

ПОЛТАВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ АГРАРНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Факультет інженерно-технологічний
Кафедра технологій та засобів механізації аграрного виробництва

Пояснювальна записка

до *дипломної роботи* на здобуття ступеня вищої освіти «магістр»
на тему: «Підвищення ефективності використання і зниження техногенного
впливу на ґрунт мобільних енергетичних засобів»

Виконав: здобувач вищої освіти за
освітньо-професійною програмою
Технології і засоби механізації
сільськогосподарського виробництва
спеціальності 208 Агроінженерія
ступеня вищої освіти «*магістр*» групи 4
Дяченко Юрій Олександрович
Керівник: Шейченко В. О.
Рецензент: Ветохін В. І.

Полтава – 2021 року

ВСТУП

В останні роки для підвищення ефективності використання засобів механізації в агропромисловому комплексі, однією з основних складових яких є колісні мобільні енергетичні засоби (МЕЗ), все частіше застосовуються багатоопераційні комбіновані машини, що володіють високою продуктивністю.

Це дозволяє підвищити ефективність використання та знизити техногенний вплив на ґрунт за рахунок зниження числа проходів. У той же час використання сучасних сільськогосподарських машин передбачає застосування енергетичних засобів із високими тягово-зчіпними властивостями. Однак, володіючи рядом переваг, колісні енергетичні засоби мають недостатні тягово-зчіпні властивості, зокрема на ґрунтах з низькою несучою здатністю.

Крім цього комбіновані сільськогосподарські машини мають велику масу в порівнянні зі звичайними, що обмежує їх використання через недостатню поздовжню стійкість ряду колісних енергетичних засобів при технологічних розворотах і міжпольових переїздах. З метою усунення цих недоліків в реальних умовах експлуатації збільшують навантаження на передній керований міст за рахунок установки додаткових вантажів, що, в свою чергу, посилює техногенний вплив машинно-тракторного агрегату (МТА) на ґрунт.

Одним з перспективних способів поліпшення ефективності використання колісних мобільних енергетичних засобів на польових і транспортних роботах є підвищення їх тягово-зчіпних властивостей і зниження техногенного впливу на ґрунт за рахунок раціонального використання зчіпної ваги. У той же час залишається не в повному обсязі дослідженим питання виникнення залежностей і їх вивчення, при перерозподілі зчіпної ваги між мостами мобільного енергетичного засобу при русі в умовах перезволоженого верхнього шару ґрунту, наявності

твердого підстилаючого шару у вигляді мерзлоти і мінливій зчпній вазі, що припадає на керовані і ведучі колеса.

Метою роботи є підвищення ефективності використання і зниження техногенного впливу на ґрунт мобільних енергетичних засобів за рахунок раціонального використання зчпного ваги.

Об'єктом досліджень є: мобільні енергетичні засоби, що використовуються на виконанні польових і транспортних робіт.

Предметом дослідження є: вивчення закономірності впливу перерозподілу зчпної ваги в ходовій системі на ефективність використання сільськогосподарських агрегатів при виконанні механізованих робіт.

Загальна методика дослідження. Теоретичні дослідження щодо підвищення ефективності використання колісних мобільних енергетичних засобів в технології обробітку с.-г. культур проведено на основі використання методів теоретичної і прикладної механіки. У дослідженнях використано математичний апарат диференціального й інтегрального числення.

Практичну цінність становлять практичні результати досліджень. Отримані експериментальні залежності дозволяють скоротити витрати часу і матеріальних засобів при конструюванні, виготовленні, вдосконаленні та доопрацюванні колісних мобільних енергетичних засобів з пристроями, що коректують зчпну вагу.

РОЗДІЛ 1

СТАН ПИТАННЯ ТА ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз техногенного впливу на ґрунт мобільних енергетичних засобів

Використовувані в даний час технології обробітку сільськогосподарських культур включають в себе операції, які вимагають великого числа проходів по полю мобільних енергетичних засобів. Ходові системи даних мобільних енергетичних засобів (МЕЗ), впливаючи на ґрунт, переуцільнюють його і погіршують структуру, склад, пористість, об'ємну вагу [1, 2].

Питання зниження техногенного впливу на ґрунт в останні роки стає все більш актуальним. Це пов'язано з тим, що на полях з'являється все більше енергонасиченої, швидкісної, високопродуктивної техніки, яка має більшу вагу. Якщо розглядати дану проблему в цілому, то вона може бути представлена [3] наступним чином (рисунок 1.1).

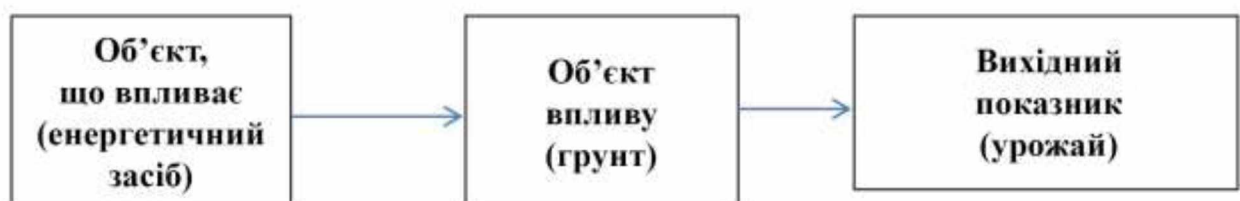


Рисунок 1.1 – Схема взаємодії рушій – ґрунт – рослина

Щільність ґрунту є основною характеристикою, яка впливає на водний, повітряний і тепловий режими ґрунту, а отже, умови для здійснення біологічної діяльності всіх видів рослин [4].

Величина щільності має великий вплив на врожайність сільськогосподарських культур. Для нормального розвитку більшості с.-г.

культур величина щільності знаходиться в наступних межах: для суглинних і глинистих ґрунтів $1,0-1,3 \text{ г/см}^3$, легко-суглинстих $1,1-1,4 \text{ г/см}^3$. Збільшення або зменшення щільності ґрунту від оптимального значення на $0,1-0,3 \text{ г/см}^3$ призводить до зниження врожайності сільськогосподарських культур до 40% [4]. У роботах [5] відзначається, що урожай на ділянках, ущільнених тракторами К-700, ДТ-75 і МТЗ-80 знизився в порівнянні з контрольним відповідно на 26%, 18%, 12,5%.

Одним з негативних факторів ущільнюючого впливу рушіїв МЕЗ на ґрунт є збільшення твердості ґрунту по сліду проходження рушіїв, що призводить до нерівномірності питомого опору ґрунту при подальшій його обробці, а отже, і до збільшення енерговитрат [5]. Тому зниження ущільнюючого впливу мобільних машин на ґрунт в даний час є актуальною і важливою науковою задачею.

Використання енергонасиченої техніки, яка має велику масу, посилює серйозність цієї проблеми [4, 5].

Щорічні втрати, викликані зниженням врожаю, за рахунок техногенного впливу ходових систем на ґрунт, можуть становити мільярди доларів [6]. Вчені багатьох країн займаються проблемою зменшення негативного впливу техніки на навколишнє середовище за рахунок створення нових ходових систем з мінімальним техногенним впливом на ґрунт. Поряд з цим, незважаючи на широкі дослідження в даній області, питання зниження ущільнення ґрунту вирішене ще не в повній мірі.

В роботі [7] відзначається, що при збільшенні щільності ґрунту на $0,07-0,12 \text{ г/см}^3$ дає зниження врожайності сої відповідно на 2,5-5,39 ц/га, при контрольній щільності ґрунту $1,08 \text{ г/см}^3$ [7]. В результаті проведених досліджень було отримано, що на ранньовесняних польових роботах при підвищеній вологості для запобігання руйнування структури, збільшення глибистості і утворення глибокої колії, ходову систему слід удосконалювати шляхом зниження тиску в шинах, постановкою додаткових коліс або застосуванням пневматичних розширювачів коліс.

В роботі [8] наведені дослідження зміни напружено-деформованого стану і щільності вязкопружного супісчаного ґрунту в залежності від кількості проходів і швидкості руху МЕЗ. Авторами розроблений і запропонований алгоритм визначення показників деформування і ущільнення ґрунту внаслідок його повзучості при зупинці енергетичного засобу. Дослідження, проведені з використанням комп'ютерних програм, отримані дані дозволяють, визначити ряд факторів, що впливають на вязкопружні властивості ґрунту і ступінь його ущільнення. Встановлено, що ущільнюючий вплив рушіїв на ґрунт знижується при наступних умовах:

- передні і задні колеса рухаються не по одній колії;
- енергетичний засіб укомплектовано шинами оптимальних типорозмірів;
- правильно підібрана швидкість руху МЕЗ;
- трактор робить зупинки лише на ущільненому ґрунті.

Зі збільшенням числа проходів по одній колії і часу впливу рушіїв на ґрунт після зупинки на неущільненому ґрунті щільність ґрунту досягає свого гранично можливого значення [7].

З метою зниження ущільнюючого впливу на ґрунт запропонована методика розрахунку і комп'ютерні програми для прогнозування ущільнюючого впливу на ґрунт колісних тракторів [7]. Запропоновані програми дозволяють провести оцінку ефективності заходів щодо зниження ущільнення. Авторами представлені розрахункові графіки, побудовані за результатами обчислювальних експериментів при взаємодії з ґрунтом задніх коліс трактора МТЗ-82. Встановлено, що при однакових умовах поведінки дослідів колесо з шиною 18R38 спричиняє на ґрунт менший ущільнюючий вплив, ніж з шиною 13R38. Запропонована методика дозволяє робити прогнозування ущільнюючого впливу на ґрунт МЕЗ з метою оцінки ефективності заходів щодо його зниження [7].

Відомо, що в гранично напружено-деформованому стані ґрунт деформується зрушенням, коли кут відхилення результуючого напруги від

нормалі до площі ковзання більше кута внутрішнього тертя, якщо ця умова не виконується, відбувається відрив ґрунтової цегли. В роботі [8] розглядається питання знаходження такого співвідношення дотичних і нормальних напруг, при якому максимальний кут відхилення буде дорівнює куту внутрішнього тертя. При цьому умови витрати на обробку ґрунту будуть мінімальними.

Дослідження фізико-механічних властивостей ґрунту на поворотній смузі в даний час є актуальною проблемою. Це обумовлюється тим, що ця ділянка поля піддається найбільшому впливу з боку ходових систем тракторів, с.-г. машин, збиральної та іншої техніки. В роботі [8] приведені результати дії ходових систем тракторів на щільність і твердість ґрунту для різних способів руху на поворотній смузі в залежності від застосовуваної технології.

Зниження техногенного впливу на ґрунт енергетичних засобів може бути досягнуто комплексним підходом і пошуком оптимальних варіантів поєднання чинників за наступними напрямками [4,6,8]:

- зниження кратності впливу до мінімуму;
- використання комбінованих сільськогосподарських агрегатів;
- конструювання і виробництво нових машин і їх рушіїв;
- модернізація ходових частин існуючих систем.

Збільшення щільності ґрунту після проходження по ній мобільних енергетичних засобів негативно позначається на врожайності сільськогосподарських культур. Збільшення щільності на $0,1 \text{ г/см}^3$ призводить до зниження врожайності ячменю на 122 кг/га, а озимої пшениці на 62-82 кг/га [3].

Дослідження, представлені в роботах [3], дозволяють зробити висновок, що проходи на холостому ході трактора МТЗ-80, оснащеного системою автоматичного регулювання тиску повітря в шинах, дає можливість знизити глибину колії на 12-30% в порівнянні з аналогічними показниками серійного трактора. При цьому величина щільності ґрунту

практично не змінилася. У той же час необхідно враховувати, що надмірно низький тиск в шині негативно відбивається на експлуатаційних властивостях трактора за рахунок збільшення сили опору перекочування.

Вплив рушіїв машин на ґрунт призводить до зміни його структури, твердості, пористості, водо- і повітропроникності, волого- і повітряною ємкістю впливають на щільність ґрунту. Щільність ґрунту при 10 і більше проходах досягає 1,65-1,70 г/см³. Зазначено, що найбільш важливим показником є щільність ґрунту (коефіцієнт ущільнення) в сухому стані. Для використання цього показника автор пропонує агробіологічну інтерпретацію з використанням шкали характеристик рослинних властивостей ущільненого рушіями машини ґрунту до глибини 0,35 м.

