

Волянський М.С.,¹

Грищук В.П.,¹

Василюк В.І.,²

Ікальчик М.І.²

¹Національний університет
біоресурсів і

природокористування

України.,

м. Київ, Україна

²Відокремлений підрозділ

Національного

університету біоресурсів і

природокористування

України «Ніжинський

агротехнічний інститут»,

м. Ніжин, Україна

E-mail:

volyansky@nubip.edu.ua

АНАЛІЗ ЗАРУБІЖНИХ КУЛЬТИВАТОРІВ ДЛЯ МІЖРЯДНОГО ОБРОБІТКУ ҐРУНТУ

<https://doi.org/10.37700/ts.2024.24.119-129>

УДК 621.891

Волянський М.С., Грищук В.П., Василюк В.І., Ікальчик М.І. Аналіз зарубіжних культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту.

Анотація. Розглянуті напрямки застосування описового аналізу до конструкцій зарубіжних культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту. Авторами виконано аналіз зарубіжних конструкцій культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту, який свідчить, що має місце тенденція застосування систем автоматичного паралельного їх водіння. В статті встановлено, що ці системи за допомогою датчиків, відеокамер, обчислювальної апаратури, моніторів, гідравлічної системи, дають змогу забезпечити мінімальну захисну зону для рослин в рядку і збільшити робочу швидкість технологічної операції, що в свою чергу впливає на продуктивність агрегата, час виконання операції. Автори стверджують, що застосування систем автоматичного паралельного водіння на культиваторах для міжрядного обробітку ґрунту дозволяє зменшити використання гербіцидів, що є актуальним на сьогодні, оскільки є світова тенденція їх зменшення та навіть їх заборону в деяких країнах. В статті розкрито тезис, що спираючись на зарубіжний досвід доцільно вітчизняні культиватори для міжрядного обробітку виготовляти із подібними системами автоматичного паралельного водіння, що дасть змогу вітчизняним аграріям використовувати подібну техніку.

Ключові слова: аналіз, культиватор, конструкція, недолік, рішення, інновація.

Volyanskyi M.S., Hryshchuk V.P., Vasylyuk V.I., Ikalchik M.I. Analysis of foreign cultivators for inter-row tillage.

Abstract. The areas of application of descriptive analysis to the designs of foreign cultivators for inter-row tillage are considered. The authors performed an analysis of foreign designs of cultivators for inter-row tillage, which shows that there is a tendency to use

automatic parallel driving systems. The article establishes that these systems, with the help of sensors, video cameras, computing equipment, monitors, hydraulic system, make it possible to provide a minimum protective zone for plants in a row and increase the working speed of a technological operation, which in turn affects the productivity of the unit, the time of the operation. The authors claim that the use of automatic parallel driving systems on cultivators for inter-row tillage allows reducing the use of herbicides, which is relevant today, as there is a global trend to reduce them and even ban them in some countries. The article reveals the thesis that, based on foreign experience, it is advisable to manufacture domestic cultivators for inter-row cultivation with similar systems of automatic parallel driving, which will enable domestic farmers to use similar equipment.

Key words: *analysis, cultivator, design, drawback, solution, innovation.*

Постановка проблеми

На сьогоднішній день в Україні досить добре розвинуто виробництво культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту [1]. Це пов'язано з відносною їх простотою та дешевизною [2].

Провідними вітчизняними виробниками є «Агромаш-Калина» (Вінницька область, с. Калинівка), Elvorti (м. Кропивницький), Ремсинтез (м. Кропивницький), АЗТех-Україна (Хмельницька область, м. Шепетівка), Avers-agro (м. Дніпро), VELES AGRO (м. Одеса), Demetra - ТОВ "АГРО ПРОМ СФЕРА" (Кіровоградська область с. Соколівське), ТОВ АК «Фаворит» (Кіровоградська область, с. Підгайці), ТОВ АРК-ГРУПП (м. Кропивницький), АгроЛіга (м. Кропивницький), ТОВ ЗемМаш (Харківська область, с. Циркуни) тощо. Більшість виробників виготовляють подібні культиватори типу КРН з невеликими відмінностями.

