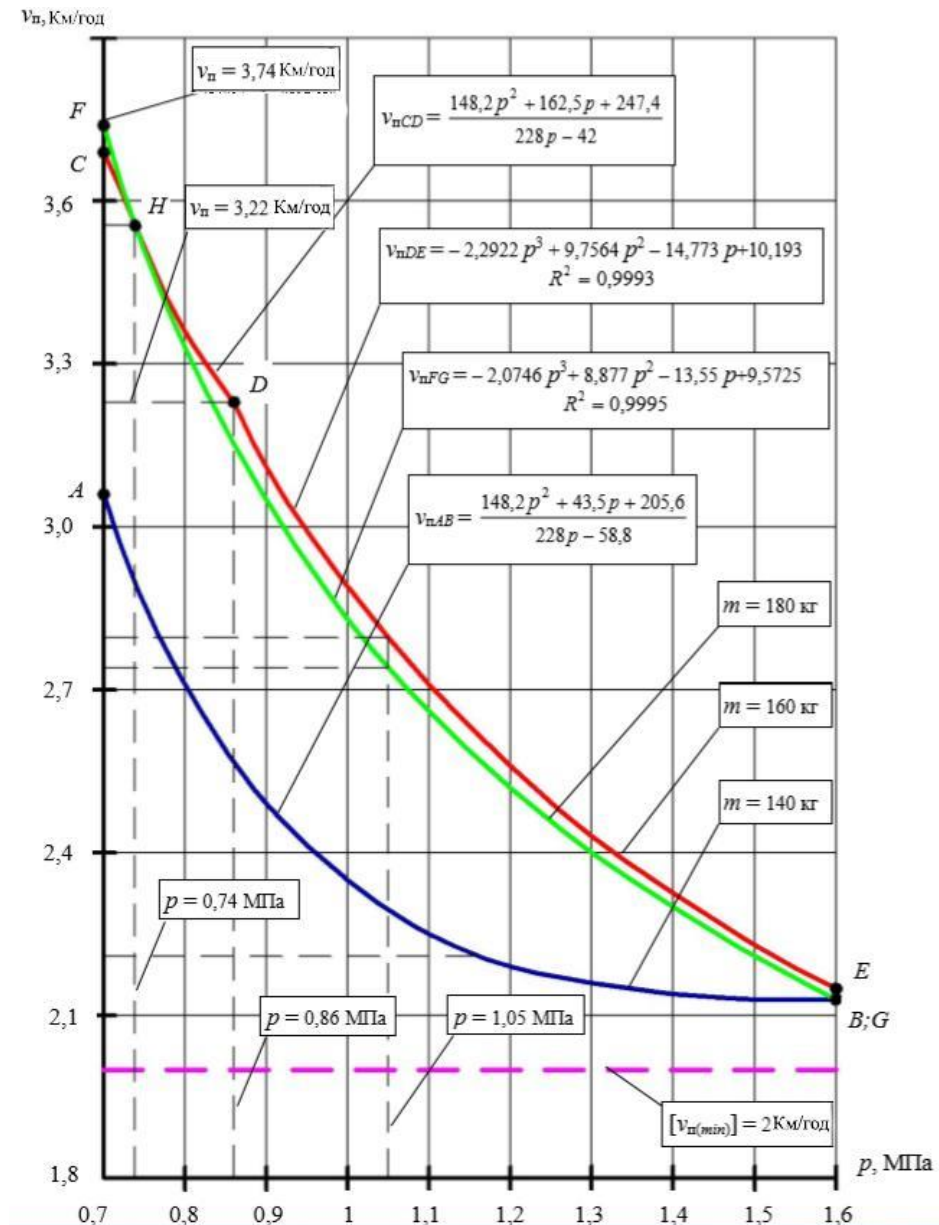


Рисунок 3.1 – Залежність допустимого значення швидкості руху мотоблоку із лемішно - полицевим плугом від твердості ґрунту, за умови дотримання критерія забезпечення стійкого руху та оптимального використання потужності двигуна

Важливо визнати, що стійкість руху мотоблока з плугом залежить від критерію запобігання заносу ведучих коліс із ґрунтом та максимального використання потужності двигуна. Відповідно до цього критерію встановлюються допустимі значення швидкості. Наприклад, при твердості ґрунту від 0,7 до 0,86 мегапаскалів і масі мотоблока 180 кілограмів допустимий діапазон

швидкості становить від 3,74 до 3,22 кілометрів на годину. З іншого боку, при твердості ґрунту від 0,86 до 1,6 мегапаскалів і масі мотоблока 160 кілограмів допустимий діапазон швидкості становить від 3,22 до 2,15 кілометрів на годину.