Чим вище нормальний тиск на ґрунт, тим сильніше руйнуються агротехнічні цінні ґрунтові агрегати розміром 1-10 мм, а вміст дрібних агрегатів розміром менше 0,5 мм зростає зі збільшенням тиску, відповідно після проходу гусениці на 8,5%, колеса трактора на 15,5%. Твердість ґрунту в слідах проходу шин в шарі 2 см зростає в 5,5 рази, на глибині 5 см-в 2,5 рази [8].

Встановлення кількості втрат врожаю і їх основних причин при ущільненні рушіями машинно-тракторних агрегатів знайшло відображення в роботі [9]. Відзначається, що механічна дія на ґрунт ходових систем тракторів веде до зміни його щільності, пористості, структурного складу, що в кінцевому результаті впливає на врожай. Зміна цих показників в зоні дії ходових систем спостерігається як по сліду рушія, так і поза слідів.

Кратність впливу рушіїв ходових систем на ґрунт є одним з істотних факторів, що впливають на його ущільнення. Конструктивним рішенням зменшення кількості проходів по одному сліду при роботі трактора є установка коліс передніх і задніх осей на різну колію. Аналіз результатів, отриманих в результаті дослідження трактора К-701, підтверджують ефективність даного рішення. Приріст щільності ґрунту після проходу трактора з різною шириною колії передніх і задніх коліс знижується, в

порівнянні з серійною ходовою системою, на 35 - 38%, що практично рівноцінно впливу здвоєних коліс [8]. Крім цього, ходова система трактора з такою компоновкою має найменший техногенний вплив на структуру ґрунту. Втрати врожаю в слідах рушіїв в порівнянні з серійним компонуванням ходової системи зменшуються на 12-15% [8].

Зі збільшенням числа проходів трактора К-701 ґрунт ущільнюється по глибині в 2,5-3 рази більше, ніж орний шар [9].

Дослідження, проведені з тракторами К-700 і Т-150К показали, що ущільнення ґрунту рушіями цих тракторів зростає в середньому 0,15-0,20 г/см³ у порівнянні з контрольною ділянкою [10].

Більшість колісних тракторів не зможуть виконувати сільськогосподарські роботи при високій вологості ґрунту по встановленим нормативним значенням максимального тиску на ґрунт.

З вище проведеного аналізу можна зробити висновок, що між енергетичним засобом, природно-кліматичними умовами, ґрунтом і рослиною існує наступний взаємозв'язок на рисунку 1.2.



Рисунок 1.2 – Схема взаємодії енергетичного засобу – природно-кліматичних умов – ґрунту – рослини – урожай

M_{E3} – маса енергетичного засобу, т; q – питомий тиск на ґрунт, МПа; $ДВ$ – тип рушія; h – глибина колії, м; H_p – твердість ґрунту, МПа; ρ – щільність ґрунту, г/см³; k – коефіцієнт структурності; t – температура; M – кількість опадів, мм; A – тип ґрунту; IT – використовувана технологія; $ОГС$ – оптимальні агротехнічні терміни; KP – якість робіт; $ПРУ$ – природні умови; $ЛУ$ – виробничі умови; $АГТ$ – агротехнічні вимоги.

В результаті взаємозв'язку вищенаведених факторів відбувається техногенний вплив на ґрунт, що веде до зниження врожайності с.-г. культур. Тому питання зниження техногенного впливу на ґрунт МТА в даний час є актуальним. Для колісних тракторів, при вирішенні даної проблеми, найбільш доцільне застосування пристрою для коригування зчіпної ваги, що дозволяє короткочасно збільшувати зчіпну вагу, яка припадає на рушії.

1.2. Способи підвищення тягово-зчіпних властивостей

У сільському господарстві колісні трактори, як правило, працюють в змішаних ґрунтово-кліматичних умовах. Тому трактори повинні володіти високою прохідністю і бути пристосованими для роботи в умовах бездоріжжя з максимальним використанням тягово-зчіпних властивостей. Можливість роботи МТА в різних умовах характеризується одним з її експлуатаційно-технічних властивостей – прохідністю. Прокідність визначає можливість використання енергетичних засобів в умовах експлуатації на ґрунтах з низькою несучою здатністю при наявності твердого підстилаючого шару у вигляді мерзлоти.

Основна причина недостатності тягово-зчіпних властивостей енергетичного засобу це недостатнє зчеплення коліс з ґрунтом.

Внаслідок цього виникає буксування ведучих коліс, яке призводить, як правило, до зниження сил зчеплення між частинками ґрунту і зриву його верхніх несучих шарів з одночасним залипанням малюнка протектора колеса. Буксування ведучих коліс різко відбивається на тягово-зчіпних властивостях.

Для роботи тракторів в умовах бездоріжжя і тимчасового погіршення ґрунтово-кліматичних умов необхідно зберегти показники прохідності і тягово-зчіпних властивостей, отримані в звичайних умовах.

Відомо, що колісні енергетичні засоби після проходження по полю сильно ущільнюють ґрунт, залишаючи після себе глибоку колію. На ущільненому колесами ґрунті значно пізніше з'являються сходи, а розвиток рослин відбувається значно гірше. Крім того, колісні енергетичні засоби входять в роботу трохи пізніше гусеничних через недостатні тягово-зчіпні властивості. Тому для розширення сфери та термінів використання колісних енергетичних засобів, необхідно підвищувати їх тягово-зчіпні властивості. Методи підвищення тягово-зчіпних властивостей колісних МЕЗ можна умовно розбити на три групи: збільшення зчіпної ваги, підвищення коефіцієнта зчеплення, зниження нормального тиску на ґрунт показані на рисунку 1.3.

Збільшення зчіпної ваги може бути досягнуто за рахунок застосування баласту, застосуванням гідрозбільшувачів зчіпної ваги, збільшенням числа ведучих коліс, блокуванням диференціалу, застосуванням причіпного ведучого моста, перерозподілу зчіпної ваги між мостами енергетичного засобу.

При роботі МЕЗ на пневматичних шинах у важких умовах знаходить застосування такої спосіб збільшення зчіпної ваги, як баластування. Це дає можливість підвищення тягово-зчіпні властивості тракторів. Як баласт найчастіше використовують воду, металеві вантажі, або незамерзаючий розчин, що заливається в шини, що дає можливість збільшити тягове зусилля трактора на 15-20% [11], за рахунок підвищення зчіпної ваги.

У той же час застосування даного способу тягне за собою збільшення загальної ваги енергетичного засобу, що підвищує і без того високий нормальний тиск рушіїв на ґрунт, що сприяє продавлюванню верхнього шару ґрунту до мерзлоти і втрати прохідності на весняних польових роботах, а також збільшення опору руху енергетичного засобу.



Рисунок 1.3 – Методи підвищення тягово-зчіпних властивостей колісних мобільних енергетичних засобів

Розглянемо шляхи підвищення тягово-зчіпних властивостей колісних енергетичних засобів, за рахунок збільшення зчіпної ваги.

Питанню використання баласту з метою підвищення тягово-зчіпних властивостей трактора присвячені дослідження, представлені в роботі [12]. Автори пропонують методику комп'ютерного тягового розрахунку трактора тягово-енергетичної концепції та побудови тягової характеристики в порівнянні з типовим варіантом.

У дослідженнях [13] встановлено, що зі збільшенням маси баласту поліпшуються тягово-зчіпні властивості трактора, за рахунок збільшення зчіпної ваги. Автори відзначають, що збільшення маси доцільно проводити в разі, коли сила тяги на гаку близька до оптимальної. В іншому випадку відбувається переущільнення ґрунту.

Диференціація зчіпної ваги МЕЗ, за рахунок зняття або постановки додаткових вантажів в залежності від енергоємності виконуваних операцій знайшло відображення в дослідженнях [14]. Наведено результати експериментальних досліджень зміни енергетичних показників тракторів в залежності від зміни зчіпної ваги в технології обробітку с.-г. культур. Отримано, що зміна зчіпної ваги дозволяє скоротити витрати потужності на перекочування, а також підвищити тяговий ККД тракторів.

Застосування баласту раціонально на ґрунтах нормальної вологості, в умовах підвищеної вологості даний спосіб не прийнятний через вище викладені причини.

З метою підвищення тягово-зчіпних властивостей колісних МЕЗ мають привід тільки на задні колеса, використовуються різної конструкції, так звані довантажувачі коліс. Зчіпна вага, яка припадає на задні ведучі колеса, при цьому збільшується як за рахунок ваги навісних знарядь, так і від перерозподілу ваги самого трактора з передніх, які не ведуть коліс на задні ведучі. На підставі проведених досліджень [12] автор пропонує загальне збільшення навантаження на трактор визначати наступним чином:

- причіпне с.-г. знаряддя:

$$\Delta G_{\text{тр}} = P_{\text{кр}} \cdot \text{tg}\gamma, \quad (1.1)$$

де P_{KP} – тягове зусилля на гаку, Н;

γ – кут між горизонталлю і лінією сили тяги.

- навісне с.-г. знаряддя з силовим регулюванням:

$$\Delta G_{\text{тр}} = G_{\text{ор}} + P_{\text{кр}} \cdot \text{tg} \gamma, \quad (1.2)$$

$G_{\text{ор}}$ – вага с.-г. знаряддя, Н.

- навісне с.-г. знаряддя з висотним регулюванням:

$$\Delta G_{\text{тр}} = G_{\text{ор}} + P_{\text{кр}} \cdot \text{tg} \gamma - Y_o, \quad (1.3)$$

Y_o – вертикальна реакція на опорне колесо навісного знаряддя, Н

У загальному випадку збільшення навантаження на ведучі колеса від ваги трактора склало 24-46%, при цьому розвантаження передніх коліс склало 9-22% [11].

Збільшення числа ведучих коліс з компонуванням 4К4 дає можливість реалізувати практично всю вагу трактора, в той час як при компонувальній схемі 4К2 для цієї мети може бути використана тільки частина ваги. При використанні тракторів з колісним компонуванням 4К4, значно знижується крутний момент, який реалізується через задні колеса, що в свою чергу знижує буксування. Максимальна реалізація тягово-зчіпних властивостей трактора досягається при десятивідсотковому буксуванні, так як при буксуванні понад 10% відбувається зріз ґрунту [15].

Тягова динаміка тракторів з компонуванням 4К4 багато в чому залежить від того, як здійснюється привід до ведучих осей. Застосовуються два основних типи приводів блокування і диференційний.

У тракторів з блокованим приводом істотним недоліком є наявність кінематичної невідповідності і паразитної потужності, що є принциповим недоліком диференціального приводу [16]. Автоматичний блокувальний диференціал ведучих коліс, що забезпечує блокування півосей при однакових

швидкостях ведучих коліс, дає найбільш кращий результат. Крім того, автоматичне відключення забігаючого колеса при повороті трактора і передачі всього підведеного до мосту крутного моменту на відстаюче колесо, забезпечує високу прохідність трактора в важких умовах експлуатації [17].

Використання причіпного ведучого моста дозволяє збільшити максимальну тягову потужність і зменшити буксування ведучих коліс. З іншого боку, причіпний ведучий міст необхідно навантажувати, що значно впливає на ущільнення ґрунту, при підвищеній вологості відбувається велике колієутворення внаслідок руху трьох коліс по одному сліду.

Одним із шляхів підвищення тягово-зчіпних властивостей, збільшення продуктивності і зниження витрати палива є динамічна зміна центру тиску. Збільшення продуктивності становить 5 -14%. Правильний розподіл зчіпної ваги багато в чому впливає на поперечну і поздовжню стійкість енергетичного засобу [11,17,18].

Збільшення зчіпної ваги за рахунок її перерозподілу з передньої осі трактора на задній ведучий міст може бути досягнуто, за рахунок використання фронтальної навіски, постановка якої дозволяє знизити величину буксування на 17,75%, зменшити витрату палива і знизити енерговитрати з 533,35 до 322, 52 МДж/га.

При роботі транспортно-тракторного агрегату (ТТА), особливо на повороті колісні МЕЗ не завжди можуть реалізувати свої тягово-зчіпні властивості. Для усунення цього недоліку [17] пропонується перерозподіляти зчіпну вагу на повороті між колесами трактора і причепом.

Підвищення тягово-зчіпних властивостей трактора за рахунок автоматичного довантажувача ведучих коліс енергетичного засобу включається в роботу в період виникнення пікових навантажень дозволяє підвищити ефективність використання трактора за рахунок зниження величини буксування і зниження витрати палива.

Підвищити ефективність роботи енергетичного засобу, за рахунок збільшення продуктивності можна досягти при використанні

автоматизованого механічного довантажувача зчїпної ваги колісних тракторів класу 1,4.