Безперечно, українські виробники постійно вдосконалюють культиватори для міжрядного обробітку ґрунту, покращують конструкції, виправляють недовраховання, але мають один важливий недолік – це велика захисна зона, яка становить – від 12 до 18 см. Безумовно, вона залежить від періоду вегетації рослин, але, враховуючи неточність технологічного водіння культиватора відносно рядка, цю захисну зону збільшують в рази, щоб запобігти пошкодження кореневої системи рослин, а також і самих рослин [3].

Вітчизняні культиватори виконують культивацію на обмежених швидкостях, що впливає на їх продуктивність. Вони забезпечують задовільне знищення бур'янів у зоні обробітку, але в зоні рядка бур'яни продовжують рости, що негативно впливає на умови розвитку культурних рослин і, в цілому, на урожайність. Також, ці культиватори неспроможні обробляти посіви з вузькими міжряддями, наприклад – овочеві культури з вузькими міжряддями.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Іноземні виробники змогли значно зменшити захисну зону, підвищити точність водіння культиваторів відносно рядка, збільшити робочу швидкість культиватора завдяки поєднанню досконалої механічної частини культиватора з інтелектуальною системою його водіння, яка спирається на дані, отримані з спеціальних камер [4]. Дана технологія дозволяє вести культиватор на відстані навіть 2-3 см від кореневої системи культурної рослини, тим самим дає можливість зменшити захисну зону в кілька раз [5]. Ця технологія лише розвивається у світі [6, 7], нею володіють такі компанії як: HORSCH, LEMKEN, PÖTTINGER, BEDNAR, AMAZONE, Maschio Gaspardo, Einböck.

Формулювання мети досліджень

Одним із завдань цього дослідження є описовий аналіз конструкцій зарубіжних культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту.

Результати досліджень

Компанія HORSCH у 2019 році презентувала свій культиватор для міжрядного обробітку Transformer VF. Цей інноваційний культиватор потребує потужності від 200 к. с. з шириною захвату від 6 до 18 м. Для більшої ефективності, культиватор поділено на секції, з трьома секціями для 6-метрової версії та п'ятьма для 9, 12 та 18-метрової версії. Висота рами над поверхнею ґрунту – 66 см, що дозволяє обробляти високі культури, такі як кукурудза і соняшник, без ризику їх пошкодження. Рама – міцна, зносостійка конструкція, з труби квадратного перерізу, з привареними профілями для кріплення робочих секцій. Вона, за допомогою гідроциліндрів із вбудованими ходомірами, складається так, що транспортні габарити моделей до 12 VF по ширині становлять до трьох метрів і висоті – до чотирьох. Вісімнадцятиметрова версія має ширину 5,85 м та висоту 4,7 м.

Важливою характеристикою є ширина міжрядь, яку регулюють в межах 25 – 80 см. Паралелограмні механізми обладнані гідроциліндрами, якими регулюють притискне зусилля секції. Також, за допомогою цих гідроциліндрів реалізовано функцію SECTION CONTROL, яка підтримує ISOBUS, що дає можливість піднімати окремі сегменти з робочими органами. За допомогою GPS завжди визначається актуальне положення агрегата. Під час розпізнавання зон перекриття на краях полів, під час виїзду на розворотну смугу або у визначених місцях, окремі паралелограми піднімаються автоматично на висоту до 20 см. Особливої уваги заслуговує гідравлічний захист від перевантажень і пошкоджень культиватора у разі наїзду на перешкоду. Гідравлічний привод забезпечує підняття окремих робочих секцій. Виробник пропонує широкий ряд робочих органів – звичайні лапи на пружних стійках, лапи EdgeOn, захисні пластини, захисні диски, підгортачі, штригельні борінки, пальчасті просапувальні диски, кутові ножі.

