

УДК 631.37

DOI <https://doi.org/10.37406/2706-9052-2025-4.32>

Бойко В. Б.

кандидат технічних наук,

доцент кафедри тракторів і сільськогосподарських машин,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Дніпро, Україна

E-mail: boiko.v.b@dsau.dp.ua

ORCID: 0000-0003-1014-7201

Денисенков О. В.

аспірант кафедри тракторів і сільськогосподарських машин,

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Дніпро, Україна

E-mail: service@agrotime.dp.ua

ORCID: 0009-0004-9877-1555

АГРОМІСТ З АВТОНОМНИМ ЕНЕРГОЖИВЛЕННЯМ ДЛЯ МОСТОВОЇ ТЕХНОЛОГІЇ У ТОЧНОМУ ЗЕМЛЕРОБСТВІ

Анотація

У статті розглянуто сучасні підходи до реалізації мостових технологій у землеробстві, проведено аналіз теоретичних основ і практичної реалізації мостових технологій у сільському господарстві, спрямованих на зменшення ущільнення ґрунту, підвищення енергоефективності та забезпечення сталості польових операцій. Дослідження підкреслює актуальність використання агромістів у сучасному точному землеробстві та пропонує структуровану класифікацію таких машин відповідно до ключових функціональних критеріїв. Необхідність мінімізації негативного впливу традиційних колісних систем на родючість і структуру ґрунту зумовила зростання інтересу інженерів, науковців та агровиробників до мостових систем.

Представлено всебічний огляд розвитку мостового землеробства – від історичних моделей, зокрема парового мостового трактора Александра Халкетта XIX ст., до сучасних рішень, таких як модульний французький трактор EOLE, універсальна платформа NEXAT, розроблена у Німеччині, та кругова система Agrokruih зі Словенії. Розглянуто технічні, екологічні та економічні параметри цих машин, зокрема переваги технології контрольованого руху (CTF), значення модульності конструкції, різні типи енергопостачання (дизельні, електричні та сонячні установки), а також рівні автоматизації (механізовані, автоматизовані та роботизовані рішення). Додатково запропоновано оригінальну конструкцію агроміста, що працює на сонячних панелях і пересувається по рейковій системі. Такий підхід дає змогу повністю виключити переміщення рушіїв у зоні розташування рослин, що сприяє зменшенню ущільнення ґрунту та економії енергії.

Проведений аналіз підтверджує, що мостові системи забезпечують суттєві переваги у зменшенні деградації ґрунтів, збереженні їхньої структури та підвищенні врожайності, особливо в умовах органічного та дрібномасштабного виробництва. Використання автономних джерел енергії та модульної архітектури надає цим машинам високої гнучкості та екологічної сумісності. Упровадження подібних систем може стати стратегічним рішенням для сталого та точного землеробства, що дає змогу поєднати продуктивність і збереження довкілля.

Ключові слова: точне землеробство, ущільнення ґрунту, мостова технологія, агроміст, Controlled Traffic Farming.

Вступ. Мостові технології у точному землеробстві є важливим елементом сучасного агропромислового виробництва, які дають змогу забезпечити високу точність та ефективність роботи сільськогосподарських машин і зменшити вплив на навколишнє середовище. Одним з основних завдань сучасних агротехнічних технологій є оптимізація використання техніки для обробки ґрунту та виконання інших сільськогосподарських операцій із мінімальним негативним впливом на природне середовище. Одним із рішень є застосування машин мостового типу, які завдяки своїй конструктивній особливості дають змогу усунути ущільнення ґрунту рушіями, автоматизувати виконання технологічних операцій із вирощування рослин, знизити екологічне навантаження на навколишнє середовище шляхом використання електроприводів [5; 8].

Аналіз останніх досліджень і публікацій доводить актуальність даної проблематики. Так, у роботах [3; 7; 10] наведено дослідження впливу ходових систем на родючий шар ґрунту, за результатами якого встановлено, що основною причиною зниження родючості ґрунтів і врожайності сільськогосподарської продукції є переущільнення. Одним з основних чинників переущільнення ґрунту є ріст кількості проходів по полю машино-тракторними агрегатами та самохідними машинами для захисту рослин та збирання врожаю. Переущільнення ґрунту призводить до зміни його структури, погіршуючи газо- та вологообмін, які впливають на ріст рослин. Багатократне переміщення ходових систем агрегатів по полю, що виконують одну операцію, призводить до ущільнення ґрунту до 1,4 г/см³ та, відповідно, до втрат врожайності сільськогосподарських культур.

Дослідженнями, проведеними на вирощуванні зернових культур [7], встановлено, що під час руху навколо слідів рушіїв енергетичних засобів, задіяних у технологічному процесі збирання зернових, створюються ущільнені зони, глибина яких за вологості 20...23% може становити 37...50 см. Використання легких гумово-кордових гусениць дає змогу зменшити ущільнюючу дію на ґрунті до допустимих показників.

