УДК 631.316.4:633.63 http://dx.doi.org/ 10.31473/2305-5987-2020-1-26(40)-2

ОГЛЯД РОЗВИТКУ ЗАСОБІВ ДЛЯ ОРІЄНТАЦІЇ ПРОСАПНИХ ЗНАРЯДЬ ВЗДОВЖ РЯДКІВ, ЗОКРЕМА У ВИРОЩУВАННІ ЦУКРОВИХ БУРЯКІВ

Ветохін В., д-р техн. наук, доцент,
e-mail: veto.vladim@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-7299-3094
Полтавська ДАА,
Амосов В., канд. техн. наук, доцент,
e-mail: v_vas_a@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-0154-2886
Центральноукраїнський НТУ,
Голдибан В., канд. техн. наук,
https://orcid.org/0000-0002-5332-926X
РУП «НПЦ НАН Білорусі з механізації сільського господарства»,
Боровик О., https://orcid.org/0000-0003-3115-7257
Біловод І., https://orcid.org/0000-0001-6434-0467
Полтавська ДАА

Анотація

Мета роботи *- аналіз розвитку принципів керування технічними засобами для орієнтації просапних знарядь вздовж рядків та їх конструктивних рішень, як основи для вдосконалення або розроблення нових знарядь.*

Метод аналізу. *Вивчення принципів побудови технічних засобів з точки зору теорії керування.*

Результати. *Фізична боротьба з бур'янами є поширенішою, особливо в органічному виробництві.*

Наприкінці дев'ятнадцятого сторіччя запропоновано просапне знаряддя, яке включає двоколісний передок, напрямок руху якого змінювався вручну важелем. Функції вимірювального пристрою, логіки та формування команд керування, підсилювача-перетворювача, виконувала людина. Візуальне відстеження положення відносно рядків та керуванням знаряддям фізичною силою робітника накладало обмеження на швидкість руху вздовж поля та розмір захисної зони.

Пошук шляхів підвищення робочої швидкості призвів до розміщення робітника-оператора на сидінні наближено до робочої зони культиватора та застосування різноманітних підсилювачів. Повне виключення оператора з процесу керування досягнуто з розвитком засобів орієнтації, зокрема методу водіння за напрямними щілинам, які нарізувалися в ґрунті під час сівби.

Застосування акустичних та радіолокаційних пристроїв для стеження за рядками рослин зіткнулися з труднощами. Оптичний сигнал для отримання інформації, як це було на початку механізації, виявився більш надійним. Операції розпізнавання образу, логічної обробки інформації, прийняття та виконання рішень керування виконує комплекс комп'ютерів та електрогідравлічних механізмів.

Висновки. *Системи керування орієнтацією просапного знаряддя пройшли розвиток від візуального контролю та ручного керування положенням культиватора безпосередньо фізичною силою, візуального контролю та керування з використанням різноманітних підсилювачів, контактного відстеження положення рядка та керування положенням культиватора за напрямними у ґрунті, до безконтактного оптичного відстеження рядка рослин із автоматичним керуванням положенням культиватора електрогідравлічним приводом.*

Розвиток органічного землеробства актуалізує механічний контролю за бур'янами з використанням культиваторів ручного керування та візуальним відстеженням положення. У майбутньому можливе поєднання засобів контактного відстеження рядка за напрямними у ґрунті та керування культиватором електрогідравлічним приводом.

Ключові слова: *механічна боротьба з бур'янами, міжрядний обробіток, захисна зона, просапний агрегат, орієнтація відносно рядків, щілиноріз, напрямна щілина, цукрові буряки, системи керування, автоматичні системи рульового керування.*

Постановка проблеми. Отримання стабільних планованих врожаїв сільгоспкультур – важлива задача. Цукрові буряки та інші просапні культури мають підвищену чутливість до конкуренції з боку бур'янів у період від посіву до змикання листя. Недобір врожаю внаслідок забур'яненості посівів цукрових буряків може становити 30-50 %. Догляд за посівами, стосовно боротьби з бур'янами, включає багаторазове механічне розпушення ґрунту та внесення хімічних засобів. При цьому важливо запобігати пошкодження культурних рослин робочими органами культиватора та точне внесення засобів захисту рослин. Зменшення розміру захисної зони пропорційно зменшенню кількості бур'янів, які залишаються на посівах та потребують додаткових заходів для їх знищення. Щоб видалити бур'ян у зоні рядка механічними або хімічними засобами необхідна досить точна орієнтація агрегата відносно рядків, що досягається різними засобами.

В останній час актуальне прагнення отримувати частину врожаю без застосування хімічних засобів. Контроль бур'янів в органічному сільському господарстві є однією з головних проблем, особливо в органічному виробництві овочів.