Культиватори для міжрядного обробітку ґрунту HORSCH (рис. 1) мають систему автоматичного паралельного водіння культиватора (рис. 2), яка теж сумісна з ISOBUS-стандартом. Дана система має одну або дві камери із спеціальним освітленням для роботи вночі і за складних погодних умов, які забезпечують точність корекції до 2 см. Вона здатна розрізняти рослини висотою від 2 см, використовуючи для цього 3D-ідентифікацію рядів культури та великий спектр кольорів у 2D-модусі, має багато можливостей для тонких налаштувань на практиці.



Рис. 1. Культиватори для міжрядного обробітку ґрунту HORSCH

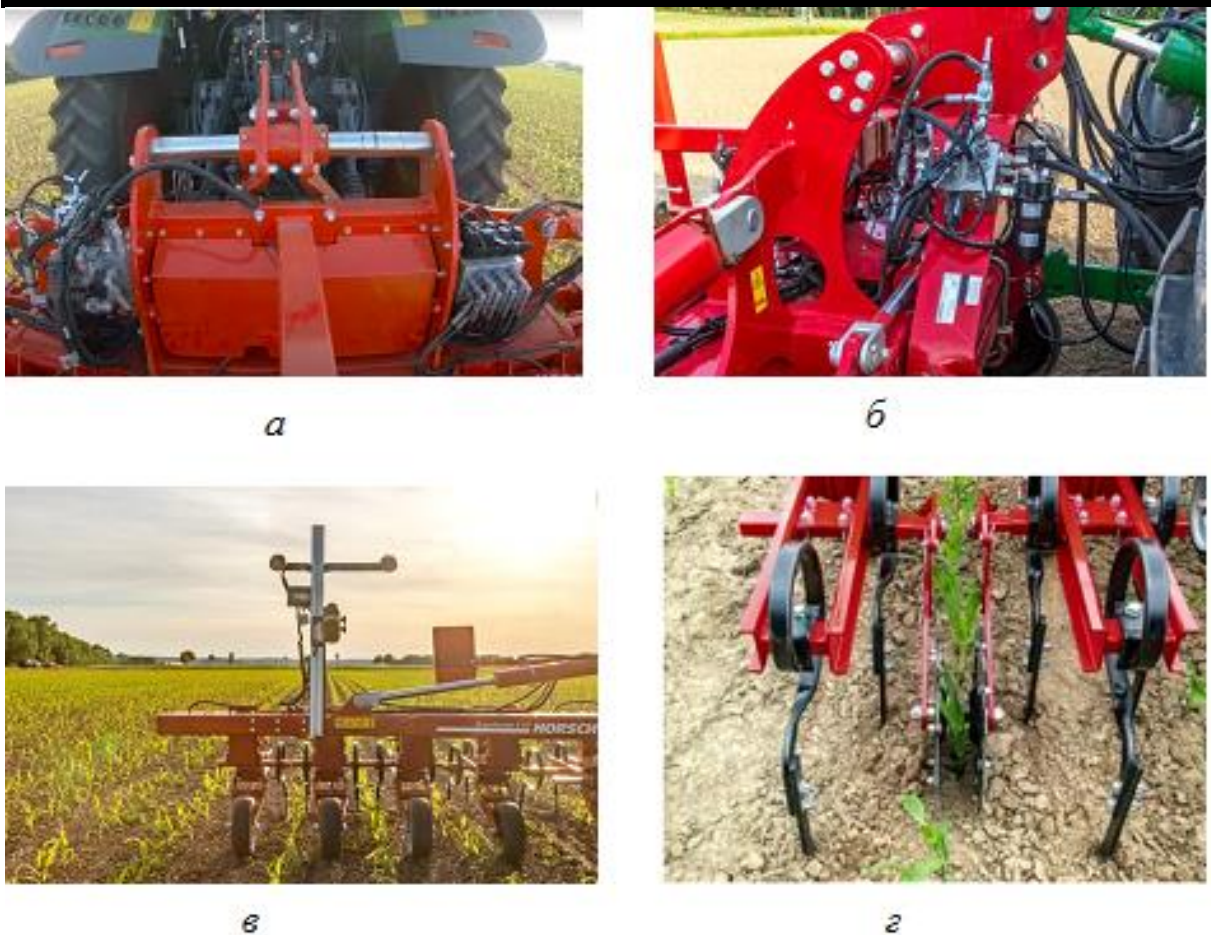


Рис. 2. Система автоматичного водіння культиватора для міжрядного обробітку ґрунту HORSCH: а, б – гідравлічна система культиватора; в – розміщення камер на культиваторі; г – формування захисної зони

Культиватор для міжрядного обробітку EC-Weeder не є розробкою компанії LEMKEN. Адже у 2018 році компанія LEMKEN приєднала до свого складу нідерландську компанію Steketee, яка спеціалізується на виробництві культиваторів для міжрядного обробітку. Першою значущою інновацією є використання власного програмного забезпечення та камери, розробленої компанією Steketee. Ці технології надають можливість відрізнити культурні рослини від бур'янів за їхньою формою і кольором в умовах різних станів поля. Важливо зауважити, що більшість інших компаній використовують камери виробництва Claas, які здатні розпізнавати лише рядки, тобто вони відрізняють рослини від ґрунту, але не здатні розрізняти між культурними рослинами і бур'янами.