Ще одним із найбільш поширених способів зниження ущільнення ґрунту ходовими системами є використання спарених шин. За результатами проведених досліджень із використанням спарених шин на тракторі CASE 340 [4] встановлено зниження майже вдвічі ущільнюючої дії колісних рушіїв.

Мета роботи – обґрунтування та розроблення конструктивної схеми агромота з автономним енергоживленням для мостової технології у точному землеробстві.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для досягнення поставленої мети виконано аналіз конструктивних рішень у реалізації принципів мостової технології землеробства.

Уперше мостову технологію було запропоновано у Великій Британії у середині XIX ст. для виконання ґрунтообробних операцій у рослинництві. Мостова машина англійського винахідника Александра Халкета (рис. 1) [15] рухалася по рейках та переміщувала ґрунтообробні знаряддя (плуг, культиватор).

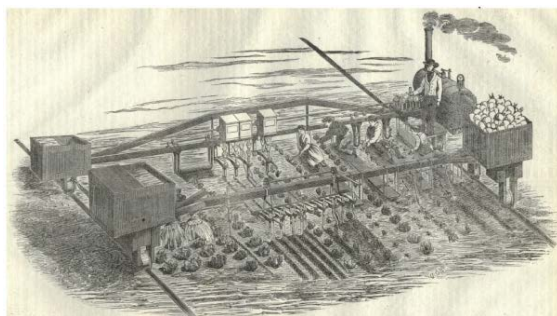


Рис. 1. Мостова машина Kensington Александра Халкета [15]

Як енергетична установка використовувався паровий двигун потужністю 8 к. с. Використання опорних рейок дає змогу в 10 разів зменшити витрати енергії на переміщення мостової машини, ніж, наприклад, по стерні під час оранки [12], що було особливо актуальним для парових енергетичних установок, коефіцієнт корисної дії яких на той час не перевищував 12%.

Із появою більш ефективних двигунів внутрішнього згорання та появою високопродуктивних мобільних машин даний напрям на деякий час утратив актуальність. І лише наприкінці минулого століття все більше наукових робіт було присвячено негативному впливу рушіїв на родючий шар ґрунту та показники врожайності. Винахідники-аматори почали роботу над розробленням машин нового типу, які рухалися по постійних коліях чи доріжках. Одним із таких перших аматорів є Девід Довлер, який у 1975 р. запропонував конструкцію мостового трактора з шириною прогінної частини 12 м (рис. 2) [12]. Порівняльними дослідженнями на вирощуванні зернових встановлено ефективність упровадження машин мостового типу. Так, на посівах пшениці та ячменю приріст урожайності за рахунок виключення руху рушіїв машини з агротехнічної зони становив 0,75 т/га. Витрати енергії знизилися до 70% за рахунок зниження тягового опору на оранці та зниженню опору перекочування коліс по постійних доріжках.



Рис. 2. Мостовий трактор Девіда Довлера [12]

У 1990-х роках ідею мостового землеробства почали активно підтримувати не лише окремі ентузіасти, а й наукові установи в Західній Європі, Австралії та США. У практиці з'являється термін Controlled Traffic Farming (CTF) – система контрольованого руху техніки, яка, по суті, є реалізацією принципу мостового землеробства. Суть

її полягає у використанні стабільних колій руху технічних засобів, які не змінюються протягом усього періоду експлуатації поля. Такий підхід дає змогу звести ущільнення ґрунту до мінімально можливої площі – 15–20% поля замість традиційних 80–90%. Розвиток конструктивних рішень у сфері мостового землеробства зумовив необхідність класифікації машин для їх упорядкування та аналізу [5; 6].

Розглянемо найбільш перспективні розробки мостових машин, що отримали популяризацію завдяки ефективності роботи.

Представником універсальної модульної мостової машини з контрольованим рухом СТФ є трактор EOLE, розроблений французьким фермером П'єром Бухуром у співпраці з партнерами [13]. Трактор розроблено з метою реалізації органічного, екологічного землеробства на вирощуванні овочевих культур. Загальна довжина прогінної частини трактора становить 20 м. Завдяки модульності конструкції відбувається швидке переобладнання необхідних знарядь для виконання основних технологічних операцій.

У результаті використання мостового трактора EOLE у фермерських господарствах ущільнення ґрунту знизилося на 80–90% порівняно з класичними тракторами. Підвищення врожайності овочевих культур становило 15–20%, що пов'язано з покращенням аерації ґрунту та збереженням його структури. Витрати на паливе скоротилися на 25%.

Ще одним із представників модульного типу машин із поступальним рухом, який заслуговує на увагу, є системний трактор NEXAT, розроблений німецькою компанією Kalverkamp Innovation [9]. Ця унікальна сільськогосподарська машина поєднує у собі функціональність мостової платформи, потужного трактора та універсального носія змінного обладнання.