Після проведення лабораторних досліджень режимів роботи мотоблока з відвально-полицевим плугом встановлено, що вибір оптимальних швидкісних режимів має вирішальне значення для ефективної роботи трактора. Для забезпечення гнучкого регулювання швидкості ми пропонуємо впровадження клинопасового варіатора в кінематику ведучих коліс мотоблока. Це дозволить плавно регулювати швидкість руху, що в кінцевому підсумку призведе до покращення продуктивності трактора.

3.2 Аналіз запропонованої конструкції мотоблока

Для забезпечення оптимальної роботи мотоблока з орно-полицевим плугом за результатами та рекомендаціями лабораторних досліджень запропоновано конструкцію з плавним регулюванням швидкості передачі. Ця інноваційна функція, досягнута за рахунок включення варіатора, дозволяє плавно і безперервно регулювати швидкість руху мотоблока, тим самим полегшуючи практичне впровадження і використання результатів досліджень і пропозицій.

Рама 1 мотоблока містить комплект рульових рукояток з органами керування 2, а також двигун 3. Вал двигуна 4 жорстко утримує перший проміжний вал 5, на якому розташовані шків відбору потужності 6, ведучий шків 7, автоматичний 8 і ручний 9 механізм, який підтримує клинопасовий варіатор 10. На рамі 1 також розташована коробка передач 11, яка включає в себе ведучі колеса 14 і 15, закріплені на її осях 12 і 13. На вхідному валу 16 коробки передач 11 є веденим шківом 17 клинопасової передачі 18. Трансмсія 18 також має механізм зчеплення через натяжний ролик 19 приводного паса 20, який з'єднує ведений шків 17 із ведучим шківом 21, розташованим на другому проміжному валу. 22. (Див. Рис. 3.2 для візуального представлення.)

Ведучий шків 23 варіатора 10 закріплений на валу 22, який отримує потужність від ведучого шківа 7 через клинопасову передачу 24.

Перед початком технологічного процесу спочатку потрібно привести двигун в рух і налаштувати клинопасовий варіатор на необхідне передавальне число. Це передавальне число гарантує відповідну та необхідну прогресивну швидкість мотоблока. Для запуску двигуна необхідно від'єднати приводний ремінь за допомогою натяжного ролика.

Після запуску двигуна крутний момент, створюваний його валу, передається на перший проміжний вал, який забезпечений радіальними пальцями. Згодом це зусилля передається на ведучий шків варіатора, а згодом на ведений шків через клинопасову передачу, яка забезпечується другим проміжним валом.

У випадку мотоблока, який використовує ручний режим управління варіатором, процес регулювання передавального числа відповідно до певної швидкості руху вимагає обертання маховика, розташованого на різьбовому хвостовому механізмі ручного керування. Щоб почати рух мотоблока, необхідно задіяти натяжний ролик, щоб забезпечити належний натяг приводного ремня. Цей приводний ремінь відповідає за передачу обертання від ведучого шківа до веденого шківа клинопасової передачі, а потім через вхідний вал коробки передач до піввісь і в кінцевому підсумку до ведучих коліс мотоблока.

У порівнянні з елементарними конструкціями свого попередника, модернізований варіант мотоблока має можливість розширити спектр функцій, які він може виконувати. Ця модернізація, як наслідок, призводить до підвищення рівня продуктивності під час різних технологічних операцій. Крім того, використання принципу ручного регулювання оборотів варіатора дозволяє мотоблоку плавно регулювати свій рух вперед залежно від конкретних умов експлуатації.