Система водіння IC-Light є в необхідною складовою. Ця система дозволяє паралельно зміщувати раму з робочими органами відносно рами навішування на культиваторі Steketee. Основною складовою цієї системи є гідросистема, яка отримує сигнали від комп'ютера керування. В деяких комплектаціях відносним зміщенням культиватора під час руху може керувати оператор. Найцікавіше, що ця система самокалібрується, щоб забезпечити точність та ефективність роботи. Система автоматичного паралельного водіння культиватора реалізована таким чином, що вона не впливає на роботу трактора, і навпаки, дозволяє працювати з високою швидкістю - до 15 км/год з точністю 1 - 2 см. Одночасно агрегат може зміщуватися на відстань +/- 20 см. Це робить його ефективним і продуктивним інструментом для обробки поля. На

широкозахватних культиваторів може бути встановлено декілька камер, але тільки одна з них відповідає за управління зміщенням рами. Функція "дуєт" системи камер дозволяє реалізувати важливу опцію - відключення окремих секцій культиватора. Додатково до камер можуть встановлюватись датчики рядків, які забезпечують точне керування навіть на пізніх стадіях росту та великих рослинах, які замкнули рядки і не дають змогу орієнтуватись камері. Інформація, зібрана камерою та оброблена комп'ютером, виводиться на термінал у кабіні трактора. Це дозволяє оператору моніторити процес обробки поля та вчасно реагувати на будь-які зміни. Такий підхід допомагає забезпечити високу точність та продуктивність під час виконання аграрних робіт і сприяє збільшенню ефективності сільськогосподарського виробництва.

Культиватор Steketee (рис. 3) має цікаву конструкцію, яка робить його дуже гнучким та придатним для різних умов обробки ґрунту і культурних рослин. Основою цього культиватора є профільна рама, до якої можна кріпити різні секції ґрунтообробних знарядь за допомогою спеціальних клем.