Системний трактор NEXAT відрізняється від звичайної техніки буквально всім. Це не просто трактор, а ціла мобільна платформа, яка здатна підлаштовуватися під будь-який агротехнічний процес. Візуально він нагадує гігантський міст, що перекидає всю ширину поля (до 14 м) і рухається тільки по визначених коліях, не ущільнюючи ґрунт у зоні вирощування культур. Як гібридна силова установка використовуються два дизель-генератори із сумарною потужністю близько 1000 к. с. В умовах поля рушії можуть повертатися на 90 градусів. Загальний кут повороту рушіїв трактора становить 170, а кабіни – 270 градусів. У транспортному режимі трактор досить мобільний і розвиває швидкість до 40 км/год. Агрегування сільськогосподарських машин із трактором виконується через змінний модуль, розташований у центральній його частині. Завдяки повній автоматизації NEXAT повністю відповідає принципам точного землеробства та системам СТФ (Controlled Traffic Farming).

До недоліків такого трактора можна віднести: потребу в підготовленій інфраструктурі, кваліфікованому персоналі з досвідом керування автоматизованими цифровими системами та його вартість, яка може сягати до мільйона євро, що є бар'єром для більшості середніх та малих господарств.

Окрім робіт зі створення поступального руху мостових машин ведуться роботи над розробленням машин, що рухаються по колу. Такий підхід дає змогу організувати роботу на фіксованих ділянках. Одна машина може обслуговувати до п'яти ділянок. Переїзд виконується з використанням колісних рушіїв, розміщених на початку та в кінці ферми агромота.

Як приклад розглянемо проєкт мостової технології Agrokruih, що базується на електричних агромотах кругової дії (рис. 3) [14]. Розроблення даної концепції започаткував Джон Слінські (Словенія) ще у 1990-х роках на площі 2 га. Основна ідея проєкту полягає у створенні мостової технології землеробства, яка дає змогу обробляти ділянки у формі кола за допомогою агромотів кругового руху з довжиною ферми 18 м. Агромоти обладнуються змінними робочими органами для виконання посіву, догляду за рослинами та збирання врожаю по колу. Відповідно, формування рядка за такої технології відбувається по спіралі, тобто на одній ділянці формується один рядок із постійним міжряддям.

Із роками система зазнала кількох модернізацій, у результаті чого вдалося досягти повної електрифікації, автоматизації та мінімального впливу на ґрунт і навколишнє середовище. Agrokruih орієнтований переважно на вирощування органічних овочів, ідеально підходить для фермерських господарств малого та середнього масштабів.

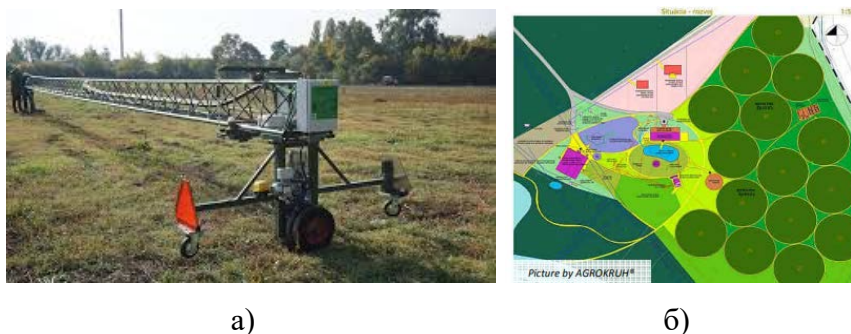


Рис. 3. Загальний вигляд агромота кругового руху (а) та поле, облаштоване за мостовою технологією Agrokruih (б) [14]

До недоліків використання мостових машин кругового руху порівняно з машинами поступального руху можна віднести втрату площі до 16% у зоні примикання ділянок; зниження продуктивності виконання технологічних операцій, що пов'язано зі складністю переїзду між ділянками.

Перевагою запропонованого конструктивного рішення є нульове ущільнення ґрунту, автоматизація технологічних процесів, відсутність складних навігаційних систем та екологічність проекту.

В Україні розробленню мостових машин присвячено роботи В. О. Улексіна, В. Т. Надикто, В. П. Кувачова, В. В. Адамчука, В. М. Булгакова та ін. Результатом цих робіт стала поява мостових машин для збирання врожаю городини (рис. 4) [5] та ширококоліїних машин для догляду за овочевими культурами в закритому ґрунті (рис. 5) [11].

Використання мостової машини [5] на збиранні огірків дало змогу виключити переміщення працівників по полю та травмування вегетаційної частини рослин, завдяки чому збір продукції виріс майже вдвічі. На платформі мостової машини довжиною 22 м розміщується така ж кількість збирачів. Використання стрічкового транспортеру дало змогу підвищити продуктивність процесу збирання продукції овочівництва шляхом механізації процесу транспортування та знизити навантаження на працівників.