Тому вивчення та вдосконалення технічних засобів для забезпечення орієнтації (водіння) просапного агрегата вздовж рядків у вирощуванні просапних культур – актуальна та важлива задача.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Проблема засміченості культурних посівів бур'янами є загальновизнаною. Ось Європейське товариство з дослідження бур'янів (European Weed Research Society) проводить регулярні наукові конференції, присвячені різним аспектам названої проблеми. [1].

Засміченість культурних посівів бур'янами призводить до значних втрат врожаю особливо в органічному виробництві овочів, де культурні рослини завжди характеризується низькою конкурентоспроможністю щодо видів диких рослин. [2]. Фізична боротьба з бур'янами є найпоширенішою і використовує механічні засоби, які застосовуються для обробітку ґрунту. [3].

Група дослідників поставила мету підвищити врожайність і знизити потребу в робочій силі для прополки, яка часто є основним компонентом вартості для виробників органічних овочів [4]. Мета була досягнута відповідно зі збільшенням врожайності кропу і часнику приблизно на 20 і 40 %, в той час як для моркви значних відмінностей не спостерігалося [4].

Значна кількість досліджень та публікацій присвячена роботизованим технологіям використання культиваторів та боротьби з бур'янами [5-9].

Група фахівців американських університетів вважає, що автоматизація видалення бур'янів представляється дуже перспективною технологією, виходячи з величезних удосконалень у сфері комп'ютерної обробки, машинного зору та робототехніки [5]. Економічні та нормативні обмеження на розвиток гербіцидів набагато більше, ніж для технології інтелектуального видалення бур'янів. Компанії, які розробляють інтелектуальні технології видалення бур'янів, порівняно невеликі порівняно з традиційними пестицидними компаніями і менш обмежені спадковими проблемами. Системи машинного зору базуються на різниці в розмірах між культурами і бур'янами та/або від регулярної структури рядів культур. За цими ознаками система розпізнає сільськогосподарські рослини і контролює навколишні бур'яни. Однак там, де бур'яни великі або популяція бур'янів дуже щільна, сучасні системи машинного зору не можуть ефективно диференціювати бур'яни від сільськогосподарських культур [5].

Дослідники університету Hohenheim Stuttgart (Germany), у 2013-2014 роках вивчали переваги нових сенсорних техноло-

гій, які розрізняють посіви та бур'яни, та автоматичні системи рульового керування, щоб орієнтувати мотику точно вздовж ряду, порівняно зі звичайною механічною боротьбою з бур'янами (рис. 1) [6].

Рисунок 1 – Фотографії мотики Kult-robocrop® з автоматичною системою рульового керування на базі камери в роботі в рядках цукрових буряків у фазі 8-листків [6]

Робиться висновок, що автоматичні системи машинного наведення для міжрядного лущення бур'янів мають дещо підвищену ефективність порівняно зі звичайними механічними методами боротьби з бур'янами. Швидкість підкопування бур'янів звичайними мотиками могла бути збільшена з 4 км/год, до 7 та 10 км/год, коли використовувались автоматичні системи рульового керування.

Констатується необхідність подальших досліджень та розроблень, щоб визначити точність системи рульового керування та оптимальну відстань ротаційних лопатей до рядів посіву. Міжрядкові розпушування можуть поєднуватися із селективними хімічними речовинами або механічним засобом боротьби з бур'янами на внутрішньорядних ділянках. Однак бур'яни, близькі до культурних рослин, залишаться головним обмеженням механічної прополки.

Дослідники університету Hohenheim Stuttgart (Germany), у 2015-2016 роках провели польові експерименти для перевірки ефективності 3D стереокамери OEM класу у поєднанні зі знаряддям Einbuck RowGuard® для боротьби з бур'янами [7]. Середня густота бур'янів на необроблених контрольних ділянках становила від 12 до 153 рослин на квадратний метр. Кероване камерою сапування дало до 78 % ефективності боротьби з бур'янами порівняно з 65 % машинного полоття з ручним наведенням. Ефективність боротьби з бур'янами була найвищою від обробки гербіцидами майже на 100 %, після чого застосовували смуги гербіцидів у поєднанні з міжрядними мотиками. Механічні засоби боротьби з бур'янами збільшили вихід білого цукру на 39 %, вихід біомаси кукурудзи на 43 % та вихід зерна сої на 58 % порівняно з необробленим контролем обидва роки [7].

У роботі дослідників з університету California, Davis (USA) описано розробку та оцінку повністю автоматичної системи боротьби з внутрішньорядними бур'янами на полях томатів [8]. Ця система використовує автоматично сформовану карту рослин (RTK) та систему глобального позиціювання (GPS) для автоматичного керування рухом механічних ножів щоб знищити бур'яни, які ростуть між рослинами томатів на насіннєвій лінії (рис. 2).