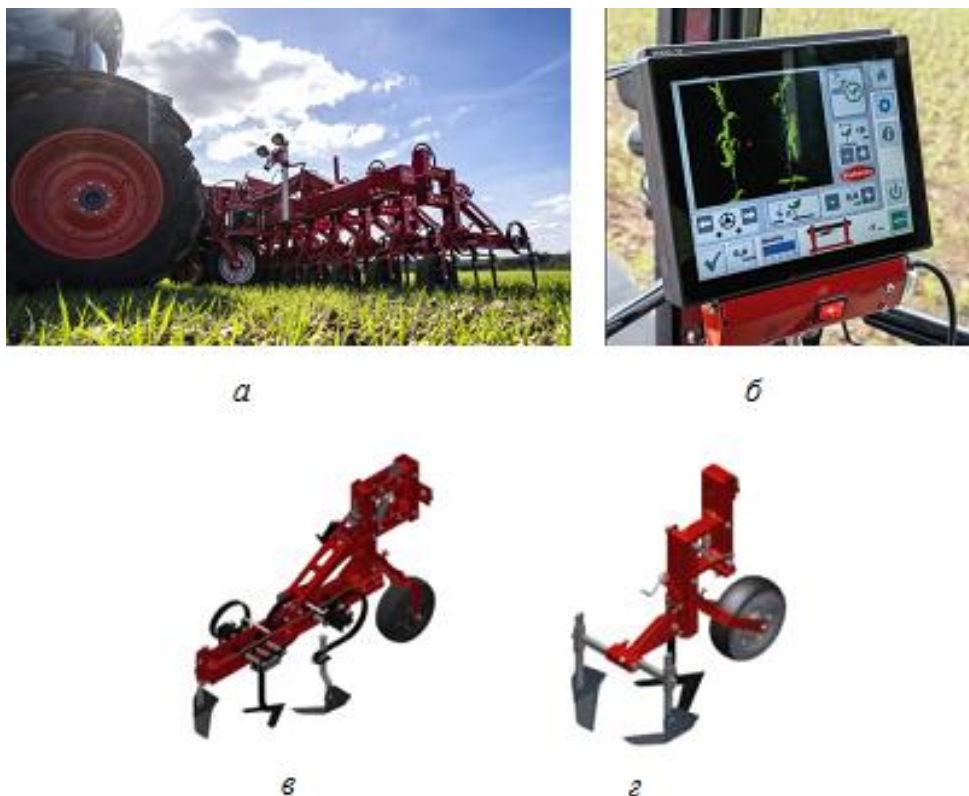


Рис. 3. Культиватор для міжрядного обробітку ґрунту Steketee: *a* – загальний вигляд у складі агрегату; *б* – обладнання системи автоматичного паралельного водіння IC-Light; *в, г* – варіанти робочих секцій

Базова секція призначена для легких ґрунтів і низькорослих рослин з міжряддям від 15 до 50 см, що дозволяє працювати навіть у посівах колосових зернових культур. Вона має паралелограмну конструкцію та копіювальне колесо для регулювання глибини. Натяжна пружина відповідає за силу притискання та точне дотримання глибини обробітку. На таку секцію можна закріпити не більше 3-х робочих органів. Ця секція є компактною та підходить для тракторів невеликої потужності.

Комбінована секція розроблена для роботи з широким діапазоном міжрядь, від 20 до 80 см. Вона призначена для середніх і важких ґрунтів. Висоту рами можна регулювати, а глибину обробітку та силу притискання можна контролювати за

допомогою шпинделя в базовому варіанті або гідроциліндра, що дозволяє керувати кожною секцією окремо зі сенсорного дисплея. На таку секцію можна закріпити до 5 робочих органів.

Культиватор Steketeє також пропонує різноманітні робочі органи для обробки сільськогосподарських культур. Це включає в себе просапні та кутові ножі, вібростійкі пружинні зуби, пальцеві та щіткові просапники різних діаметрів, різні види борін та інші додаткові органи, які захищають рослини від пошкодження чи засипання ґрунтом. Зірочки-пропюльвачі також допомагають видаляти бур'яни між рядками культур.

За допомогою цих різноманітних секцій, робочих органів, систем точного ведення культиватор Steketeє може адаптуватися до різних умов та завдань на полі, що робить його універсальним і ефективним інструментом для сільськогосподарської роботи.