Рис. 4. Мостова машина для збирання продукції овочівництва

Як енергетична установка використовується дизель-генератор потужністю 6 кВт, цього достатньо для реалізації переміщення та керування машиною за допомогою чотирьох мотор-колів та частотного перетворювача.

До недоліків такої конструкції можна віднести неповну механізацію процесу збирання (деякі з операцій виконуються вручну); відсутність модульності конструкції машини, що не дає змоги використовувати машину на інших операціях під час вирощування овочів. Використання дизель-генератора, який використовується як енергетична установка, створює шум, вібрації та викиди вихлопних газів створюють дискомфортні та шкідливі умови праці для працівників, що перебувають безпосередньо на платформі мостової машини.

Як машину модульної конструкції розглянемо ширококоліїну машину, запропоновану науковцями ТДАТУ для догляду за овочевими культурами в закритому ґрунті [2; 11].

Завдяки модульності машина забезпечує агрегування з різними сільськогосподарськими знаряддями для обробітку ґрунту, посіву, догляду за посівами та збирання продукції.



Рис. 5. Ширококоліїна машина для закритого ґрунту

Переміщення машини здійснюється за рахунок чотирьох мотор-колів із живленням від електричної мережі, що є актуальним для механізації технологічних операцій вирощування рослин у закритому ґрунті. До переваг окрім екологічності таких машин також можна віднести низький рівень шуму порівняно з мобільними

енергетичними засобами, обладнаними двигунами внутрішнього згорання. Недоліками даної машини є низькі мобільність та маневреність за рахунок прив'язки до електричної мережі.

Відомо також конструктивне рішення мостової машини, захищене патентом [1], для реалізації мостової технології землеробства, запропоноване науковцями ДДАЕУ.

Розробка являє собою одноконсольний агроміст (рис. 6а). Основна маса машини припадає на одне з плеч ферми агромоста завдяки використанню баласту 5 і через опорні ведучі колеса (рис. 6б) передається на одну з напрямних рейок, що спирається на опорні стовпчики (рис. 6в, д).

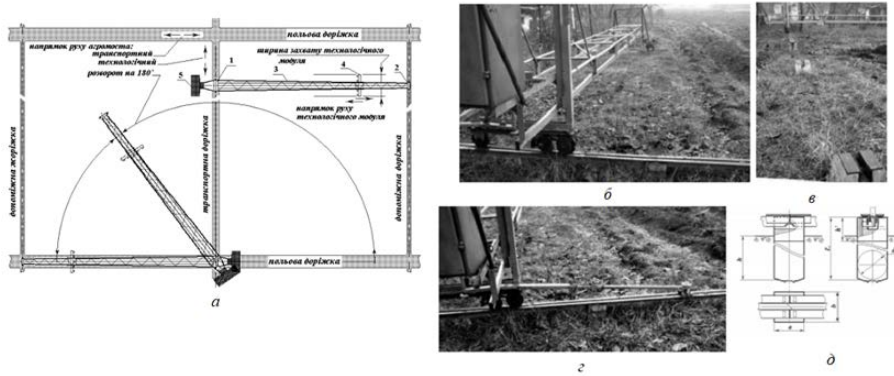


Рис. 6. Одноконсольний агроміст

Переміщення рейок виконується за допомогою маніпулятора (рис. 6г). Інше плече ферми підтримується опорними колесами, які рухаються по постійній колії. Навісне знаряддя встановлюється на каретці 4 (рис. 6а) агромоста та переміщується разом із нею по направляючій ферми 3. Тобто технологічні операції виконуються без переміщення всієї конструкції агромоста. Таке конструктивне рішення дає змогу знизити енергозатрати та забезпечує досить високу точність позиціонування машини та робочих органів знаряддя. Використання одноконсольного агромоста дає змогу знизити витрати на облаштування ділянки, оскільки з одного ряду опорних стовпчиків за рахунок повороту ферми агромоста на 180 градусів по черзі здійснюється обробіток двох загінок (рис. 6д). Недоліком такої конструкції є пошкодження культур у зоні розвороту через їх витоптування підтримуючими колесами, окрім цього, використання електроприводів і, відповідно, мереж живлення значно ускладнює мобільність машини.

За результатами проведеного аналізу машин мостового типу розроблено конструктивну схему одноконсольного агромоста з автономним енергоживленням із використанням сонячної енергії та пересуванням по постійних направляючих, розміщених у технологічній зоні. Аналогічно розглянутим попередньо прикладам першочергово на полі будується координатно-транспортна система КТС (рис. 7) із технологічними доріжками (технологічна зона), у межах яких розміщуються виробничі ділянки (агротехнічна зона). Дане рішення дає змогу усунути ущільнення ґрунту рушіями агромоста і забезпечити точність позиціонування машини з робочими органами в межах КТС.