Напівгусеничний хїд дозволяє значно підвищити тягові властивості трактора при роботі у важких ґрунтових умовах. Його недолїком є підвищений опір повороту, а також знижений ресурс роботи, в порівнянні зі звичайною ходовою системою. Підвищення тягово-зчїпних властивостей колісного трактора класу 1,4 досягнуто, за рахунок постановки трикутного гусеничного рушія [19]. Дослідження показали, що постановка на трактор трикутного гусеничного рушія покращує тягово-зчїпні властивості, підвищує продуктивність і знижує техногенний вплив на ґрунт. Отримано теоретичні залежності по визначенню сили опору руху і дотичної сили тяги.

Для підвищення тягово-зчїпних властивостей колісного енергетичного засобу в процесі виконання енергоємних технологічних операцій [12] пропонується використовувати трикутні навісні самовитягуючі гусеничні рушії взаємозамінні з ведучими колесами. Це дозволяє збільшити номінальне тягове зусилля трактора МТЗ 80/82 на 57,5%.

Підвищити продуктивність с.-г. тракторів можливо за рахунок поліпшення реалізації тягово-зчїпних властивостей тракторів, за рахунок використання рушіїв з трикутним гусеничним обводом. Це забезпечить наступні переваги:

- висока прохідність (в тому числі агротехнічна);
- низький тиск на ґрунт;
- високоефективна агрегатованість з машинами і знаряддями;
- висока статична і динамічна стійкість трактора при навішуванні сільгоспмашин і знарядь;
- високі тягово-зчїпні властивості при роботі в різних умовах;
- висока маневреність і керованість.

У той же час автори відзначають, що володіючи рядом переваг питання компонування і застосування нових вузлів в трансмісії енергетичного засобу вивчені недостатньо.

Одним із способів підвищення ефективності використання ТГА є коригування вертикальних навантажень на колеса [19]. Було виявлено, що за рахунок збільшення зчіпної ваги шляхом правильної корекції вертикальних навантажень досягнуто зниження величини буксування на 6% при збільшенні зчіпної ваги до 20%. При цьому вантажопідйомність причепа збільшилася на 38%, а продуктивність на 6%.

Висновки і завдання досліджень

Проведений огляд теоретичних і експериментальних досліджень дає можливість зробити наступні висновки:

1. Підвищення тягово-зчіпних властивостей і зниження нормального тиску на ґрунт є актуальною проблемою.

2. Встановлено, що рушії енергетичних засобів роблять значний техногенний вплив на ґрунт. По сліду від рушіїв підвищується щільність і твердість ґрунту, що негативно позначається на зростанні рослин.

3. Підвищення тягово-зчіпних властивостей колісних тракторів на ґрунтах з низькою несучою здатністю можливо за рахунок збільшення зчіпної ваги.

У зв'язку з чим, була позначена мета і сформульовані завдання досліджень:

- дослідити особливості природно-кліматичних і виробничих умов і їх вплив на ефективність використання МЕЗ на польових і транспортних роботах;

- теоретично обґрунтувати та перевірити вплив перерозподілу зчіпної ваги на тягово-зчіпні властивості МЕЗ;

- дослідити техногенний вплив ходової частини МЕЗ на ґрунт;

- дати економічну та паливно-енергетичну оцінку досліджень.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА І ОСНОВНІ МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

2.1. Загальна методика проведення досліджень

Різноманітний парк МЕЗ дозволяє вносити своєчасні зміни в процес виробництва зернових культур і сої, а так само вдосконалювати технологію вирощування сільськогосподарських культур на основі підвищення їх тягово-зчіпних властивостей. Для найбільш точної оцінки ефективності необхідно для випробувань вибирати не тільки різні марки МЕЗ, а й однотипні по ходовій системі.

Об'єктами МЕЗ для дослідження було обрано такі трактори:

1. МТЗ-80 серійний;
2. МТЗ-80 з додатково встановленими пружинно-розвантажувальним механізмом (ПРМ) (рисунок 2.1).



Рисунок 2.1 – Трактор МТЗ-80 з встановленим ПЗМ

Як об'єкт дослідження обрано технологічний процес роботи колісних тракторів при обробітку сільськогосподарських культур. Дослідження проводилися на основних сільськогосподарських операціях.

Об'єктами даного технологічного процесу взяті МЕЗ (трактори класу 1,4 з колісною формулою 4К2), що використовуються на вирощуванні зернових культур і сої.

Для порівняння використовувався трактор з встановленим ППМ, який містить тягово-довантажувальний пристрій, що складається з силового гідроциліндра і притискного розвантажувального механізму, виконаного з трьох плоских пружин ресорного типу взаємно з'єднаних через вушка, реактивну тягу, кронштейн з шарніром, встановлений на рамі трактора. При цьому дві пружини встановлені з верхньої та нижньої частини переднього керованого моста, їх прилеглі закінчення об'єднані через вушка реактивною тягою з гумовими втулками. Пристрій також включає в себе гідророзподільник трактора і гідрошланг.

Пристрій працює наступним чином: при пересуванні колісного трактора по ґрунтах з низькою несучою здатністю, проведенні господарських робіт і необхідності перерозподілу частини власного навантаження трактора з його заднього ведучого моста на передній керований міст оператором трактора включається гідророзподільник і подається гідрорідина в силовий гідроциліндр, шток якого при висуненні через вилочний направляч натискає на верхню плоску пружину, повертаючи притискний-розвантажувальний механізм на шарнірі і передаючи частину власного навантаження трактора з його заднього ведучого моста на передній керований міст.

При необхідності перерозподілу частини власного навантаження трактора з його переднього керованого моста на задній ведучий міст оператором трактора також включається гідророзподільник і подається гідрорідина на силовий гідроциліндр, робочий шток якого при втягуванні через вилочний направляча повертає ПРМ на шарнірі, збільшуючи навантаження на нижній плоскій пружині і, піднімаючи передній керований

міст трактора, передає частину власної навантаження трактора через ПРМ на його задній ведучий міст.

2.2. Засоби вимірювання при проведенні польових випробувань

Для визначення впливу перерозподілу зчіпної ваги між мостами трактора на тягово-зчіпні властивості в реальних умовах експлуатації, були проведені порівняльні тягові випробування. При цьому замірялися наступні параметри:

- частота обертання ведучих коліс трактора (рисунок 2.2);
- тягове зусилля (рисунок 2.3);
- час досліду;
- пройдений шлях;
- вага, що припадає на колеса трактора.

Вимірювання вищезгаданих параметрів проводилося з використанням тензометричної апаратури.



Рисунок 2.2 – Вимірювання частоти обертання ведучих коліс трактора



Рисунок 2.3 – Вимірювання тягового зусилля

Вимірювання частоти обертання ведучого колеса трактора було здійснено на підставі відомих методик, теоретична швидкість при цьому визначалася за формулою:

$$V_T = \frac{2\pi \cdot r_k \cdot n_k}{t}, \quad (2.1)$$

де t – час дослід, с;

r_k – динамічний радіус кочення ведучого колеса, м;

n_k – частота обертання ведучого колеса трактора.

Визначення динамічного радіуса кочення ведучого колеса здійснювалося наступним чином: трактор пересувався по горизонтальній ділянці поля в сталому режимі холостого ходу. При цьому приймалося два припущення:

- буксування ведучих коліс відсутнє (відсутність тягового навантаження);

- радіус кочення ведучих коліс при різних гачкових навантаженнях залишається постійним.

Динамічний радіус кочення ведучих коліс при цьому визначався за формулою [21]:

$$r_k = \frac{L}{2\pi \cdot n_{xx}}, \quad (2.2)$$

де L – пройдений шлях за дослід, м;

n_{xx} – кількість обертів ведучих коліс трактора при холостому ході на довжині мірного гону.

Пройдений шлях визначався за допомогою датчика встановленого на ведене колесо трактора.

На маточині колеса було змонтовано пристрій, що дозволяє за кожен оборот колеса вісім разів розмикати електричний ланцюг, що фіксувалося реєструючим пристроєм

Пройдений шлях за досвід визначався за формулою:

$$L = 2\pi \cdot r'_k \cdot n, \quad (2.3)$$

де n – число обертів колієвимірювального колеса;

r'_k – радіус кочення колієвимірювального колеса, м.

Кількість обертів ведучого колеса визначалося за формулою:

$$n = N_I / 8, \quad (2.4)$$

де N_I – кількість імпульсів за лічильником.

Робоча швидкість знаходилась за формулою [21]:

$$V_P = \frac{L}{t}. \quad (2.5)$$

Буксування ведучих коліс трактора визначалася за формулою [21]:

$$\sigma = \frac{V_T - V_P}{V_T}. \quad (2.6)$$

2.3. Визначення основних фізико-механічних властивостей ґрунту

З фізичних властивостей на механічну міцність ґрунту найбільший вплив робить його стан (вологість, твердість і щільність), тому при тягових випробуваннях тракторів обмежуються визначенням тільки цих трьох показників.

Показником ефективності застосування нової техніки є підвищення продуктивності праці. Для визначення ефективності використання трактора з ПРМ, були проведені порівняльні господарські випробування в природних умовах експлуатації. Випробування проводилися методом хронометражних спостережень, при цьому основними експлуатаційно-технологічними показниками є:

- продуктивність за 1 год. експлуатаційного або змінного часу;
- якість виконання робочої операції;
- питома витрата палива;
- кількість обслуговуючого персоналу.

Продуктивність за 1 год. експлуатаційного і змінного часу визначають за формулами [22]:

$$W_{\text{ЭК}} = W_0 \cdot K_{\text{ЭК}}, \quad (2.7)$$

$$W_{\text{СМ}} = W_0 \cdot K_{\text{СМ}}, \quad (2.8)$$

де $W_{\text{эк}}, W_{\text{см}}, W_0$ – продуктивність за 1 год. часу відповідно експлуатаційного, змінного, основного в гектарах;

$K_{\text{эк}}, K_{\text{см}}$ – коефіцієнти використання експлуатаційного і змінного часу.

Продуктивність за 1 годину основного часу визначають за формулою:

$$W_0 = \frac{F_m}{T_0}, \quad (2.9)$$

де F_m – напрацювання агрегату в гектарах. Продуктивність за 1 год. технологічного часу $W_{\text{тех}}$ визначають за формулою [22]:

$$W_{\text{тех}} = W_0 \cdot K_{\text{тех}}, \quad (2.10)$$

де $K_{\text{тех}}$ – коефіцієнт використання технологічного часу.

Висновки

У відповідності з поставленими завданнями при проведенні експериментальних досліджень були використані існуючі та розроблено окремі методики по визначенню основних конструктивних і технологічних параметрів мобільного енергетичного колісного засобу з пружинно-розвантажувальним механізмом.

РОЗДІЛ 3

РЕЗУЛЬТАТИ ТЕОРЕТИЧНИХ І ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

3.1. Теоретичні дослідження щодо підвищення тягово-зчіпних властивостей мобільних енергетичних засобів

В останні роки на полях України знайшли широке застосування в технології вирощування сільськогосподарських культур потужні колісні енергетичні засоби. У той же час великий відсоток колісних тракторів доводиться на тяговий клас 1,4. Для підвищення ефективності роботи колісних МЕЗ одним з параметрів, що впливає на неї, є кількість відпрацьованих днів і напрацювання. Володіючи великим енергетичним потенціалом, дані МЕЗ мають один суттєвий недолік – низькі тягово-зчіпні властивості.

Тому представляє великий теоретичний і практичний інтерес нормальна експлуатація МЕЗ, що використовуються в господарствах в ці періоди не в повному обсязі. Особливий інтерес для невеликих і середніх господарств представляють колісні МЕЗ в тяговому діапазоні до 3 класу тяги. Основним їх недоліком, особливо МЕЗ з колісною формулою 4К2, є недостатні тягово-зчіпні властивості в перерахованих вище умовах.

Для повного використання потужних показників енергетичного засобу повинна виконуватися така умова:

$$P_{кр} > P_c, \quad (3.1)$$

де $P_{кр}$ – дотична сила тяги, що розвивається енергетичним засобом, Н;
 P_c – загальна сила опору руху, Н.

У загальному випадку дотична сила тяги МЕЗ визначається по вираженню [23]:

$$P_{кр} = \varphi \cdot G_{сц} \quad (3.2)$$

де φ – коефіцієнт застосування зчіпної ваги;

$G_{сц}$ – зчіпна вага енергетичного засобу, Н.