Відома австрійська компанія RÖTTINGER також розробила свій власний культиватор для міжрядного обробки з незвичайними та передовими технічними рішеннями. Культиватор має назву FLEXCARE V виробляється у трьох робочих варіантах, шириною – 4,7; 6,2 і 9,2 м. Найширша версія агрегується з трактором 150 к.с., що чудово підходить майже для всіх фермерських господарств.



a



б



в



г

Рис. 4. Культиватор для міжрядного обробки ґрунту FLEXCARE V австрійської компанії RÖTTINGER: *a* – у складі агрегата в роботі; *б* – загальний вигляд; *в* – обладнання системи автоматичного паралельного водіння

Рама складається за допомоги гідравліки. У складеному положенні ширина агрегата становить 3 м. Кількість робочих секцій на рамі залежить від ширини

міжряддя, яке налаштовують в межах від 25 до 80 см. Рама має висоту 550 мм. над рівнем поля, що є трохи нижчим показником ніж у конкурентів, але цілком достатнім для виконання всіх поставлених задач. Адже при великій висоті культурні рослини починають закривати собою простір між рядками, що унеможливує їх обробіток. Культиватор FLEXCARE V є надзвичайно комфортним і його можна швидко налаштувати. Ширина міжряддя, робоча ширина просапних елементів і точне налаштування пальчикової мотики регулюють без інструментів, за допомогою ексцентричних затискачів, натискних кнопок та пластини з отворами на головній рамі.

Будова робочих секцій є досить унікальною, складається з двох паралелограмів. Перший з'єднує раму та всю робочу секцію, другий розташовано між основною та задньою частинами. Така конструкція дає змогу вести пальчикові мотики окремим паралелограмним механізмом. Це забезпечує оптимальне ведення по контуру, роботу по виданню бурянів в рядку між рослинами з мінімальним їх пошкодженням. Пальчикові мотики є у двох виконаннях, середньої та високої жорсткості. Загалом RÖTTINGER пропонує велику палітру робочих органів. Кількість просапних елементів їх можна обирати відповідно до робочих умов. На одному просапному елементі можна розмістити до 5 робочих органів – їх розташування можна обрати за необхідністю. Усі робочі органи кріпляться через пружину до пластини для регулювання. Таким чином культиватор можна налаштувати під різноманітні задачі. Кожна робоча секція має електрогідравлічне керування, що дає змогу здійснювати з кабіни довантаження кожної секції окремо та реалізувати систему SECTIONCONTROL, яка надзвичайно корисна при обробітку клинів та краях поля. Ще надзвичайно зручним є те що усі частини конструкції, що обертаються, мають підшипники, які не потребують обслуговування. Таким чином у культиватора FLEXCARE немає точок для змащування, що полегшує роботу механізатора.

Як і його конкурент, культиватор FLEXCARE V має систему точного паралельного водіння між посівами культурних рослин. Його особливістю є наявність двох систем з камерами, які точно утримують його в рядку. Аналогова камера передає живе зображення на екран у кабіну трактора. Гідравлічною розсувною рамою оператор може керувати за допомогою блока керування подвійної дії. 2D-камера розпізнає рядки рослин, і завдяки спеціальному програмному забезпеченню, регулює положення просапного культиватора. Можна також встановити синхронізовану другу камеру. Таким чином покращується точність роботи. Система здатна розпізнавати від 1 до 8 рядків рослин. Управління камерою дає змогу витримувати захисну зону від 5 до 10 см.

Культиватори для міжрядного обробітку ґрунту світової компанії BEDNAR (рис. 5) представлені двома моделями ROW-MASTER RN та ROW-MASTER RN_PROFI, яка виготовляється їх – 4,8, 6,4 та 9,6 м з міжряддям від 45 до 80 см. Як і більшість європейських культиваторів, має складну раму, яка складається гідравлічно. Транспортна ширина 3 м, що пов'язано із законами, що регламентують ширину транспортних засобів у Європейському союзі.

Порівняно з культиваторами, які описані вище, ROW-MASTER є дещо простіший за будовою, але має свої унікальні конструктивні рішення і можливості. Звичайна модель від PROFİ відрізняється висотою рами над рівнем поля, звичайна – 80 см для PROFİ-90. Це дає змогу проводити обробіток на пізніших стадіях вегетації рослин. PROFİ може оснащуватись незалежним управлінням кожної робочої секції row-unit control типу SECTIONCONTROL.