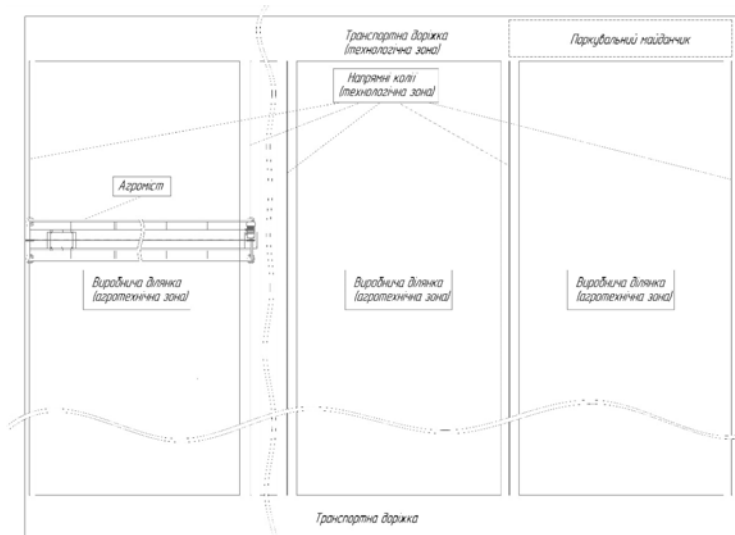


Рис. 7. Поле, облаштоване для мостової технології землеробства

Основною відмінністю запропонованої конструкції агромоста (рис. 8) є використання сонячних панелей 4 у поєднанні з акумуляторною батареєю 13, що забезпечують накопичення та стабільне живлення електроприводів. Це дає змогу повністю відмовитися від дизель-генераторів, знизивши викиди, шумове навантаження і витрати пального, що є особливо актуальним для тепличного господарства та органічних ферм, де екологічність має першочергове значення. Додатково накопичення електричної енергії можливо здійснювати під час міжзмінних пауз у роботі агромоста з використанням зарядного пристрою, розташованого на паркувальному майданчику. Використання автономного живлення також усуває необхідність у зовнішніх кабелях живлення для електроприводів, що значно підвищує мобільність та зручність експлуатації агромоста у польових і тепличних умовах.

Конструктивна схема включає металеву ферму 3 агромоста, що спирається на систему рейкових напрямних 1, 12. Переміщення робочих органів, закріплених за допомогою механізму агрегативання 7 на каретці 5, здійснюється за допомогою ланцюгової передачі 6 з електроприводом 9. Це дає змогу виконувати технологічні операції без переміщення всієї конструкції агромоста. Завдяки цьому досягається зниження енергозатрат та підвищення точності позиціонування робочих органів. Періодичне зміщення агромоста на новий рядок (міжряддя) відбувається за допомогою мотор-колес 2, 11.

Розроблена інтелектуальна система керування агромостом разом із датчиками та виконавчими пристроями забезпечує високу точність та надійність виконання технологічних операцій.

Уся маса конструкції агромоста передається через мотор-колеса на напрямні рейки 1, 12, винесені за межі виробничої ділянки (агротехнічної зони), що виключає витоптування рослин та ущільнення ґрунту рушіями. Підвищена маневреність агромоста забезпечується за рахунок можливості повороту мотор-колес на 180 градусів кривими двигунами 14.

Загалом робота агромоста відбувається так. Агроміст за допомогою мотор-колес 1, 12 згідно з поставленим завданням із використанням автономної навігаційної системи переміщується від місця паркування до відповідної виробничої ділянки по транспортній доріжці.