Для підвищення тягово-зчіпних властивостей пропонується використовувати пристрій, що дозволяє автоматично перерозподіляти зчіпну вагу між мостами енергетичного засобу тим самим регулюючи тягово-зчіпні властивості і керованість. На даний пристрій отримано патент на корисну модель [11].

В даний час для підвищення ефективності використання машинно-тракторних агрегатів (МТА) використовуються багатofункціональні с.-г. машини, що дозволяють підвищити продуктивність МТА за рахунок поєднання кількох операцій [22]. Поряд з цим, агрегування з даного типу тягне за собою збільшення маси самої машини. У той же час технологією обробітку с.-г. культур передбачений підйом с.-г. машин для виконання поворотів і розворотів. Часто це спричиняє за собою зменшення ваги, що припадає на передній керований міст енергетичного засобу, що різко знижує керованість МТА і стає основним стримуючим фактором використання таких с.-г. машин. Вирішити дану проблему можна, якщо використовувати спеціальний додатковий пристрій для перерозподілу зчіпної ваги між мостами трактора. Теоретичні дослідження показали, що використання ПРМ пристрою в системі колісного трактора може перерозподіляти зчіпну вагу [14].

Взаємодіючі внутрішні сили, що викликаються переміщенням штока гідроциліндра пропонованого пристрою, згідно з третім законом Ньютона, рівні за величиною і спрямовані вздовж однієї лінії в протилежні сторони. Отже, еквівалентна їхнім дія дорівнює нулю і їх можна відкинути і не

враховувати. Але ці зусилля викликають навантаження, що впливають на остов трактора і на ведучий міст, які переміщуються під дією цих сил. На підставі теореми динаміки про зміну кількості руху маємо:

$$M_{\text{ост}} \cdot V_{\text{ост}} = M_{\text{вн}} \cdot V_{\text{вм}}, \quad (3.3)$$

де $M_{\text{ост}}$, $M_{\text{вм}}$ – відповідно маса остову, яка припадає на ведучий міст і маса ведучого моста, кг;

$V_{\text{ост}}$, $V_{\text{вм}}$ – швидкості остова і ведучого моста відповідно, м/с.

З рівняння (3.3) випливає:

$$V_{\text{вм}} = \frac{M_{\text{ост}} \cdot V_{\text{ост}}}{M_{\text{вн}}}. \quad (3.4)$$

Переміщення ведучого моста відбувається з прискоренням, яке і визначає величину додаткового навантаження на міст як:

$$M_{\text{вн}} a_{\text{вн}} = \sum F_{\text{Д}}. \quad (3.5)$$

Основа передачі додаткового навантаження на міст підтверджується і відомою теоремою динаміки про зміну кінематичної енергії системи [15]:

$$T - T_0 = \sum A_{\text{к}}^{\text{е}} + A_{\text{к}}^{\prime}, \quad (3.5)$$

де T_0 , T – початкова і кінцева кінетична енергія системи, МДж;

$\sum A_{\text{к}}^{\text{е}}$, $A_{\text{к}}^{\prime}$ – сума робіт зовнішніх і внутрішніх сил відповідно, МДж.

Зазвичай роботою внутрішніх сил для незмінних систем нехтують, але в даному випадку для пропонованого пристрою роботу внутрішньої сили слід враховувати. Зокрема для розглянутого пристрою внутрішня сила взаємодії

ведучого моста і ПРМ є зовнішньою. Поряд з підвищенням тягово-зчіпних властивостей, даний пристрій дозволяє підвищити поздовжню стійкість і збільшити зчіпну вагу МЕЗ. Коригуванням зчіпної ваги можна змінити і дотичну силу тяги енергетичного засобу. Поставлена задача досягається тим, що частина ваги, що припадає на передні керовані колеса, можливо, перерозподілити на задні ведучі колеса. Таким чином, можна автоматично змінювати зчіпну вагу трактора. Для збереження керованості енергетичного засобу вага, що припадає на передній міст повинна бути не менше 20% від загальної ваги трактора. При більш високому розвантаженні переднього моста енергетичний засіб втрачає керованість, особливо при недостатніх зчіпних властивостях, що знижує безпеку експлуатації. У загальному випадку вагу трактора можна представити таким чином:

$$G_{\text{тр}} = G_{\text{сц}} + G_{\text{упр}}, \quad (3.7)$$

де $G_{\text{упр}}$ - вага, що припадає на не ведучі керовані колеса, Н.

Тоді з рівняння (3.7) зчіпний вагу серійного енергетичного кошти можна представити таким чином:

$$G_{\text{сц}}^{\text{с}} = G_{\text{тр}} - G_{\text{упр}}, \quad (3.8)$$

де $G_{\text{сц}}$ – зчіпна вага серійного енергетичного засобу, Н.

При використанні пристрою для перерозподілу зчіпної ваги з урахуванням фактора керованості вираз (3.8) буде мати вигляд:

$$G_{\text{сц}}^{\text{м}} = G_{\text{тр}} - 0,20G_{\text{упр}}, \quad (3.9)$$

де $G_{\text{сц}}$ – зчіпна вага серійного енергетичного засобу з пристроєм, Н.

Порівнюючи вирази (3.8) і (3.9) можна відзначити, що зчіпна вага з використанням пропонованого пристрою більша в порівнянні з серійним варіантом. Це дозволяє підвищити тягово-зчіпні властивості, продуктивність енергетичного засобу і тим самим виконати більший обсяг робіт за один і той же проміжок часу.

Розглянемо роботу ПРМ для підвищення поздовжньої стійкості. Припустимо, що ПРМ невагомий, (так як маса ПРМ є нескінченно малою величиною в порівнянні з масою трактора). Для вибору раціональних геометричних параметрів ПРМ розглянемо відносну рівновагу цього механізму в робочому положенні при висунутому штоку гідроциліндра на певну величину. Покажемо діючі сили і реакції зв'язку ПРМ:

- в точці А – шарнірно нерухома реакція.
- в точці В – тиск гідроциліндра (шток висувається).
- ресора ВС тисне на передній міст, виникає реакція поверхні.

ПРМ конструктивно можна розглянути в трьох положеннях щодо прямих АВ і АС:

- нейтральне положення;
- зміщення точок В і С проти годинникової стрілки;
- зміщення точок В і С за годинниковою стрілкою.

Розглянемо рівновагу ПРМ при висуванні штока на рисунку 3.1.

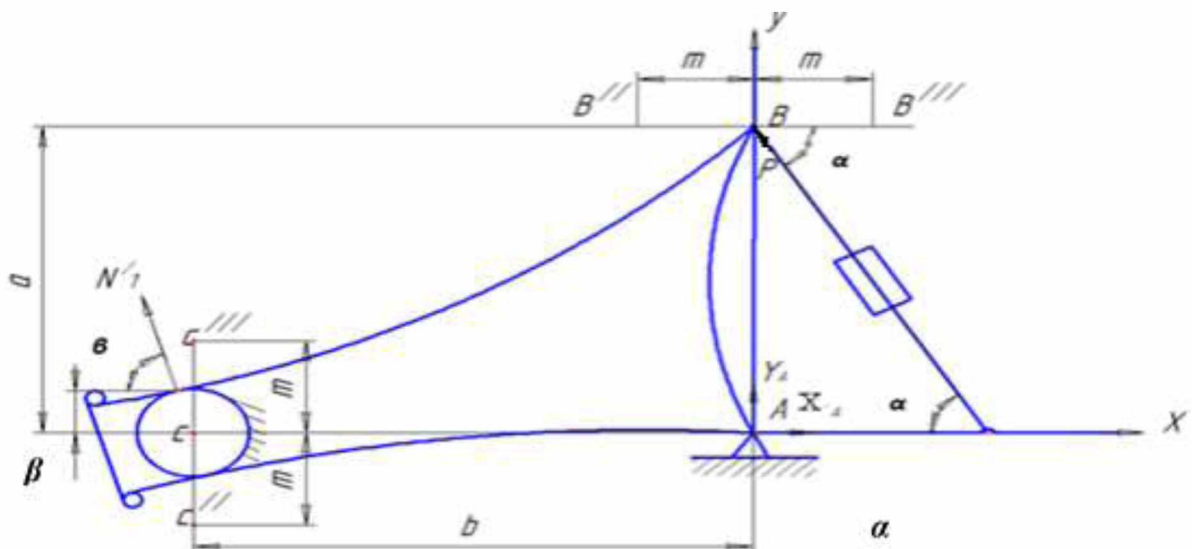


Рисунок 3.1 – Схема ПРМ при висуванні штока гідроциліндра

де α – кут нахилу гідроциліндра до точки прикріплення; m – переміщення точки кріплення гідроциліндра, м; $N_1^I, N_1^{II}, N_1^{III}$ – реакція поверхні, Н; b – відстань від точки кріплення гідроциліндра до реакції поверхні N , м; A – шарнірно нерухома опора; B – точка кріплення робочої частини штока гідроциліндра до передавального важелю; AC, BC – плоскі пружини; a – відстань від шарнірно-нерухомої опори (A) до точки кріплення гідроциліндра, м; h – відстань від точки C до точки прикладання реакції поверхні, м.

Складаємо рівняння моментів сил діючих на ПРМ відносно точки A :

$$\sum M_A(F_k) = 0. \quad (3.10)$$

$$P \cdot a \cos \alpha - N_1^I b \sin \beta - N_1^I h \cos \beta = 0. \quad (3.11)$$

Знаходимо реакцію поверхні:

$$N_1^I = \frac{P \cdot a \cos \alpha}{b \sin \beta + h \cos \beta}. \quad (3.12)$$

Залежність реакції поверхні N_1^I від відстані a і кута нахилу гідроциліндра α представлена на рисунках 3.2. і 3.3.