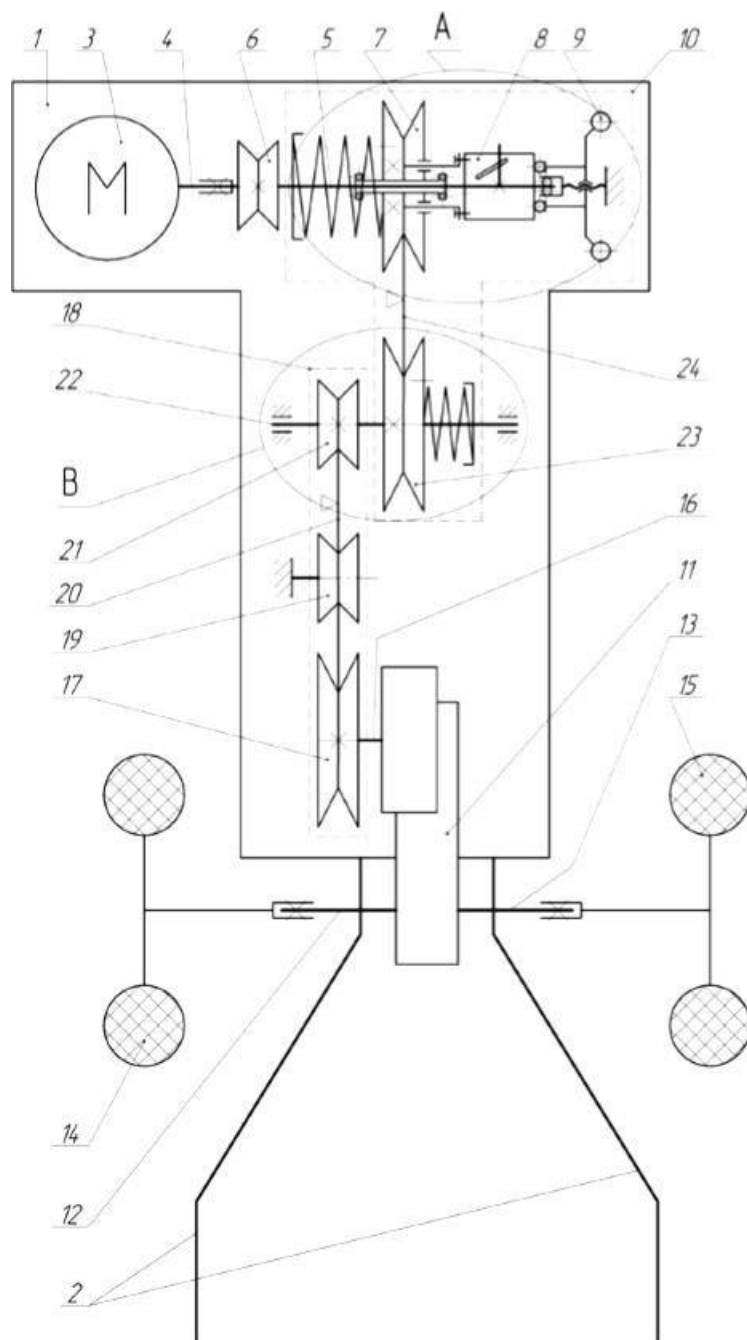


Рисунок 3.2 – Мотоблок із безступінчатим регулюванням поступальних швидкостей

У таблиці відображені технічні характеристики дослідного зразка мотоблока, викладені в таблиці 3.1. Для практичного застосування та використання результатів досліджень, врахування конструктивних особливостей і основних параметрів мотоблока, описаного в довідці [11] для «Нева» МБ-23-МультиАГРО Про, складено номограму. Дана номограма дозволяє підібрати

кінематичні параметри роботи трактора, зокрема щодо лемішного плуга Р1-20/3 та його продуктивність у різних ґрунтових умовах, зокрема поступальну швидкість руху (v_p) та передавальне число варіатора (i_v).

Таблиця 3.1 – Технічні характеристики конструкції дослідного мотоблоку

| Назва характеристики | Значення |
|--|---|
| Тип двигуна | 4-х тактний, бензиновий, одноциліндровий |
| Тип трансмісії | Зубчато-ремінна-ланцюгова |
| Потужність двигуна, кВт | 8,8 |
| Спосіб регулювання швидкості руху | Безступінчастий, за рахунок клинопасового варіатора |
| Передаточне відношення клинопасового варіатора | 0,61...1,08 |
| Діапазон варіювання клинопасового варіатора | 1,77 |
| Робоча швидкість руху, км/год | 1...12,00 |
| Робоча ширина захвату, м | 0,2 |
| Діаметр ведучих коліс, мм | 400 |
| Маса, кг | 120...180 |
| Габаритні розміри, мм: | |
| -довжина | 1740 |
| -ширина | 650 |
| -висота | 1000...13000 |
| Кількість обслуговуючого персоналу, чол. | 1 |

3.3 Експериментальні дослідження та їх результати

Проведено дослідно-польові випробування оновленої версії мотоблока [11] «Нева» МБ-23-МультиАГРО Про для оцінки його ефективності при обробітці ґрунту та весняній оранці. Контрольні ділянки характеризувалися рівнинним рельєфом і ґрунтовим складом чорнозему. Культурою-попередником весняної оранки була картопля.