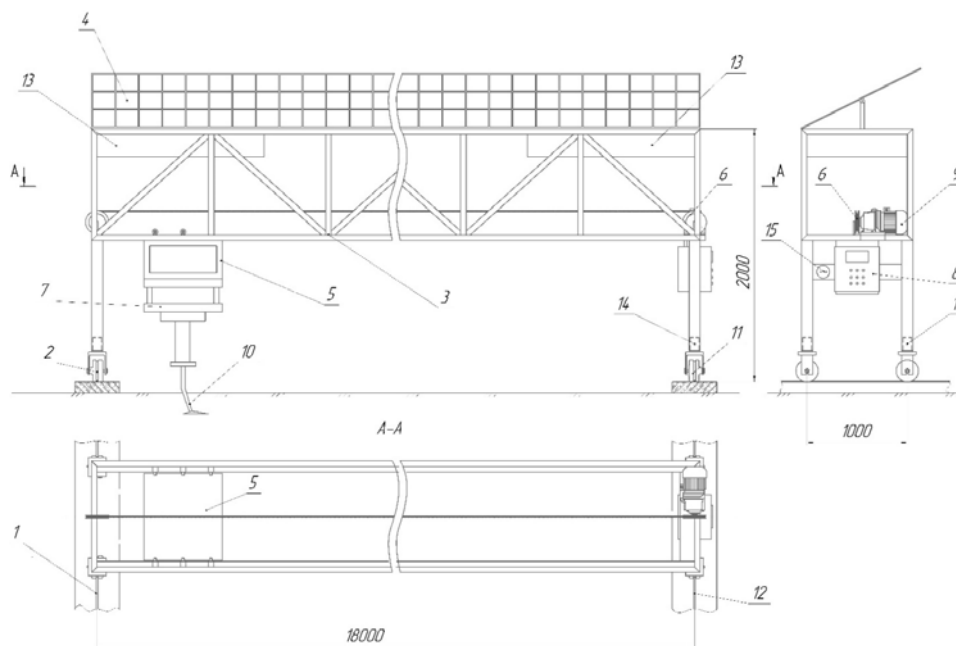


Рис. 8. Конструктивна схема одноконсольного агромоста з автономним живленням
1, 12 – напрямні рейки; 2, 11 – мотор-колеса; 3 – ферма агромоста; 4 – сонячні панелі 5 – каретка агромоста; 6 – ланцюгова передача; 7 – механізм агрегативання; 8 – шафа керування; 9 – електродвигун; 10 – знаряддя; 13 – акумуляторна батарея; 14 – кроковий двигун; 15 – роз’єм зарядки батареї

За допомогою чотирьох крокових двигунів 15 мотор-колеса повертаються на 90 градусів та наїжджають на напрямні рейки. Завдяки канавкам на профілі кожного з мотор-колес конструкція агромоста надійно утримується. Точно рухаючись по рейках уздовж ділянки, мостова машина виходить на задану позицію та зупиняється для виконання технологічного процесу. Необхідне знаряддя 10 за допомогою механізму агрегативання переходить із транспортного положення в робоче та переміщується кареткою з ланцюговою передачею та електроприводом по напрямних ферми агромоста. Завершивши прохід знаряддя, переводиться в транспортне положення, розвертається на 180 градусів механізмом агрегативання, а ферма агромоста зміщується на наступну позицію, після чого цикл повторюється. Уся робота агромоста здійснюється повністю в автоматичному режимі за задалегідь розробленою програмою.

Упровадження такої машини відкриває можливості для використання штучного інтелекту, сенсорних систем і автоматизованого моніторингу стану рослин у реальному часі [16], що значно підвищує рівень точності агротехнологій. Подальшу роботу буде присвячено створенню експериментального зразка для встановлення ефективних значень конструктивно-технологічних параметрів агромостової машини для мостової технології землеробства.

Висновки

1. Аналіз історичних і сучасних мостових машин показав, що вони суттєво знижують ущільнення ґрунту, сприяють підвищенню врожайності культур і зменшують витрати енергії.
2. Запропонована конструктивна схема одноконсольного агромоста з автономним живленням усуває основні недоліки інших мостових машин: потребу в дизель-генераторах, значні енерговитрати та втрату площі поля в зонах розвороту.
3. Наукова новизна роботи полягає у поєднанні рейкової системи пересування з живленням від сонячних панелей, що забезпечує екологічність, енергоефективність і високу точність виконання агротехнологічних операцій.
4. Практичне значення дослідження полягає у створенні передумов для виготовлення та подальшого дослідження експериментального зразка агромоста, придатного для використання у малих і середніх фермерських господарствах у системах точного та органічного землеробства.