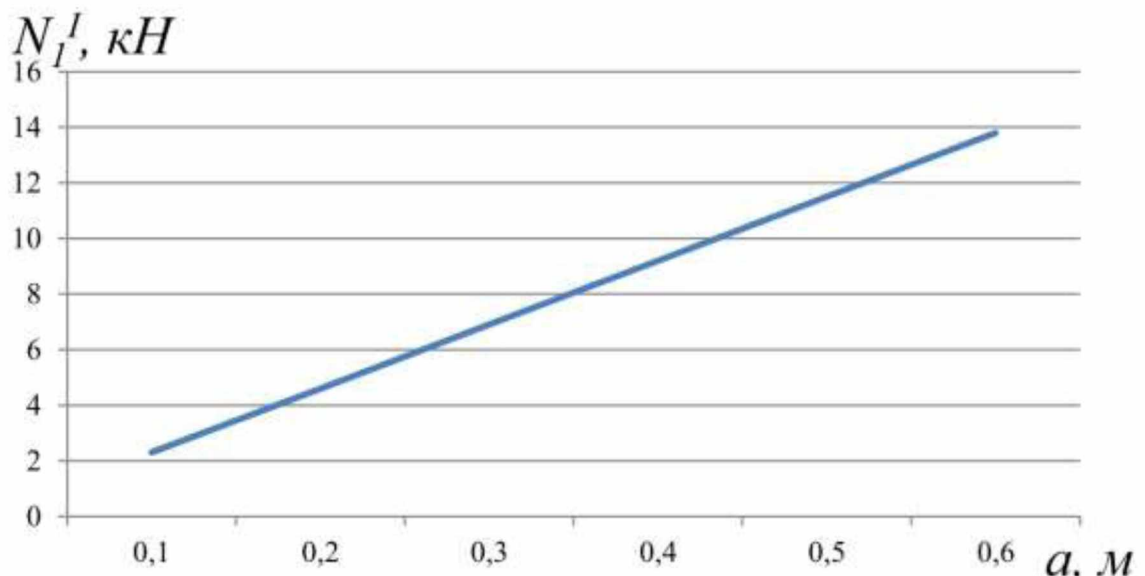


Рисунок 3.2 – Залежність реакції поверхні N_1^I від відстані a

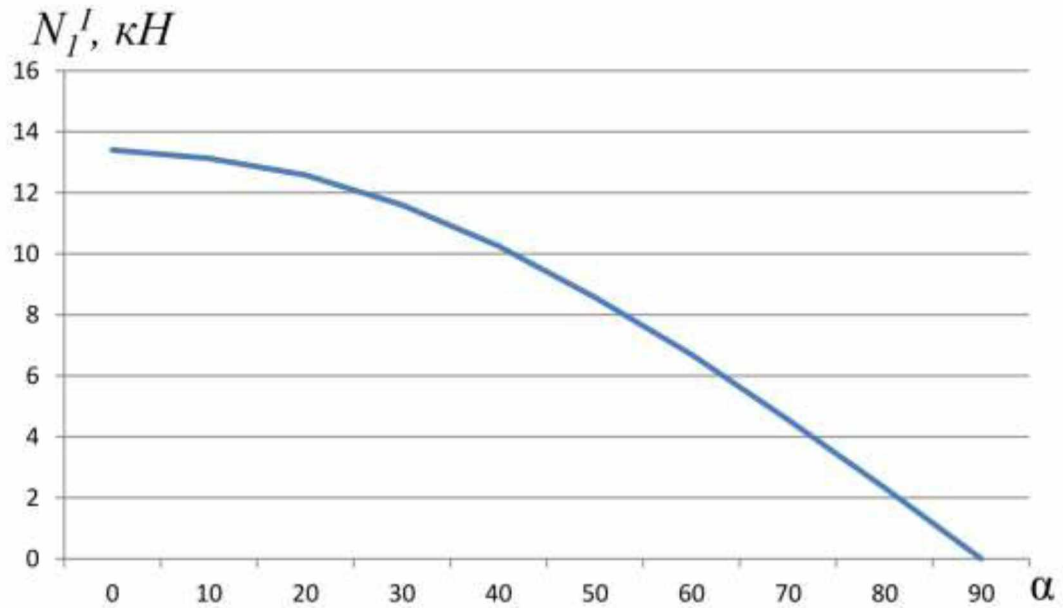


Рисунок 3.3 – Залежність реакції поверхні N_1^I від кута нахилу гідроциліндра α

З рисунка 3.2 випливає, що сила реакція поверхні пропорційна відстані від шарнірно-нерухомої опори (А) до точки кріплення гідроциліндра і при значенні, $a = 0,55$ м досягає $N_1^I = 12,65$ кН. При збільшенні кута α нахилу гідроциліндра від 0° до 90° при постійній відстані, при $a = 0,55$ м сила реакція поверхні N_1^I зменшується по косинусоїді.

Розглянемо рівновагу ПРМ при висуванні штока гідроциліндра зі зміщенням точок В і С проти годинникової стрілки на рисунку 3.4. Кут нахилу гідроциліндра конструктивно залишаємо незмінним ($\alpha = \text{const}$).

При:

$$\sum M_A(F_k) = 0. \quad (3.13)$$

рівняння рівноваги набуває вигляду:

$$P \cdot a \cos \alpha - P \cdot m \sin \alpha - N_1^{II} b \sin \beta - N_1^{II} (m - h) \cos \beta = 0. \quad (3.14)$$

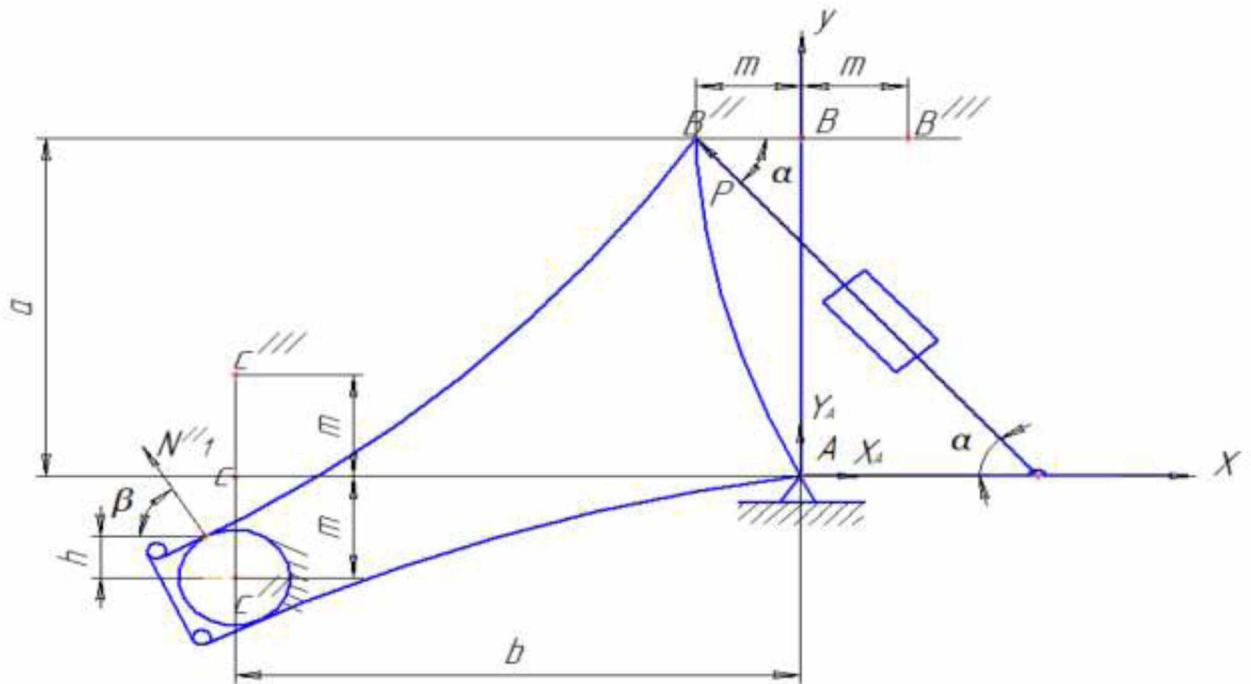


Рисунок 3.4 – Схема ГРМ при висуванні штока гідроциліндра зі зміщенням точок В і С проти годинникової стрілки

Знаходимо реакцію поверхні N_1^I :

$$N_1^{II} = \frac{P \cdot a \cos \alpha - P \cdot m \sin \alpha}{b \sin \beta + (m - h) \cos \beta} = \frac{P(a \cos \alpha - m \sin \alpha)}{b \sin \beta + (m - h) \cos \beta}. \quad (3.15)$$

Для більш наочного уявлення реакції поверхні при навантаженні переднього моста у вигляді залежностей від кута нахилу гідроциліндра α і довжини штока (m) представлена залежність реакції поверхні від шуканих величин (рисунок 3.5).

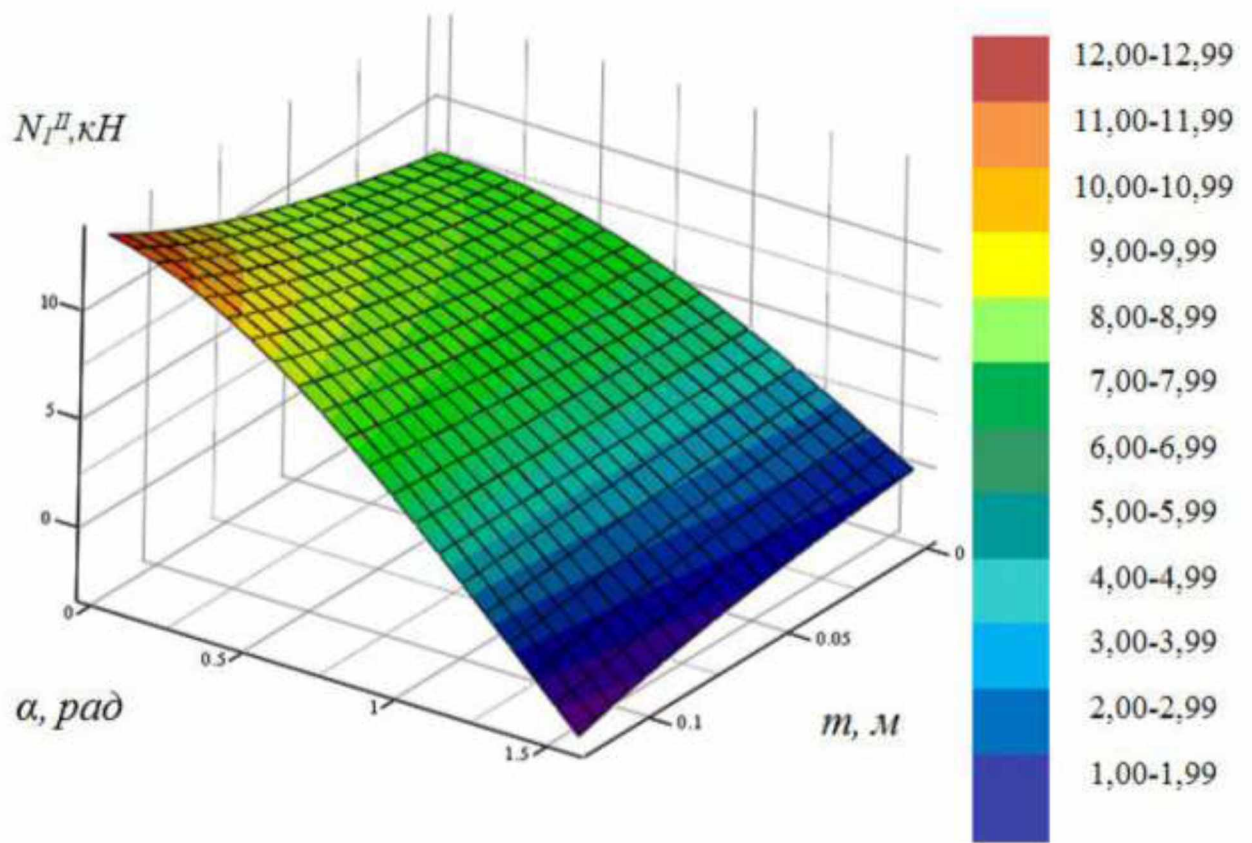


Рисунок 3.5 – Залежність реакції поверхні від зміни довжини штока і кута нахилу гідроциліндра

В результаті досліджень спільного впливу висунення штока m і кута нахилу гідроциліндра α було встановлено, що на зміну реакції поверхні найбільший вплив надає довжина штока m . Реакція поверхні при навантаженні переднього моста максимальна при висуванні штока на 0,12 м при куті нахилу гідроциліндра $\alpha = 0$ рад і становить $N_1^{II} = 11,626$ кН.

3.2. Результати експериментальних досліджень

На тягово-зчіпні властивості будь-якого МЕЗ великий вплив робить його зчіпна вага. Особливо цей вплив позначається для МЕЗ з колісною формулою 4К2, де в реалізації зчіпних властивостей бере участь не вся вага трактора, а тільки його частина, яка припадає на задні ведучі колеса. Тому

виникає необхідність в процесі експлуатації дану вагу коригувати залежно від виникнення необхідності. Крім цього для стабілізації поздовжньої стійкості виникає необхідність іноді в процесі переїздів з навісною с.-г. машиною частина зчпної ваги передавати на передній, не ведучий міст. Як було відзначено у другому розділі це можна зробити за допомогою ПРМ.

Тягове зусилля колісного рушія залежить від нормального навантаження, що припадає на ведучі колеса. Зі збільшенням ваги, що припадає на ведучі колеса, зростає і тягове зусилля трактора. Для об'єктивної оцінки перетворення ваги трактора в його тягове зусилля застосовують коефіцієнт використання зчпної ваги, який показує, що чим більше зусилля розвиває енергетичний засіб при заданій зчпній вазі, тим вище його тягово-зчпні властивості. У той же час цей коефіцієнт найбільш повно відображає тягово-зчпні властивості тільки повнопривідних колісних і гусеничних мобільних машин.

Для колісних тракторів з формулою 4К2 збільшити вагу, що припадає на ведучі колеса трактора, можна за рахунок його перерозподілу між мостами. Це можна досягти за рахунок створення додаткового навантаження на ведучі колеса трактора шляхом використання ПРМ.

В результаті проведених досліджень встановлено (рисунок 3.6), що при роботі ПРМ в залежності від напрямку дії додаткового зусилля створюваного допоміжним гідроциліндром відбувається перерозподіл зчпної ваги між мостами трактора. Так, при висуненні штока гідроциліндра відбувається розвантаження ведучого заднього моста трактора з 21,4 кН до 20,1кН, тобто відбувається зниження зчпної ваги на 1,3 кН і збільшення ваги припадає на передній керований міст. Це в кінцевому підсумку дозволить підвищити поперечну стійкість при транспортному положенні с.-г. машини під час виконання технологічних розворотів і переїздів.