На рисунку 3.3 представлена дослідна компоновка мотоблока МБ-23-МультиАГРО Про «Нева» з клинопасовим варіатором, який працює в парі з плугом Р1-20/3 під час польових випробувань. Ця ілюстрація дає загальне уявлення про експериментальну модель.



Рисунок 3.3 – Фото з місця проведення експерименту з досліджуваним мотоблоком

На етапі експерименту проводились оцінки різних швидкісних режимів мотоблока. Мінімальні пороги для цих режимів, які викладені в інструкції до мотоблока [11, 12], встановлені на рівні 2 км/год при проведенні оранних робіт.

Найвищі досяжні значення приурочені до визначених режимів роботи дослідної моделі трактора з пішохідним керуванням. Ці режими визначалися відповідно до значень твердості ґрунту, при яких маса трактора залишалася постійною – 160 кг. Згодом конкретні значення швидкості були обрані за допомогою номограми.

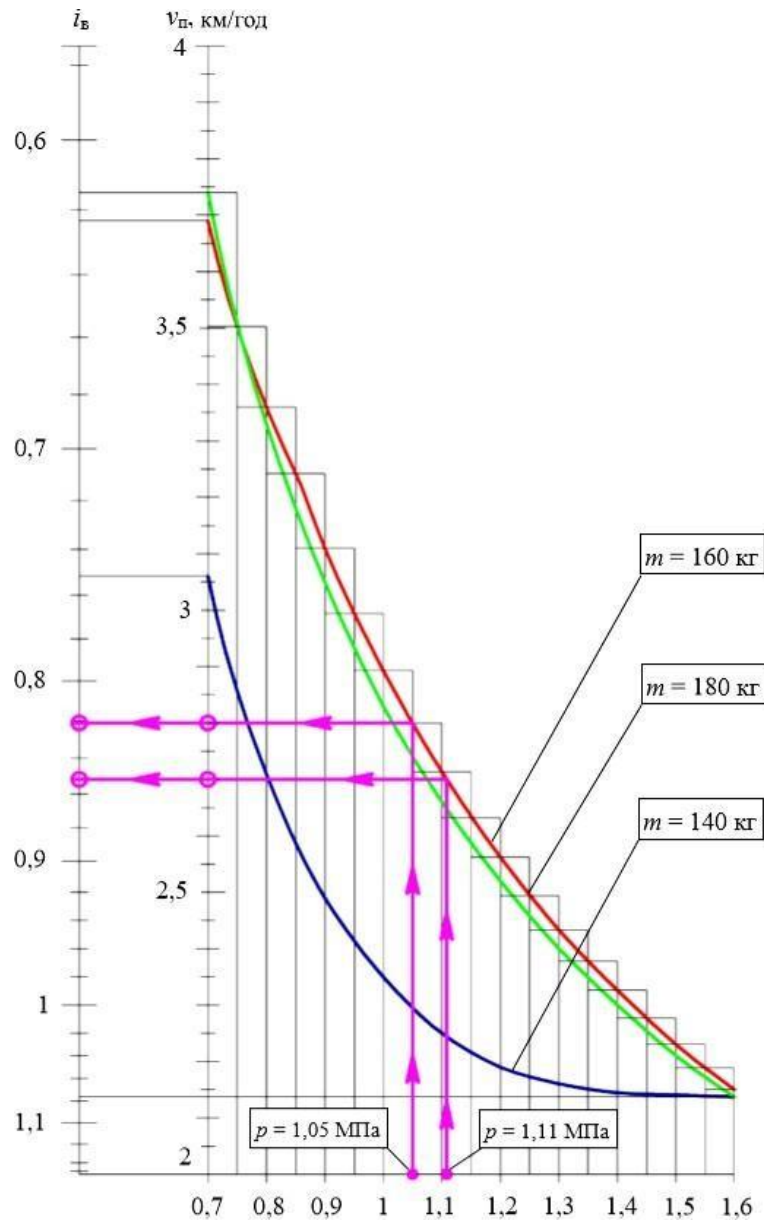


Рисунок 3.4 – Номограма для визначення оптимальних кінематичних параметрів і режимів експлуатації досліджуваного мотоблока

Під час польових випробувань, проведених на ділянках із твердістю ґрунту 1,05 МПа, було досягнуто максимального значення швидкості 2,8 км/год. При твердості 1,11 МПа максимальне значення швидкості становило 2,7 км/год. Вибір відповідного передавального числа варіатора визначив значення швидкості. Обробку ґрунту на контрольних ділянках проводили на глибину 0,2 м і згодом оцінювали енергетичну оцінку та якість за допомогою вищезазначених методів.