На основі даних навігаційної системи, окремі робочі секції піднімаються та опускаються, відповідно до польових умов, на висоту до 45 см. Обидві версії мають цікаве рішення монтажу робочих секцій за допомогою сайлент-блоків, встановлених на паралелограмі. Тиск робочих секцій забезпечується унікальним методом кріплення на

дві пари сайлент-блоків. Тиск до 80 кг забезпечує збереження заданої глибини навіть у важких та складних умовах роботи. Робоча глибина регулюється за допомогою гвинтового механізму на опорному колесі. Як і більшість виробників BEDNAR пропонує великий набір робочих органів.

Особливістю є те, що BEDNAR один з небагатьох іноземних виробників пропонує систему внесення сухих гранульованих добрив висівним апаратом ALFA DRILL, встановленим на опорній рамі агрегата. Для досягнення вищої продуктивності його можна поєднати з фронтальним бункером FERTI-BOX FB_F, який дозволяє вносити два види добрив. Також, як для версії, виробник PROFİ пропонує укомплектувати культиватор сошниками для висіву проміжних культур у міжряддях основної культури, яка забезпечує захист від ерозії ґрунту.



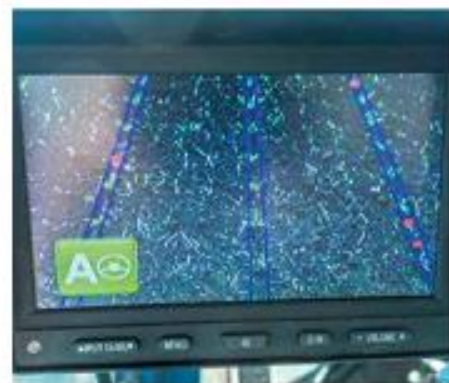
а



б



в



г

Рис. 5. Культиватор для міжрядного обробітку ґрунту компанії BEDNAR: а – загальний вигляд у складі агрегата із системою внесення сухих гранульованих добрив висівним апаратом ALFA DRILL; б – розміщення обладнання системи автоматичного паралельного водіння на культиваторі CultiCam ; в – монтаж робочих секцій за допомогою сайлент-блоків; г – монітор системи автоматичного водіння

Особливою є система автоматичного паралельного водіння культиватора CultiCam. Система має дві версії STANDARD і PROFESSIONAL. Стандартна комплектація передбачає ручне налаштування камери, фіксацію лише зеленого кольору та стрибковий рух кадру. У той же час в комплектації CultiCam PROFESSIONAL функціонал більш розширений. Забезпечується автоматичне регулювання висоти і кута камери; фіксація кількох кольорів (червоний, жовтий, синій) та їх поєднання; 3D відображення висоти рослини, що значно підвищує точність ведення і розпізнавання рослин. Виробник зазначає, що STANDARD можна оновити до версії PROFESSIONAL.

Всі ці додаткові функції дозволяють точно вести культиватор навіть на швидкості 18 км/год. Дана система також допомагає про роботі на схилах.

Висновки

1. Аналіз зарубіжних конструкцій культиваторів для міжрядного обробітку ґрунту свідчить, що має місце тенденція застосування систем автоматичного паралельного їх водіння.

2. Ці системи за допомогою датчиків, відеокамер, обчислювальної апаратури, моніторів, гідравлічної системи, дають змогу забезпечити мінімальну захисну зону для рослин в рядку і збільшити робочу швидкість технологічної операції, що в свою чергу впливає на продуктивність агрегату, час виконання операції.

3. Застосування систем автоматичного паралельного водіння на культиваторах для міжрядного обробітку ґрунту дозволяє зменшити використання гербіцидів, що є актуальним на сьогодні, оскільки є світова тенденція їх зменшення та навіть їх заборону в деяких країнах.