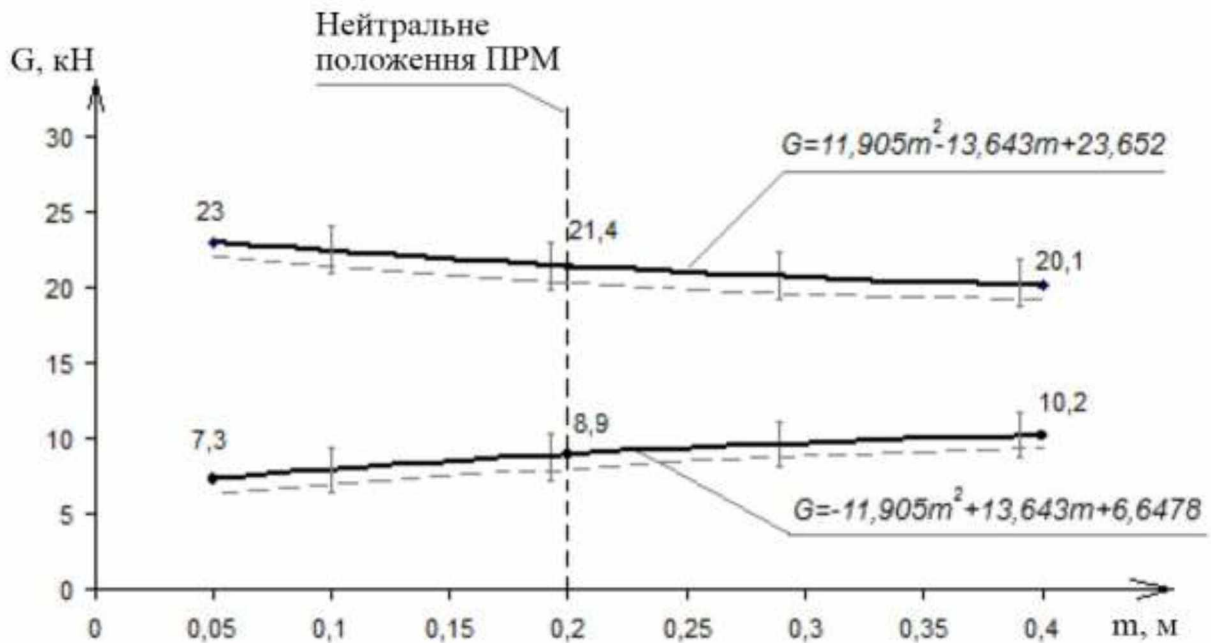


Рисунок 3.6 – Перерозподіл зчпної ваги між мостами трактора при роботі ПРМ:

- - - експериментальні дослідження;
- - - теоретичні дослідження.
- - - теоретичні дослідження.

При втягуванні штока гідроциліндра відбувається навпаки збільшення зчпної ваги трактора з 21,4 кН до 23,0 кН, за рахунок зниження навантаження, що припадає на передній не ведучий міст. Таким чином, використання ПРМ дозволяє перерозподіляти зчпну вагу між мостами трактора, що дає можливість підвищувати тягово-зчпні властивості або поздовжню стійкість трактора. Різниця теоретичних і експериментальних досліджень знаходиться в межах довірчого інтервалу, що говорить про достовірність проведених досліджень.

При оцінці тягово-зчпних властивостей найчастіше використовується коефіцієнт зчеплення $\varphi_{тр}$ [12]:

$$\varphi_{тр} = \frac{P_{кр}}{Y_k} \quad (3.16)$$

Аналіз формули (3.16) показує, що величина коефіцієнта зчеплення багато в чому залежить від ваги, що припадає на ведучі колеса (Y_k). Зі збільшенням зчірної ваги даний коефіцієнт знижується, що спричиняє за собою зниження величини буксування, а отже, підвищує тягово-зчірні властивості мобільного енергетичного засобу.

Вплив ПРМ на коефіцієнт використання зчірної ваги наведено на рисунку 3.7.

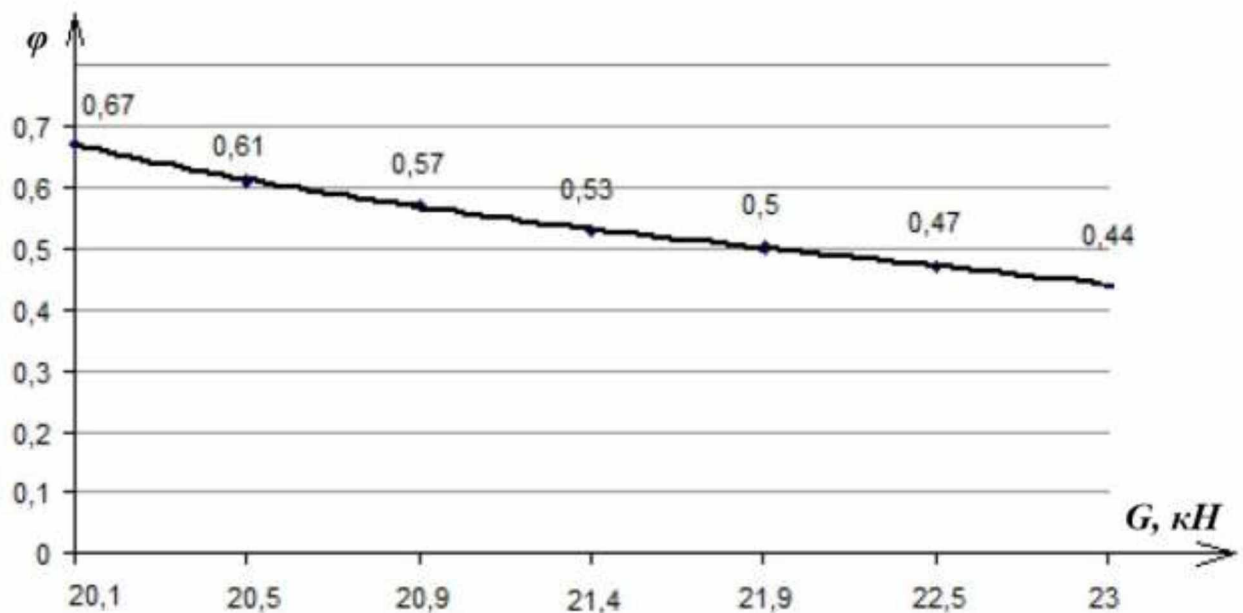


Рисунок 3.7 – Вплив ПРМ на коефіцієнт використання зчірної ваги

На підставі отриманих експериментальних даних можна зробити наступний висновок, за рахунок застосування ПРМ, коефіцієнт використання зчірної ваги знижується. Так, при збільшенні зчірної ваги з 20,1 кН до 23,0 кН коефіцієнт використання зчірної ваги знизився з 0,67 до 0,44.

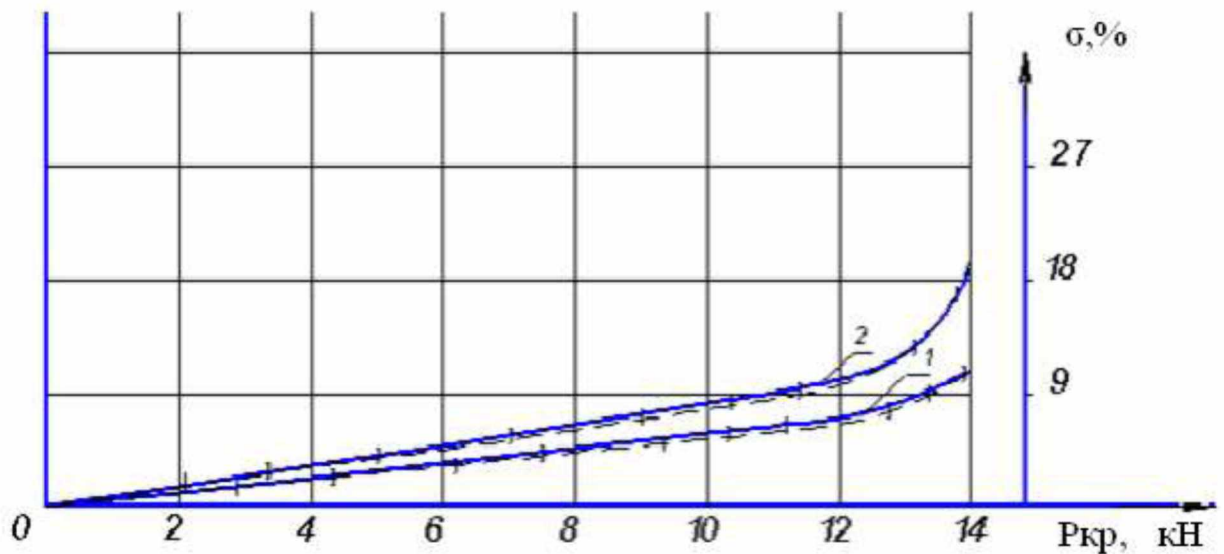
Для оптимального вибору параметрів агреатованої з енергетичним засобом сільськогосподарської машини основним фактором є тягова характеристика, яка дозволяє провести аналіз і оцінити техніко-економічні показники роботи такого машинно-тракторного агрегату.

Тягово-зчіпні властивості будь-якого МЕЗ проявляються в результаті взаємодії його рушіїв з опорною поверхнею. Виходячи з цього фізико-механічні властивості ґрунтового шару в значній мірі визначають тягово-зчіпні, отже, агротехнічні та техніко-економічні показники даного енергетичного засобу. З механічних властивостей найбільш істотним для оцінки тягово-зчіпних властивостей трактора є опір ґрунту зрушенню і зім'яттю. Дуже часто в практичній діяльності енергетичні засоби експлуатуються з сільськогосподарськими машинами, що мають як правило, менший опір, ніж номінальне тягове зусилля енергетичного засобу. Це в кінцевому підсумку спричиняє зниження техніко-економічних показників. Крім цього необхідно правильно вибрати співвідношення максимального тягового коефіцієнта корисної дії не тільки з силою тяги, а й зі швидкістю руху, а це в кінцевому підсумку впливає на експлуатаційну витрата палива.

Ґрунт за своїми властивостями (механічним складом) представляє собою важкий суглинок, при цьому вологість ґрунту в середньому становила 26-28%.

В якості завантажувального пристрою використовувався другий трактор у якого змінювалися передавальні числа трансмісії і обороти двигуна. Після обробки отриманих експериментальних даних була побудована тягова характеристика трактора класу 1,4 з встановленим ПРМ в порівнянні з серійним.

Аналіз отриманих тягових характеристик трактора класу 1,4 з колісною формулою 4К2 дозволяє зробити висновок, що постановка на трактор ПРМ дозволять поліпшити тягово-зчіпні властивості, що наочно видно по величині буксування (рисунок 3.8).



- 1 – мобільний енергетичний засіб з ПРМ;
- 2 – серійний мобільний енергетичний засіб.
- - - експериментальні дослідження;
- - - теоретичні дослідження.

Рисунок 3.8 – Залежність тягового зусилля від величини буксування МЕЗ

Використання ПРМ дозволило знизити величину буксування при одному і тому ж тяговому зусиллі. Так, при тяговому зусиллі 9,17 кН буксування серійного трактора склало 7,52%, в той час як у трактора з ПРМ – 5,63%. У міру зростання тягового зусилля буксування серійного трактора різко зросло, і при тяговому зусиллі 14,10 кН воно склало 20,53%, а у трактора з ПРМ – 11,03%.

Таким чином, постановка ПРМ дозволила знизити величину буксування трактора. Якщо порівняти розвиваюче тягове зусилля трактора при одному і тому ж буксуванні, то можна відзначити, що тягове зусилля, що розвивається трактором з ПРМ, більше в порівнянні з серійним. Так, при буксуванні 12% тягове зусилля трактора з ПРМ склало 14,1кН, в той час як у серійного трактора тягове зусилля склало 12,42 кН, тобто майже на 11,91%

менше. Це говорить про те, що установка на трактор ПРМ дозволяє підвищити його тягово-зчіпні властивості.