Результати агротехнічної експертизи свідчать про значний ступінь якості обробки ґрунту дослідною моделлю мотокультиватора, а саме в діапазоні швидкостей від 2 до 2,8 км/год при твердості ґрунту 1,05 МПа та в діапазоні швидкостей від 2 до 2,7 км/год при твердості ґрунту 1,11 МПа.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ

Безпека праці є одним із ключових аспектів організації будь-якої виробничої діяльності, зокрема й у сільськогосподарському виробництві. Виконання механізованих робіт з використанням мотоблоків та їх робочих органів, зокрема лемішно-полицевого плуга, пов'язане з низкою небезпек, які можуть призвести як до виробничого травматизму, так і до серйозних порушень у стані здоров'я працівників. У сучасних умовах, коли використання малогабаритної техніки є масовим явищем серед фермерських господарств та приватних користувачів, особливого значення набуває питання запобігання нещасним випадкам та створення безпечних умов праці.

Основна небезпека під час роботи з мотоблоком полягає в його русі по нерівній поверхні ґрунту, що може спричинити втрату стійкості, різкі ривки чи перекидання машини. Оператор, який керує мотоблоком, знаходиться в безпосередньому контакті з агрегатом і за відсутності достатнього досвіду або належної уваги може втратити контроль, що часто закінчується травмами рук, ніг або тулуба. Особливу загрозу становлять робочі органи плуга, які мають гострі краї та можуть легко спричинити порізи чи інші пошкодження, якщо працівник не дотримуватиметься правил техніки безпеки.

Небезпечним чинником є також підвищене фізичне навантаження, яке відчуває оператор під час управління мотоблоком. На відміну від великої техніки, де механізатор перебуває у кабіні, мотоблок вимагає безпосереднього утримання та спрямування з боку людини. Це створює додатковий ризик втоми, втрати концентрації й виникнення помилок, що у свою чергу підвищує ймовірність аварійних ситуацій. Особливо небезпечними є тривалі роботи на схилах або в умовах підвищеної вологості ґрунту, коли апарат може вислизати з рук.

Не менш суттєвим ризиком є вібраційний та шумовий вплив від двигуна мотоблока. Тривале перебування під дією інтенсивних вібрацій може призвести

до розвитку вібраційної хвороби, проблем із суглобами та судинами верхніх кінцівок. Шумовий вплив, особливо за відсутності засобів індивідуального захисту, негативно впливає на органи слуху, а також викликає додаткове психофізіологічне навантаження. У довгостроковій перспективі це може спричинити хронічні порушення слуху та нервової системи.

Окрему групу небезпек складають фактори, пов'язані з роботою двигуна внутрішнього згоряння, яким обладнаний мотоблок. Під час його експлуатації відбувається виділення вихлопних газів, що містять шкідливі сполуки, такі як оксиди вуглецю, азоту, а також незгорілі вуглеводні. Тривале вдихання цих газів без належної вентиляції призводить до отруєнь, погіршення самопочуття та загострення хронічних захворювань дихальної системи. Особливо небезпечно працювати у закритих приміщеннях або погано провітрюваних теплицях, де концентрація шкідливих речовин швидко досягає критичних значень.

Важливим чинником ризику є ймовірність займання паливно-мастильних матеріалів. Неналежне поводження з бензином чи дизельним паливом, зберігання його у відкритих ємностях або поблизу джерел вогню створює реальну загрозу пожежі. Крім того, витік мастильних матеріалів може стати причиною ковзання працівника, що призведе до падіння та можливих травм під час руху агрегата.

Велике значення має також стан ґрунту та рельєф місцевості. Робота на кам'янистих, нерівних ділянках або на схилах збільшує ризик ударів робочих органів об тверді предмети, що може викликати раптове відхилення мотоблока у бік. Такі ситуації становлять особливу небезпеку для оператора, оскільки він може втратити рівновагу й отримати травми. Крім того, під час роботи на мокрому або заболоченому ґрунті збільшується ризик пробуксовування коліс, що ускладнює керування та може стати причиною аварійної ситуації.

Запобігання переліченим небезпекам передбачає комплекс організаційних, технічних і санітарно-гігієнічних заходів. Перед початком роботи оператор повинен пройти відповідний інструктаж та мати базові знання з

експлуатації техніки. Особливу увагу слід приділяти перевірці технічного стану мотоблока: справності двигуна, гальмівної системи, кріплень робочих органів. Використання несправного обладнання є категорично неприпустимим, адже воно значно підвищує ймовірність травматизму.