Список використаних джерел

1. Агromіст : пат. 127654 України : МПК А01В3/74, А01В61/00, А01В76/00, А01В49/00. №а202200028 ; заявл. 04.01.22 ; опубл. 15.11.23, Бюл. № 46. 3 с.
2. Адамчук В.В., Булгаков В.М., Кувачов В.П. Дослідження автоматичного водіння мобільного мостового агрозасобу по слідах постійної технологічної колії. *Механізація та електрифікація сільського господарства*. 2020. Вип. 11(110). С. 12–26.
3. Курской В.С., Замойський С.М., Білюк Ю.М., Герасименко В.О., Перникова А.В. Вплив рушійних систем на ущільнення ґрунту. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Механізація та автоматизація виробничих процесів*. 2022. № 1(47). С. 16–19. DOI: 10.32845/msnau.2022.1.3.
4. Лебедев С. Агроекологічна безпека сільськогосподарських тракторів на поворотній смузі. *Техніко-технологічні аспекти розвитку та випробування нової техніки і технологій для сільського господарства України*. 2020. Вип. 26(40). С. 83–91. DOI: 10.31473/2305-5987-2020-1-26(40)-7.
5. Мостове землеробство. Елементи теорії та результати досліджень : монографія / А.С. Кобець та ін. Дніпро : Акцент, 2023. 367 с.
6. Надикто В.Т., Улексін В.О. Колійна та мостова системи землеробства : монографія. Мелітополь : ММД, 2008. 270 с.
7. Соларьов О.О. Експериментальні дослідження ущільнюючого впливу на ґрунт рушіїв трактора МТЗ-82. *Вісник Сумського національного аграрного університету. Серія «Механізація та автоматизація виробничих процесів»*. 2016. Вип. 3(28). С. 103–109.
8. Улексін В.О. Обробіток ґрунту у мостовому землеробстві. *Вісник ХНТУСГ. Технічний сервіс АПК, техніка та технології у сільськогосподарському машинобудуванні*. 2005. № 39. С. 163–168.
9. Універсальний трактор NEXAT : вебсайт. URL: <https://ifarming.ua/resursi/universalnyj-tractor-nexat> (дата звернення: 18.04.2025).
10. Ясенєцький В.Т. До питання ущільнення ґрунту рушійними мобільної сільськогосподарської техніки. *Техніка і технології АПК*. 2012. № 3. С. 33–36.
11. Beloev I., Kuvachov V., Adamchuk V., Ruzhylo Z. Analytical study of the turns of bridge machines. *Machinery & Energetics*. 2023. Vol. 14. № 3. P. 9–20. DOI: 10.31548/machinery/3.2023.09.
12. Chamen W.C.T., Dowler D., Leede P.R., Longstaff D.J. Design, operation and performance of a gantry system: experience in arable cropping. *Journal of Agricultural Engineering Research*. 1994. Vol. 59. P. 45–60.
13. Eole Tract: La fin du tracteur en maraîchage? *Materielagricole info* : веб-сайт. URL: <https://www.materielagricole.info/tracteur/article/713859/la-fin-du-tracteur-en-maraichage> (дата звернення: 18.04.2025).
14. Introducing AGROKRUIH: An effective system for sustainable growing and marketing of vegetables on a family farm. URL: <https://ekumakad.cz/download/IVF/CEPTA%20-%20Introducing%20AGROKRUIH.pdf> (дата звернення: 20.04.2025).
15. The history of gantry tractors, also known as wide span or wide track vehicles. *Gantrytracto* : веб сайт. URL: <https://www.gantrytractor.org/history> (дата звернення: 16.04.2025).
16. Visentin F., Benos L., Rodić S., Marini S., Rizzi F., Gatti R., & Ronchetti F. A mixed-autonomous robotic platform for intra-row and inter-row weed removal for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*. 2023. Vol. 214. 108724. DOI: 10.1016/j.compag.2023.108720.

Boiko V. B.

*Candidate of Technical Sciences,
Associate Professor at the Department of Tractors and Agricultural Machines,
Dnipro State Agrarian and Economic University
Dnipro, Ukraine*

E-mail: boiko.v.b@dsau.dp.ua

ORCID: 0000-0003-1014-7201

Denysenkov O. V.

*Postgraduate Student at the Department of Tractors and Agricultural Machines,
Dnipro State Agrarian and Economic University
Dnipro, Ukraine*

E-mail: service@agrotime.dp.ua

ORCID: 0009-0004-9877-155

AGROMIST WITH AUTONOMOUS POWER SUPPLY FOR BRIDGE TECHNOLOGY IN PRECISION AGRICULTURE

Abstract

The article examines modern approaches to the implementation of gantry-based technologies in agriculture, providing an analysis of the theoretical foundations and practical application of such systems aimed at reducing soil compaction, improving energy efficiency, and ensuring the sustainability of field operations. The study highlights the relevance of agrogantries in modern precision farming and offers a structured classification of these machines according to key functional criteria. The need to minimize the negative impact of traditional wheel-based systems on soil fertility and structure has driven growing interest among engineers, researchers, and agricultural producers in gantry systems.

The paper presents a comprehensive overview of the development of gantry-based agriculture: from historical models, including Alexander Halkett's 19th-century steam-powered gantry tractor, to modern solutions such as the modular French tractor EOLE, the multifunctional NEXAT platform developed in Germany, and the circular Agrokruih system from Slovenia. The study analyzes technical, ecological, and economic parameters of these machines, focusing on the advantages of controlled traffic farming (CTF), the importance of modular construction, different types of energy sources (diesel, electric, and solar), as well as levels of automation (mechanized, automated, and robotic solutions). Additionally, the paper proposes an original design of an agrogantry powered by solar panels and moving along rail tracks. This configuration eliminates the movement of propulsion systems within the crop zone, thereby reducing soil compaction and saving energy.

The analysis confirms that gantry systems provide significant benefits in reducing soil degradation, preserving soil structure, and improving yields, particularly under conditions of organic and small-scale farming. The use of autonomous energy sources and modular architecture provides these machines with high flexibility and ecological compatibility. The introduction of such systems can become a strategic solution for sustainable and precise agriculture, combining productivity with environmental protection.

Key words: precision farming, soil compaction, gantry technology, agrogantry, Controlled Traffic Farming (CTF).