Ефективність роботи будь-якого енергетичного засобу оцінюється його тяговою потужністю, яка безпосередньо залежить від розвиненого тягового зусилля і робочої швидкості руху. Отримані результати наведені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати тягових випробувань, третя передача

Показники	Тягове зусилля, кН					
	9,17		12,05		14,1	
	Серійний	Експериментальний	Серійний	Експериментальний	Серійний	Експериментальний
Буксування, %	7,52	5,63	9,67	6,51	20,53	11,03
Швидкість руху, м/с	2,18	2,29	2,11	2,20	1,90	2,14
Тягова потужність, кВт	19,99	21,0	25,43	26,51	26,79	30,17

Аналізуючи отримані дані можна зробити висновок, що постановка ПРМ на трактор дає можливість підвищити його тягову потужність. Так, при тяговому зусиллі 9,17 кН тягова потужність склала: у серійного трактора 19,99 кВт, у експериментального – 21,00 кВт. При збільшенні тягового зусилля до 14,1 кН тягова потужність відповідно склала 26,79 кВт і 30,17 кВт. Таким чином, установка ПРМ дає можливість збільшити тягову потужність за рахунок підвищення тягово-зчіпних властивостей МЕЗ.

3.3. Дослідження техногенного впливу ходової системи МЕЗ на ґрунт

Для з'ясування впливу на ґрунт ходових систем МЕЗ були проведені експериментальні дослідження з серійним МЕЗ і МЕЗ з встановленим ПРМ працюючим на полі, яке підготували під посів з вологістю 22-24%. Щільність ґрунту визначалася методом ріжучого циліндра, який забивався в ґрунт. Відомо, що щільність (об'ємна вага) ґрунту залежить від мінералогічного складу, вмісту гумусу, а також від ступеня ущільнення ґрунту ходовими системами тракторів, автомобілів і різної сільськогосподарської техніки. Результати експериментальних досліджень по визначенню щільності ґрунту наведені на рисунку 3.9.

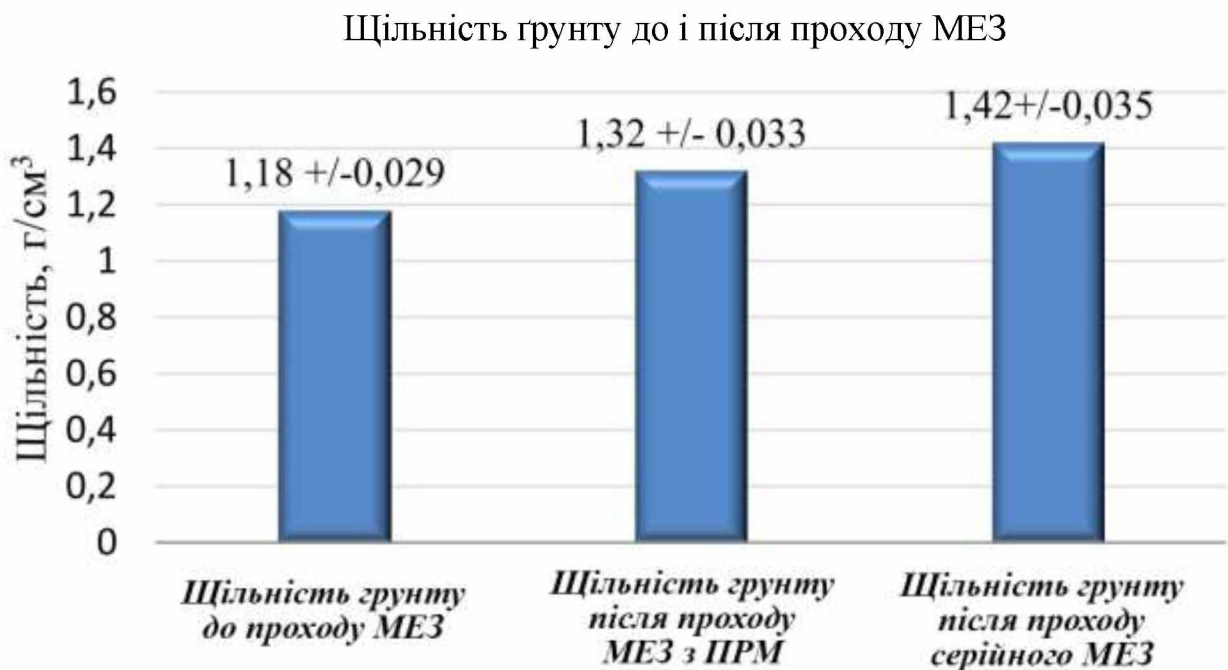


Рисунок 3.9 – Щільність ґрунту до і після проходження МЕМ

Як показали дослідження, щільність ґрунту до проходження трактора по полю становила 1,18 г/см³, то після проходження по ній тракторів вона зростає. Так, після проходження серійного трактора щільність ґрунту склала 1,39-

1,42 г/см³, а після проходу експериментального трактора 1,30-1,34 г/см³. Коефіцієнт ущільнення склав у серійного трактора 1,18-1,20, а у експериментального 1,10-1,14. Як видно, використання ПРМ дозволило знизити показники ущільнення ґрунту.

Після проходу по полю ходових систем тракторів поряд з щільністю змінюється і твердість ґрунту. Результати досліджень по вимірюванню твердості ґрунту наведені на рисунку 3.10.



Рисунок 3.10 – Твердість ґрунту до і після проходу МЕЗ

Як видно з наведених даних, в результаті дії ходових систем твердість ґрунту зросла як у серійного МЕЗ, так і у експериментального. Якщо до проходу МЕЗ твердість становила 0,51 - 0,55 МПа, то після проходу серійного і експериментального МЕЗ вона склала відповідно 0,83-0,86 і 0,60-0,66 МПа. Як відомо, твердість ґрунту характеризує опір ґрунту різанню, тобто його обробці. Збільшення твердості ґрунту підвищує енерговитрати на проведення різних сільськогосподарських робіт.

Експериментальні дослідження з визначення глибини колії були проведені при різних тягових зусиллях. Їх результати показали, що зі

зростанням тягового зусилля глибина колії зростає як у серійного, так і у МЕЗ з встановленим ПРМ. При збільшенні тягового зусилля з 9 кН до 14,1 кН встановлено, що глибина колії зросла як у серійного МЕЗ – з 0,03 м до 0,12 м., так і у МЕЗ з ПРМ – з 0,03 м до 0,07 м.

Висновки

Проведені порівняльні випробування показали, що перерозподіл зчіпного ваги в ходовій системі МЕЗ дозволило:

- збільшити тягово-зчіпні властивості МЕЗ при зниженні величини буксування;
- підвищити продуктивність на годину основного робочого часу і знизити питомі витрати палива порівняно з серійним МЕЗ;
- збільшити тягову потужність експериментального МЕЗ при одночасному зниженні потужності, що витрачається на буксування;
- знизити техногенний вплив на ґрунт експериментального МЕЗ.

РОЗДІЛ 4

РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО ПРАКТИЧНОЇ РЕАЛІЗАЦІЇ РОЗРОБОК

4.1. Екологічна експертиза розробок

Екологічна паспортизація ремонтно-обслуговуючих підприємств є одним з ефективних перспективних засобів охорони навколишнього природного середовища. Екологічний паспорт підприємства належить до його основної проектно-технічної документації. Поряд з технологічним регламентом він повинний бути на кожному підприємстві. У цьому документі наведені дані, що характеризують взаємовідносини підприємства з довкіллям.

У першій частині паспорта наводяться загальні відомості про виробництво: назва підприємства та продукції, що виробляється, район розташування, його потужність, займана площа, кількість працюючих та основні витратні величини споживаної сировини, води, енергії, палива, пари, повітря тощо, а також відомості про споживану сировину, джерела водо- і теплопостачання, короткий опис технологічних схем виробництва основної продукції, технології очищення газо- димових викидів в атмосферне повітря та стічних вод, оборотність, зберігання, транспортування та вилучення твердих відходів (назва, кількість, хімічний склад та деякі основні властивості, технологія відновлення або виготовлення), утримання приміщень і споруд, плани дій в аварійних умовах, небезпечні матеріали, відомості про кращі альтернативні технології, що застосовуються на інших підприємствах країни чи світової практики і завдають меншої шкоди довкіллю.

Характеризується також санітарно-захисна зона підприємства (площа зони, прилеглі об'єкти, її оформлення).

У другій частині паспорта відображені заплановані природоохоронні

заходи із зазначенням конкретних термінів, виконавців, обсягів і витрат, питомих і загальних газо-димових викидів в атмосферне повітря і скидів стічних вод та відходів виробництва до і після впровадження кожного заходу.

Екологічні паспорти дають змогу зробити аналіз екологічного середовища в регіоні, порівняти техніко- і еколого-економічні дані з даними інших підприємств, що характеризуються природоохоронними заходами.

Одночасно можна оцінити й ефективність застосованої технології, повноту використання матеріалів й палива, ефективність технології очищення стічних вод і газо-димових викидів.

Можна також зробити еколого-економічну оцінку збитків взагалі і завданих природі зокрема, ефективність використання палива та енергії.

Оскільки об'єкти підприємства є джерелами забруднення атмосфери і навколишнього середовища, то проводять аналіз забезпеченості технічними засобами контролю за станом навколишнього середовища, викидами забруднюючих речовин в атмосферу і дають оцінку виконання екологічних заходів, приводять дані про використання і охорону земельних і водних ресурсів, описують методи контролю за шкідливими викидами, заходи щодо їх зменшення.

Проведений аналіз дозволяє розробити рекомендації по забезпеченню екологічної стійкості підприємства, а також план ліквідації аварійних ситуацій і витоків нафтопродуктів, в який включають об'єкти і території, що підлягають особливому захисту від забруднень (водозабори, житлові масиви, зони відпочинку).

Повинна бути встановлена (обґрунтована) категорія екологічної небезпеки об'єкту. Для цього встановлюють структуру викидів і скидань забруднюючих речовин при експлуатації технологічного устаткування. На підставі екологічного аналізу джерел викидів роблять розрахунок «пріоритетного» викиду шкідливих речовин.

Екологічні порушення (злочини) караються відповідно до вимог Кримінального кодексу України. Вимоги закону передбачають встановлення

чіткого причинного зв'язку між зробленим порушенням і погіршенням навколишнього середовища.

До екологічних злочинів відносять: забруднення навколишнього природного середовища (води, повітря, ґрунту); порушення правил обороту небезпечних матеріалів і відходів.

Забруднення, виснаження поверхневих чи підземних вод, джерел питної води або зміна її природних властивостей можуть завдати шкоди сільському господарству. Оцінка завданого збитку здійснюється з урахуванням реальної вартості затрат на відновлювальні роботи та ліквідацію наслідків.

Порушення правил викиду забруднювальних речовин в атмосферу, експлуатації очисних споруд чи інших об'єктів спричиняють забруднення або зміну природних властивостей повітря, що може завдати істотної шкоди здоров'ю людини.

Шкідливий вплив на ґрунти чинить забруднення їх відходами господарської діяльності, що може бути небезпечним для здоров'я людей, забруднювати сільськогосподарську продукцію і водойми.

Порушення правил охорони навколишнього середовища полягає у використанні непередбачених правилами методик, відмови від виконання відповідних робіт або в бездіяльності при необхідних обов'язках. Це може бути, зокрема, ігнорування інформації, відмова від проведення екологічної експертизи та будівництва очисних споруд, порушення правил будівництва, експлуатації і ліквідації побудованих споруд тощо.

За скоєні екологічні злочини порушники несуть правову відповідальність. Екологічне законодавство передбачає три рівні покарання: порушення; порушення, що завдали значних збитків; порушення, що спричинили смерть людей (тяжкі наслідки).

Залежно від величини заподіяних збитків це можуть бути штрафи, заборона обіймати певні посади на встановлений термін, виправні роботи та позбавлення волі на визначений законом термін.

Система екологічного менеджменту в країні визначається і регламентується Законом України «Про охорону навколишнього природного середовища». Згідно з цим законом, метою державного управління в галузі охорони довкілля є реалізація законодавства, контроль за дотриманням вимог екологічної безпеки, забезпечення проведення ефективних заходів щодо охорони навколишнього природного середовища. Отже, державний екологічний менеджмент включає чотири основні функції:

- здійснення природоохоронного законодавства;
- контроль за екологічною безпекою;
- забезпечення проведення природоохоронних заходів;
- досягнення узгодженості дій державних і громадських органів.

Ринково орієнтована економіка охоплює такі групи функцій екологічного менеджменту: реструктуризація виробництва, приватизація, створення конкурентного середовища і ринкового ціноутворення.

На рівні підприємства до загальних функцій управління належить:

- формування екологічної політики;
- визначення екологічних цілей та завдань відповідно до екологічної політики;
- розроблення стратегічного плану реалізації екологічної політики;
- розроблення та реалізація програми екологічного управління;
- формування екологічної свідомості та мотивування;
- ведення документації екологічного менеджменту;
- оперативне управління, аналіз та вдосконалення.