Застосування засобів індивідуального захисту є обов'язковою умовою безпечної експлуатації мотоблока. Оператор повинен працювати у щільному робочому одязі, який закриває руки та ноги, а також у спеціальному взутті з твердим носком, що захищає стопи від можливих ударів чи наїзду. Використання захисних рукавичок зменшує ризик порізів і захищає від впливу вібрацій. Окуляри або захисний щиток оберігають очі від потрапляння ґрунтових частинок чи дрібних камінців. При підвищеному рівні шуму доцільним є використання протишумових навушників або вкладишів.

Ще одним важливим аспектом є правильна організація робочого процесу. Робота повинна проводитися лише у світлу пору доби або при достатньому штучному освітленні. Забороняється експлуатація техніки у стані втоми, алкогольного чи наркотичного сп'яніння, а також за несприятливих погодних умов — сильного дощу, ожеледиці чи густого туману. Усі роботи необхідно виконувати у чітко визначених межах ділянки, не допускаючи перебування сторонніх осіб поблизу агрегата, особливо дітей.

Суттєве значення має профілактика професійних захворювань, пов'язаних із впливом шуму, вібрацій і вихлопних газів. Для цього слід обмежувати тривалість безперервної роботи, робити регулярні перерви для відпочинку та виконання розминки. Доцільним є проведення періодичних медичних оглядів операторів, спрямованих на раннє виявлення порушень слуху, дихальної чи серцево-судинної системи.

Необхідно також передбачати заходи пожежної безпеки. Зберігання пального повинно здійснюватися у спеціальних закритих металевих ємностях, у відведених для цього місцях, віддалених від джерел відкритого вогню. Під час

заправки слід уникати переливання пального та його потрапляння на гарячі поверхні двигуна. У зоні роботи агрегата доцільно мати первинні засоби пожежогасіння — вогнегасник, пісок чи воду.

Таким чином, охорона праці під час експлуатації мотоблока з лемішно-полицевим плугом є комплексною системою заходів, спрямованих на попередження травматизму та професійних захворювань. Вона включає правильну організацію робочого процесу, технічний контроль за станом обладнання, застосування засобів індивідуального захисту, дотримання санітарно-гігієнічних норм і пожежної безпеки. Лише поєднання цих факторів здатне забезпечити ефективну й безпечну роботу працівників, підвищити продуктивність праці та сприяти сталому розвитку сільськогосподарського виробництва.

РОЗДІЛ 5

ЕКОНОМІЧНА ЧАСТИНА

За стандартизованою методикою [1] проведено порівняльну оцінку економічної ефективності модернізованої та базової моделей конструкції мотоблока. Основними детермінантами економічної ефективності визначено зниження затрат праці та механізованих робіт за рахунок підвищення продуктивності мотоблока. Для проведення аналізу використовувалася базова модель («Нева» МВ-23-MultiAGRO Pro + Плуг П1-20/3) в аналогічних умовах. Погодинну оплату праці обслуговуючого персоналу обрано відповідно до чинної тарифної сітки на весняно-літній період 2024 року. Вихідні дані для техніко-економічного аналізу, а також результати розрахунку економічної ефективності, представлені в таблиці 5.1 і 5.2 відповідно.

Таблиця 5.1 – Дані для розрахунку економічної ефективності проекту

| Показник | Ґрунтообробний агрегат | | | |
|--|---|------|---|------|
| | «Нева» МБ-23- Мульти АГРО Рго + Плуг П1-20 / 3 | | «Нева» МБ-23- МультиАГРО Рго- М + плуг П1-20 / 3 (Модернізован ий) | |
| Твердість ґрунту, МПа | 1,05 | 1,11 | 1,05 | 1,11 |
| Робоча ширина, м | 0,2 | 0,2 | 0,2 | 0,2 |
| Швидкість мотоблока (теоретична), км / год | 2,3 | 2,3 | 2,8 | 2,7 |
| Робоча швидкість мотоблока (дійсна), км / год | 1,74 | 1,78 | 2,07 | 2,03 |
| Буксування ведучих коліс,% | 24,3 | 22,5 | 26,2 | 24,9 |
| Коефіцієнт використання часу зміни | 0,75 | | 0,7 | |
| Балансова вартість агрегату, тис. грн. | 42,5 | | 47, 4 | |
| Число обслуговуючого персоналу, чол. | 1 | | 1 | |
| Час зміни, год. | 7 | | 7 | |
| Річна завантаження, га | 5 | | 5 | |