Рисунок 2 – Фотографії демонструють роботу автоматичної системи механічного видалення внутрішньорядних бур'янів на базі автоматизованої системи картографування трансплантатів RTK-GPS на фермі кампусу університету California, Davis [8]

У дослідженні «Robotic intra-row weed hoeing in maize and sugar beet» [9] представлений прототип робототехнічного сапування бур'янів у середині рядків кукурудзи та цукрових буряків. Бур'яни в рядах посівів ідентифікували системами двоспек-

трального аналізу зображень та форми. Позиції бур'янів на зображеннях були записані. Вибіркову боротьбу з бур'янами в ряду виконували модифікованим пальцевим ротором, який приводиться в рух електродвигуном. Швидкість пальцевого ротора збільшувалася в місцях, де класифікували лише бур'яни [9].

Ці дослідження аналізують різноманітні аспекти проблеми, але недостатньо вивчають розвиток принципів побудови орієнтаторів просапних знарядь з урахуванням досягнень теорії керування.

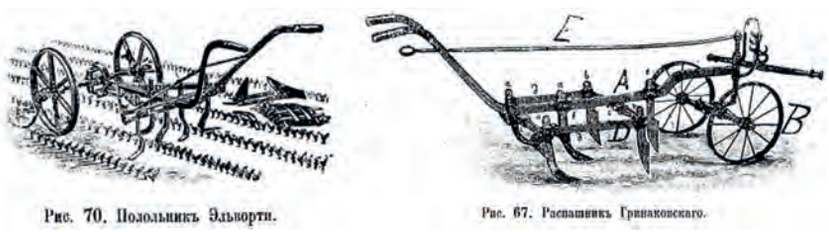
Мета статті - аналіз розвитку принципів керування технічними засобами для орієнтації просапних знарядь вздовж рядків та їх конструктивних рішень, як основи для вдосконалення або розробки нових знарядь.

Виклад основного матеріалу дослідження. Енергетичний засіб, ґрунтообробне знаряддя та ґрунт утворюють систему, яка перетворює шар ґрунту [10]. За необхідності керування положенням знаряддя відносно поверхні ґрунту або напрямку руху, система, яка перетворює шар ґрунту, доповнюється системою керування, окремою або суміщеною із системою керування енергетичним засобом.

Відповідно до положень сучасної теорії керування процесами, в системі виділяються такі компоненти: об'єкт керування, датчик сигналу керування (вимірювальний пристрій), пристрій логічної обробки сигналу, підсилювач-перетворювач, привід, виконавчий пристрій [11]. Розвиток технічних засобів будемо вивчати з виділенням вказаних компонентів систем.

Докладно описав конструкції та рекомендації щодо використання різноманітних культиваторів та просапних знарядь на початку минулого сторіччя Костянтин Іполитович Дебу [12, 13].

Керували положенням відносно рядка рослин «пололника Эльворти» (рис. 3, а) вручну двома рукоятками фізичною силою робітника. На відміну від цього, напрямок руху «распашника Гринаковского» (рис. 3, б) змінювався двоколісним передком, який керувався довгим важелем. Особливо відмічалось, що «... в Кіевской губерніи имеетъ известное рапространеніе распашникъ-окучникъ Ф. Гринаковскаго, на три ряда» [10, с.42].



а б

Рисунок 3 – Вигляд ґрунтообробних знарядь наприкінці 19-го сторіччя [10]

Наприкінці дев'ятнадцятого та початку двадцятого сторіччя значну популярність мало знаряддя «Планет» американського заводу Аллена, одна з модифікацій, «свекловичный пололник Планет», наведена на рис. 4, а [12].

Розвиток технічних засобів керування напрямом руху знаряддя колесами представлено у конструкції знаряддя «пололник завода в Эрцгебирге» (рис. 4, б) [12, с.52].

а б

Рисунок 4 – Вигляд просапних ґрунтообробних знарядь початку 20-го сторіччя [10]

Принципова схема знаряддя (рис. 4, б) використовувалася в тридцяті-сорокові роки минулого сторіччя в культиваторах на тракторній тязі марок «Українка», УКС-1кт, ВИМ №1, УТК («Красний Аксай»), ППК (ВИСХОМ) та багатьох інших.

Функції датчика сигналу керування (вимірювального пристрою), пристрою логічної обробки сигналу, підсилювача-перетворювача та привода, виконували відповідні органи людини. Візуальне відстеження руху робочих органів відносно рядків та керуванням знаряддям фізичною силою робітника накладало обмеження на швидкість руху вздовж поля та на розмір захисної зони рядка.