4. Спираючись на зарубіжний досвід доцільно вітчизняні культиватори для міжрядного обробітку виготовляти із подібними системами автоматичного паралельного водіння, що дасть змогу вітчизняним аграріям використовувати подібну техніку.

Список використаних джерел

1. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. Experimental study on the process of grain cleaning in a pneumatic microbiocature separator with apparatus camera. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2019. Vol. 12 (61). No 1. P. 117–128. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.1.10>.

2. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Rosamaha Yu.O., Blesnyuk O.V., Ohienko A.V. Engineering management of two-phase coulter systems of seeding machines for implementing precision farming technologies. INMATEH. Agricultural Engineering. 2019. Bucharest. Vol. 58. No 2. P. 137–146. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-58-15>.

3. Rogovskii I.L. Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2020. Vol. 11 (1). P. 155–162. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162>

4. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. Experimental study of the process of grain cleaning in a vibro-pneumatic resistant separator with passive weeders. Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering. 2020. Vol. 13 (62). No 1. P. 117–128. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2020.13.62.1.11>.

5. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Haponenko O.I., Ohienko M.M., Kulik V.P. Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. INMATEH. Agricultural Engineering. 2020. Bucharest. Vol. 60. No 1. P. 45–52. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-60-05>.

6. Rogovskii I.L. Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research. Kyiv. Ukraine. 2019. Vol. 10(4). P. 145–150. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2019.04.145-150>.

7. Yablonskyi P., Rogovskii I., Sobczuk H., Virchenko G., Volokha M., Vorobiov O.

Computational approach to geometric modeling of plow bodies. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. 2024. Vol. 11(1). P. E9–E18. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).e2).

References

1. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. (2019). Experimental study on the process of grain cleaning in a pneumatic microbiocature separator with apparatus camera. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. Vol. 12 (61). No 1. P. 117–128. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2019.12.61.1.10>.
2. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Rosamaha Yu.O., Blesnyuk O.V., Ohienko A.V. (2019). Engineering management of two-phase coulter systems of seeding machines for implementing precision farming technologies. *INMATEH. Agricultural Engineering*. Bucharest. Vol. 58. No 2. P. 137–146. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-58-15>.
3. Rogovskii I.L. (2020). Algorithmically determine the frequency of recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. Vol. 11 (1). P. 155–162. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2020.01.155-162>
4. Rogovskii I., Titova L., Trokhaniak V., Trokhaniak O., Stepanenko S. (2020). Experimental study of the process of grain cleaning in a vibro-pneumatic resistant separator with passive weeders. *Bulletin of the Transilvania University of Brasov, Series II: Forestry, Wood Industry, Agricultural Food Engineering*. Vol. 13 (62). No 1. P. 117–128. <https://doi.org/10.31926/but.fwiafe.2020.13.62.1.11>.
5. Rogovskii I.L., Titova L.L., Trokhaniak V.I., Haponenko O.I., Ohienko M.M., Kulik V. P. (2020). Engineering management of tillage equipment with concave disk spring shanks. *INMATEH. Agricultural Engineering*. Bucharest. Vol. 60. No 1. P. 45–52. <https://doi.org/10.35633/INMATEH-60-05>.
6. Rogovskii I.L. (2019). Consistency ensure the recovery of agricultural machinery according to degree of resource's costs. *Machinery & Energetics. Journal of Rural Production Research*. Kyiv. Ukraine. Vol. 10(4). P. 145–150. <https://doi.org/10.31548/machenergy.2019.04.145-150>.
7. Yablonskyi P., Rogovskii I., Sobczuk H., Virchenko G., Volokha M., Vorobiov O. (2024). Computational approach to geometric modeling of plow bodies. *Journal of Engineering Sciences (Ukraine)*. Vol. 11(1). P. E9–E18. [https://doi.org/10.21272/jes.2024.11\(1\).e2](https://doi.org/10.21272/jes.2024.11(1).e2).