Таблиця 5.2 – Показники економічної ефективності запропонованого технічного рішення

| Показник | Грунтообробний агрегат | | | |
|---|---|--------------|--|-------------|
| | «Нева» МБ-23- Мульти АГРО Pro + Плуг П1-20 /3 | | «Нева» МБ-23- Мульти АГРО Pro-M + плуг П1-20 / 3 (Модернізований) | |
| Твердість ґрунту, МПа | 1,05 | 1,11 | 1,05 | 1,11 |
| Робоча швидкість, км / год | 1,74 | 1,78 | 2,07 | 2,03 |
| Буксування ведучих коліс,% | 24,3 | 22,5 | 26,2 | 24,9 |
| Годинна продуктивність, га / год | 0,0348 | 0,0356 | 0,0414 | 0,0406 |
| Змінна продуктивність, га / год | 0,1827 | 0,1869 | 0,2174 | 0,2132 |
| Трудомісткість механізованих робіт, люд.-год / га | 5,47 | 5,35 | 4,6 | 4,69 |
| Зниження витрат праці, % | - | - | 15,9 | 12,3 |
| Собівартість механізованих робіт, грн. / га | 11471,4 5 | 11170,4 9 | 8955,5 3 | 9180,9 1 |
| Річна економія від модернізації, грн. | - | - | 3031,84 | 1979,16 |
| Термін окупності додаткових капітальних вкладень, років | - | - | 0,9 | 1,4 |

Встановлено, що впровадження сучасної конструкції оранки (з річним навантаженням 5 га) дозволить заощадити в середньому 2-3 тис. грн. на одній одиниці техніки. Це свідчить про те, що додаткові капіталовкладення, необхідні для модернізації, можуть бути окуплені протягом 1-1,5 років.

ВИСНОВКИ

На основі проведених теоретичних досліджень отримано критерії встановлення стійкості в русі мотоблока, обладнаного плугом, у поздовжньо-вертикальній площині, за відсутності пробуксовки ведучих коліс.

Після проведення лабораторних досліджень було виведено систему рівнянь регресії для опису параметрів потужності плужного агрегату. Ці рівняння залежать від різних факторів, таких як умови роботи, конструктивні параметри та силові фактори, які виникають у результаті взаємодії між корпусом плуга та ґрунтом.

Мотоблок з плугом-полицею пройшов випробування на визначення оптимальних швидкостей пересування. Критерієм цих швидкостей була відсутність пробуксовки ведучих коліс при використанні максимальної потужності двигуна. Результати свідчать про те, що при твердості ґрунту від 0,7 до 0,86 МПа оральний агрегат масою 180 кг може працювати зі швидкостями від 3,74 до 3,22 км/год. При твердості ґрунту від 0,86 до 1,6 МПа плужний агрегат масою 160 кг може працювати зі швидкостями від 3,22 до 2,15 км/год. Досягти цих умов можна шляхом впровадження варіатора плавного регулювання швидкості руху, що дозволить підвищити продуктивність праці та якість виконання технологічних операцій за рахунок модернізації базової конструкції мотоблока.

Застосування запропонованого технологічного прогресу дозволяє знизити витрати в межах 2-3 тис. грн на одиницю обладнання, а розрахунковий термін окупності інвестицій не перевищує 1,5 року.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Домуші, Д. П., Яковенко, А. М., Осадчук, П. І., Ліпін, А. П., Житков, С. С., & Павлішин, П. М. (2020). РЕМОНТ ТРАКТОРІВ І АВТОМОБІЛІВ: навч. посібн.: у 2-х кн.–Кн. 1.

2. Іванов, Б. О., & Тітова, Л. Л. (2022). СТАН СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ПЕРЕРОБКИ НАСІННЯ ОЛІЙНИХ КУЛЬТУР, ЩО ЗАБЕЗПЕЧУЄ НАДІЙНІСТЬ ЙОГО ФУНКЦІОНУВАННЯ. *Збірник тез доповідей I Міжнародної науково-практичної конференції «HSEAgro–2022». 8-9 лютого 2022 року. МОН України, Національний університет біоресурсів і природокористування України, Науково-виробничий журнал «Промислова безпека», Державна служба України з питань праці. Київ. 2022. 186 с., 119.*

3. Труханська, О. О. (2020). Підвищення якості ремонту і технічного обслуговування сільськогосподарської техніки. *Техніка, енергетика, транспорт АПК.-Вінниця, 2018.-№ 3 (102)-С. 52-61.*

4. Кобець, А. С., Теслюк, Г. В., Пугач, А. М., Золотовська, О. В., Лепеть, Є. І., & Бойко, В. Б. (2025). Механізація, електрифікація та автоматизація сільськогосподарського виробництва.