Виконання системоутворювальних функцій екологічної політики, визначення екологічних цілей і завдань, розроблення та реалізація екологічної програми здійснюється за допомогою екологічної експертизи. Екологічна експертиза – це науково-практична діяльність спеціально уповноважених державних органів, еколога-експертних формувань та об'єднань громадян, що ґрунтується на міжгалузевому екологічному дослідженні, аналізі та оцінці передпроектних, проектних та інших

матеріалів чи об'єктів, дія яких впливає або може негативно впливати на стан довкілля та здоров'я людей.

Основними завданнями екологічної експертизи є визначення ступеня екологічного ризику й безпеки суб'єкта господарської діяльності; встановлення відповідності вимогам екологічного законодавства; оцінка впливу різних об'єктів на довкілля, здоров'я людей та можливих негативних екологічних наслідків.

Основними принципами екологічної експертизи є:

- гарантування безпечного життя довкілля;
- наукова обґрунтованість життя довкілля;
- державне регулювання та законність.

Державну екологічну експертизу об'єктів загальнодержавного і міжобласного значення проводить управління екологічної системи Мінекоресурсів України, об'єктів місцевого значення – відділи екологічної експертизи обласних управлінь екологічної безпеки.

Законом «Про екологічну експертизу», прийнятим Верховною Радою України у 1995 р., передбачено державне регулювання і управління в галузі екологічної експертизи, статус експерта, обов'язки замовників експертизи, порядок проведення експертизи, її фінансування, відповідальність за порушення та міжнародне співробітництво.

Висновки громадської експертизи направляють в органи, що здійснюють державну екологічну експертизу, центральні й місцеві влади, замовникам проекту.

4.2. Охорона праці

Охорона праці включає техніку безпеки, що запобігає травматизму, і виробничій санітарії, перешкоджає виникненню захворювань із-за дії шкідливих чинників. Впровадження раціонального комплексу заходів,

направлених на поліпшення умов праці, може забезпечити приріст її продуктивності на 15...20%. Структура комплексу заходів наступна.

1. Аналіз стану охорони праці або безпеки технологічного процесу на підприємстві.

2. Розробка організаційних, технічних, санітарно-гігієнічних заходів щодо поліпшення стану охорони праці.

3. Розробка вимог (інструкцій) з охорони праці при роботі на технологічному (модернізованому) обладнанні або при використанні запропонованого пристосування.

4. Аналіз і оцінка пожежної безпеки підприємства, організація пожежної профілактики (визначення категорії виробництва по пожежній небезпеці, ступені вогнестійкості будівельних конструкцій, обґрунтування первинних засобів і витрати води для гасіння пожежі).

Аналіз стану охорони праці. Його проводять так, щоб можна було визначити передумови для розробки заходів щодо зниження травматизму і поліпшення умов праці.

При аналізі стану охорони праці при організації і технології ремонтно-обслуговуючих робіт враховують наступне:

- дотримання законодавства про режим праці і відпочинку працюючих;
- відповідність організації забезпечення охорони праці вимогам нормативних документів;
- планування заходів щодо охорони праці, виділення і використання грошових і матеріальних коштів на їх виконання;
- відповідність будівлі ремонтно-обслуговуючого підприємства (приміщення виробничої ділянки) вимогам санітарних і будівельних норм і правил;
- можливість появи шкідливих і небезпечних виробничих чинників, основні причини виробничих травм;

- дотримання вимог безпеки при використанні обладнання, вантажопідійомних машин і судин, що працюють під тиском;
- динаміку травматизму і захворюваності;
- санітарно-побутові умови працівників;
- пожежну безпеку (характеристика технологічних процесів пожежній небезпеці, наявність і готовність первинних і технічних засобів пожежогасіння, дотримання вимог пожежної безпеки, наявність і стан грозозахисних пристроїв і т. п.).

Розробка заходів щодо поліпшення стану охорони праці. Заходи щодо поліпшення стану охорони праці або безпеки технологічних процесів розробляють на основі аналізу. Вони повинні бути конкретними.

Заходами передбачають:

- поліпшення діяльності адміністрації (наймача) з дотримання трудового законодавства і виконання вимог нормативної документації з охорони праці;
- вдосконалення системи навчання працівників охорони праці відповідно до нормативних документів;
- поліпшення контролю і нагляду за дотриманням вимог охорони праці;
- застосування засобів наочної агітації з безпеки праці, поліпшення планування з охорони праці;
- заміну небезпечних технологічних процесів безпечними;
- розробку пристроїв, що забезпечують безпечну експлуатацію технологічного обладнання і систем, забезпечення електробезпеки;
- створення нормального повітряного середовища за рахунок вентиляції і опалювання;
- забезпечення гігієнічних вимог до природного і штучного освітлення;
- зниження рівнів шуму і вібрацій на робочих місцях;
- забезпечення пожежної безпеки;
- створення необхідних санітарно-побутових умов для працівників підприємства.

Для розробки вимог безпеки (інструкції) з охорони праці при експлуатації існуючого, проєктованого або модернізованого устаткування (приспосовування) необхідно спочатку охарактеризувати можливі небезпечні і шкідливі виробничі чинники, які можуть виникнути під час роботи, небезпечні зони, а потім описати методи їх ліквідації. Необхідно також обґрунтувати вимоги до персоналу, який експлуатуватиме обладнання.

Для забезпечення безпечної експлуатації і обслуговування проєктованого устаткування передбачають захисні засоби, блокуючі і гальмівні пристрої, засоби сигналізації, захист від враження електричним струмом і ін. Робоче місце оператора організують з урахуванням вимог ергономіки.

Крім того, при необхідності обґрунтовують санітарно-гігієнічні умови праці на проєктованому обладнанні, передбачають заходи і засоби пожежної безпеки, розробляють інструкцію з техніки безпеки.

Визначення кількості шкідливих виділень у виробничих приміщеннях. Деякі технологічні процеси, що виконуються на ремонтно-обслуговуючих підприємствах, характеризуються виділенням різних забруднень. Тому при проєктуванні підприємств в приміщеннях передбачають природну, механічну або змішану вентиляцію. Вентиляційні системи повинні забезпечувати відносну вологість повітря, концентрацію в нім газів, шкідливих виділень в межах, що не перевищують допустимі норми. Якщо виділення забруднень відбувається на окремому технологічному обладнанні (на столі для зварювальних робіт, в наплавлювальній установці, гальванічній ванні і т.д.), влаштовують місцеву вентиляцію у вигляді парасольок, відкосів і т.п. При розсіяному виділенні забруднень в приміщенні передбачають загальнообмінну вентиляцію.

Розрахунок вентиляційних систем проводять виходячи з інтенсивності забруднення повітря. Кількість виділень, що забруднюють повітря в приміщенні, визначають по кожному джерелу. У виробничих приміщеннях до основних забруднень відносяться: відпрацьовані гази двигунів

внутрішнього згорання; гази і аерозолі, що утворюються в процесі зварки, наплавлення, паяння; випаровування миючих розчинів, розчинників емалей і лаків, охолоджуючих рідин, електроліту та ін.

4.3. Техніко-економічне обґрунтування розробок

В даний час одним з основних напрямків розвитку АПК є використання енергозберігаючих технологій. Існуюча традиційна оцінка ефективності використання різної с.-г. техніки проводилася по приведеним витратам, рентабельності, прибутку і ряду інших показників [29].

Виникає необхідність знаходження постійного оціночного еквівалента, за рахунок обліку енергії, витрачається і одержується, що дозволяє більш достовірно аналізувати ефективність використання технологій і засобів механізації [29].

Енергетичний аналіз в кінцевому підсумку не замінює, а доповнює і розширює можливості більш детального економічного аналізу, що дозволяє знаходити нові способи економії енерговитрат, за рахунок застосування енергозберігаючих технологій і засобів механізації.

Витрати живої праці:

$$E_{ж} = \frac{a_{ж} \cdot n_{ч}}{W_{см}}, \quad (4.1)$$

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

$n_{ч}$ – число основних трактористів, чол.;

$W_{см}$ – продуктивність МТА, га/год.

Прямі витрати енергії:

$$E_{п} = H_T \cdot (a_T + f_T), \quad (4.2)$$

де H_T – витрата палива, кг/га;

a_T – тепловміст палива, МДж/кг;

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

Питома енергоємність трактора в розрахунку на 1 годину роботи трактора:

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

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

M_T – маса енергетичного засобу, кг;

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

T_{HT} – річне завантаження тракторів, год.

Питома енергоємність сільськогосподарської машини:

$$E_M = \frac{M_M \cdot P_M \cdot (\Phi_M + \Phi_{MK})}{100 \cdot T_{HT}}, \quad (4.4)$$

де M_M – маса сільськогосподарської машини, кг;

P_M – енергетичний еквівалент сільськогосподарської машини, МДж/кг;

Φ_M, Φ_{MK} – відрахування на реновацію, капітальний і поточний ремонт тракторів, %;

T_{HT} – річне завантаження сільськогосподарських машин, год.

Сукупні або повні енерговитрати:

$$E_{ТП} = E_{П} + E_{Ж} + E_{ТМ}. \quad (4.5)$$

Економія повних енерговитрат:

$$\Delta E_{ТП} = E_{ТНБ} - E_{ТПП}. \quad (4.6)$$

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

Розрахунок ефективності використання колісного трактора класу 1,4 з ПРМ проведено на прикладі боронування.

Серійний машинно-тракторний агрегат в складі колісного трактора класу 1,4 і БЗСС-1.0 - 15 шт. Отримані дані наведені в таблиці 4.1.

Таблиця 4.1 – Паливно-енергетична оцінка використання МЕЗ на польових роботах

Параметри	Польові роботи					
	Боронування, МДж/га		Прикочування, МДж/га		Суцільна культивування, МДж/га	
	Серійний	Експериментальний	Серійний	Експериментальний	Серійний	Експериментальний
Прямі затрати енергії	78,52	69,03	92,98	83,65	247,44	235,42
Затрати живої праці	0,19	0,18	0,25	0,25	0,67	0,58
Сумарна енергоємність трактора і сільськогосподарської машини	48,70	48,26	153,29	140,35	166,68	151,67
Сукупні і повні енергозатрати	127,41	117,44	246,43	224,25	414,79	387,67
Економія повних енергозатрат	9,97		22,18		27,12	
Загальна економія енергозатрат	59,27					

З таблиці 4.1. можна зробити наступний висновок, що загальна економія повних енерговитрат при боронуванні, суцільній культивуванні, і прикочуванні склала 59,27 МДж/га, на транспортних роботах 11,17 МДж/т.км. Для СФГ з посівними площами до 400 га загальна економія в гривневому еквіваленті склала 237453 грн.

Висновок

Економічна і паливно-енергетична оцінка показала, що загальна економія повних енерговитрат при використанні МЕЗ з ПРМ на боронуванні, суцільній культивуванні і прикочуванні склала 59,27 МДж/га, транспортних роботах 11,17 МДж/т. км.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Встановлено, що рушії енергетичних засобів роблять значний техногенний вплив на ґрунт. По сліду від рушіїв підвищується щільність і твердість ґрунту, що негативно позначається на зростанні рослин. Підвищення тягово-зчіпних властивостей колісних тракторів на ґрунтах з низькою несучою здатністю можливо за рахунок збільшення зчіпної ваги.

2. Отримано теоретичні залежності дозволяють стверджувати, що використання ПРМ дозволяє перерозподіляти зчіпну вагу між мостами МЕЗ, що знижує буксування, підвищує величину тягового зусилля і продуктивність сільськогосподарського агрегату.

3. Встановлено, що після проходу серійного МЕЗ щільність ґрунту склала 1,39 ... 1,42 г/см³, твердість ґрунту 0,83 ... 0,86 МПа, а після проходу МЕЗ з ПРМ відповідно 1,30 ... 1,34 г/см³ і 0,60 ... 0,66 МПа. Дослідження по визначенню глибини колії показали, що зі збільшенням тягового зусилля з 9 кН до 13,5 кН глибина колії зростає як у серійного МЕЗ – з 0,03 м до 0,12 м, так і у МЕЗ з ПРМ – з 0,03 м до 0,07 м.

4. Економічна і паливно-енергетична оцінка показала, що загальна економія повних енерговитрат при використанні МЕЗ з ПРМ на боронуванні, суцільній культивуванні і прикочуванні склала 59,27 МДж/га, транспортних роботах 11,17 МДж/т. км.