References

1. Ahromist [Agrobridge]. Patent of Ukraine No. 127654. a202200028. Filed January 4, 2022. Published November 15, 2023, Bulletin No. 46 [in Ukrainian].
2. Adamchuk, V.V., Bulgakov, V.M., & Kuvachov, V.P. (2020). Doslidzhennia avtomatichnoho vodinnia mobilnoho mostovoho ahrozsoby po slidakh postiinoi tekhnolohichnoi kolii [Research of automatic driving of mobile gantry agricultural unit along permanent technological tracks]. *Mekhanizatsiia ta elektryfikatsiia silskoho hospodarstva*, 11(110), 12–26 [in Ukrainian].
3. Kurskoy, V.S., Zamoyskiy, S.M., Bilyuk, Y.M., Herasymenko, V.O., & Pernykoza, A.V. (2022). Vplyv rushiinykh system na ushchilnennia gruntu [Influence of running systems on soil compaction]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychyykh protsesiv*, 1(47), 16–19. <https://doi.org/10.32845/msnau.2022.1.3> [in Ukrainian].
4. Lebediev, S. (2020). Ahroekolohichna bezpeka silskohospodarskykh traktoriv na povorotni smuzi [Agroecological safety of agricultural tractors on turning strips]. *Tekhniko-tekhnolohichni aspekty rozvytku ta vyprobuvannia novoi tekhniki i tekhnolohii dlia silskoho hospodarstva Ukrainy*, 26(40), 83–91. [https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26\(40\)-7](https://doi.org/10.31473/2305-5987-2020-1-26(40)-7) [in Ukrainian].
5. Kobets, A.S., Teslyuk, H.V., Puhach, A.M., Sokol, S.P., Nadykto, V.T., Uleksin, V.O., Boiko, V.B., Zolotovska, O.V., & Teslyuk, Yu.V. (2023). Mostove zemlerobstvo. Elementy teorii ta rezultaty doslidzen [Gantry farming: Elements of theory and research results]. Dnipro: Aktsent. [in Ukrainian].
6. Nadykto, V.T., & Uleksin, V.O. (2008). Koliina ta mostova systemy zemlerobstva [Track and gantry farming systems]. Melitopol: MMD Publishing House. [in Ukrainian].
7. Solariov, O.O. (2016). Eksperymentalni doslidzhennia ushchilniuiuchoho vplyvu na grunt rushiiv traktora MTZ-82 [Experimental research on the compacting effect of MTZ-82 tractor running systems on soil]. *Visnyk Sumskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Mekhanizatsiia ta avtomatyzatsiia vyrobnychyykh protsesiv*, 3(28), 103–109 [in Ukrainian].
8. Uleksin, V.O. (2005). Obrobitok gruntu u mostovomu zemlerobstvi [Soil cultivation in gantry farming]. *Visnyk KhNTUSG. Tekhnichniy servis APK, tekhnika ta tekhnolohii u silskohospodarskomu mashynobuduvanni*, (39), 163–168.
9. Universal tractor NEXAT. (2025). Retrieved from <https://ifarming.ua/resursi/universalnyj-tractor-nexat> [in Ukrainian].
10. Yasenetskiy, V.T. (2012). Do pytannia ushchilnennia gruntu rushiiamy mobilnoi silskohospodarskoi tekhniki [On the issue of soil compaction by running systems of mobile agricultural machinery]. *Tekhnika i tekhnolohii APK*, (3), 33–36 [in Ukrainian].

11. Beloev, I., Kuvachov, V., Adamchuk, V., & Ruzhylo, Z. (2023). Analytical study of the turns of bridge machines. *Machinery & Energetics*, 14(3), 9–20. <https://doi.org/10.31548/machinery/3.2023.09> [in English].
12. Chamen, W.C.T., Dowler, D., Leede, P.R., & Longstaff, D.J. (1994). Design, operation and performance of a gantry system: Experience in arable cropping. *Journal of Agricultural Engineering Research*, 59, 45–60 [in English].
13. Eole Tract: La fin du tracteur en maraîchage? (2025) [Eole Tract: The end of the tractor in market gardening?]. Retrieved April 18, 2025, from <https://www.materielagricole.info/tracteur/article/713859/la-fin-du-tracteur-en-maraichage> [in French].
14. Introducing AGROKRUH: An effective system for sustainable growing and marketing of vegetables on a family farm. (2025). Retrieved April 20, 2025, from <https://ekumakad.cz/download/IVF/CEPTA%20-%20Introducing%20AGROKRUH.pdf> [in English].
15. The history of gantry tractors, also known as wide span or wide track vehicles. (2025). Retrieved April 16, 2025, from <https://www.gantrytractor.org/history> [in English].
16. Visentin, F., Benos, L., Rodić, S., Marini, S., Rizzi, F., Gatti, R., & Ronchetti, F. (2023). A mixed-autonomous robotic platform for intra-row and inter-row weed removal for precision agriculture. *Computers and Electronics in Agriculture*, 214, 108270. <https://doi.org/10.1016/j.compag.2023.108270> [in English].

Отримано: 23.09.2025

Рекомендовано: 29.10.2025

Опубліковано: 16.12.2025