5. Барабаш, Р. І. (2021). *Обґрунтування виробничої структури пунктів технічного обслуговування тракторів ХТЗ* (Doctoral dissertation, Львівський національний аграрний університет).

6. Грицаєнко, Г. І., & Грицаєнко, І. М. (2020). РОЗВИТОК АГРАРНОГО ТЕХНІЧНОГО СЕРВІСУ ТА РИНКУ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКОЇ ТЕХНІКИ УКРАЇНИ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор, 105.*

7. Устюянов, П. Д., Домуші, Д. П., Супрунюк, В. П., & Гуславський, А. В. (2022). ОСНОВНІ НАПРЯМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРАЦЕЗДАТНОГО СТАНУ ТЕХНІКИ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ

ПІДПРИЄМСТВ. науково-практичної конференції науково-педагогічних працівників та, 309.

8. Лесюк, В. С., & Калініченко, О. В. (2020). ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ МАШИННО-ТРАКТОРНОГО ПАРКУ АГРАРНИХ ПІДПРИЄМСТВ. *Редакційна колегія: ОГ Бондар, доктор юридичних наук, професор*, 274.

9. ПАТРАШКУ, О., & БРАЦЛАВЕЦЬ, Б. (2023). Підвищення ефективності функціонування машин та обладнання АПК за рахунок управління надійністю їх систем. *Herald of Khmelnytskyi National University. Technical sciences*, 323(4), 236-241.

10. Адамчук, В., Камінський, В., Булгаков, В., & Надикто, В. (2022). Теоретичне дослідження та розроблення нового показника інтенсивності впливу ходових систем машинно-тракторних агрегатів на ґрунт. *Вісник аграрної науки*, 100(4), 57-63.

11. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Троханяк, О., & Чорна, Т. (2023). Теоретичне дослідження стійкості руху асиметричного посівного машинно-тракторного агрегату. *Вісник аграрної науки*, 101(5), 57-64.

12. Товстенко, В. (2021). Удосконалення технічного обслуговування та ремонту машинно-тракторного парку в майстерні фермерського господарства «Славутич» Веселівського району Запорізької області: пояснювальна записка до дипломної роботи здобувача СВО Бакалавр.

13. Бабій, А. В., Вовк, І. В., & Бабій, В. А. (2024). Обґрунтування параметрів вала багатофункціонального ротаційного робочого органу. Підвищення надійності і ефективності машин, процесів і систем, 9.

14. Сіренко, Ю. В., & Сілюченко, В. М. (2022). ДОСЛІДЖЕННЯ КІНЕМАТИКИ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТІВ. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі: матеріали IV Міжнар. наук.-практ. Інтернет-конференції (Запоріжжя, 01-25 листопада 2022*

р.)/ТДАТУ: ред. кол., СВ Кюрчев, ВМ Кюрчев, ВТ Надикто, ОГ Скляр [та ін.]– Запоріжжя: ТДАТУ, 2022.–239 с. У збірнику представлені матеріали міжнародної науково-практичної, 56.

15. Rózewicz, M. (2022). Review of current knowledge on strip-till cultivation and possibilities of its popularization in Poland. *Polish Journal of Agronomy*, 49, 20-30. <https://doi.org/10.26114/pja.iung.488.2022.49.03>

16. Romanekas, K. (2022). Sustainable tillage and sowing technologies. *Agronomy*, 12(10), 2467. <https://doi.org/10.3390/agronomy12102467>

17. Yang, W., He, J., Lu, C., Lin, H., Yang, H., & Li, H. (2023). Current situation and future development direction of soil covering and compacting technology under precision seeding conditions in China. *Applied Sciences*, 13(11), 6586. <https://doi.org/10.3390/app13116586>

18. Адамчук, В., Булгаков, В., Надикто, В., Кюрчев, В., & Камінський, В. (2022). Дослідження впливу ширини захвату машинно-тракторного агрегату на його експлуатаційні показники. *Вісник аграрної науки*, 100(10), 29-36.

19. Dnes, V., Kudrynetskyi, R., & Skibchyk, V. (2020). Методичні засади визначення ефективності використання техніки під час обробітку ґрунту, внесення добрив і сівби ярих культур за енергетичним показником. *Bulletin of Lviv National Environmental University. Agroengineering Research*, (24), 77-82.

20. Бакляк, І. В. (2021). ПЛАНОВО-ЗАПОБІЖНА СИСТЕМА ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ МАШИН. *Технічне забезпечення інноваційних технологій в агропромисловому комплексі*, 465.

ДОДАТКИ

Додаток А