Пошук шляхів вирішення проблеми збільшення робочої швидкості привів до рішення розмістити робітника-оператора максимально наближено до робочої зони культиватора та полегшити фізичне навантаження завдяки різноманітним механічним підсилювачам. Наприклад, згідно з американським патентом Tractor attachment (1922) робітник розміщувався на додатковому сидінні на тракторі безпосередньо над культиватором [14]. Робітник керував передніми колесами трактора за допомогою штурвала, а культиватор навішувався між осями трактора (рис. 5).

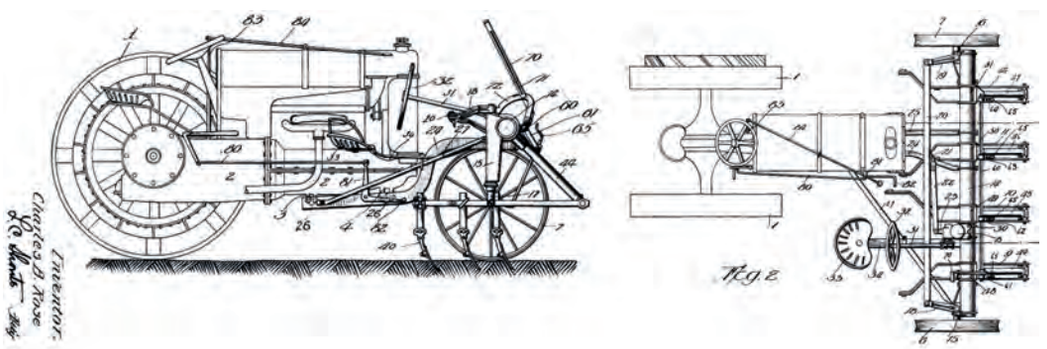


Рисунок 5 – Технічне рішення за патентом «Навісне обладнання для тракторів» US1472888 [14]

Аналогічне рішення запропоновано у 1945 році в американському патенті «US2604835 Steered tractor mounted cultivator» [15]. Сидіння для робітника-оператора розміщено на тракторі безпосередньо над культиватором. Культиватор, навішений позаду трактора, керується довгим важелем (рис. 6).

Описані рішення недостатньо враховували фізіологічні особливості людини-оператора, наприклад, відносно часу, необхідного для прийняття рішення та здійснення керування положенням робочих органів.

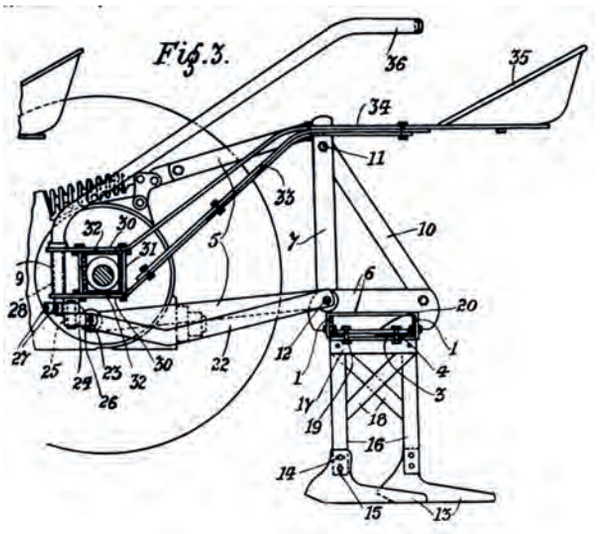


Рисунок 6 – Навісний культиватор на тракторі за патентом US2604835 (1945) [15]

Подальший розвиток механічних способів орієнтації культиваторів пов'язаний з початком у 1960-х роках серійного виробництва тракторів з передньою навісною системою [16]. Однак це рішення ще більше ускладнило умови візуального спостереження за відносним положенням робочих органів та рядків рослин і знайшло обмежене застосування. Нестійкість динамічної системи машинно-тракторного агрегата, обумовлена таким компонуванням, значно зменшила час на здійснення управлінського впливу.

Використання культиваторів з індивідуальним рульовим керуванням та додатковим робочим місцем не знайшло суттєвого розповсюдження внаслідок значної втомлюваності робітника-оператора та, як наслідок, обмеження робочої швидкості та продуктивності.

Пошук засобів орієнтації, заснованих на різноманітних фізичних принципах – водіння вздовж струмопроводів, використання фотооптичних пристроїв, керування за променем лазера та таке інше – активно відбувався у 1970-1980 роки [17].

Використання напрямних щілин в ґрунті, які нарізають під час сівби для стабілізації руху культиватора запропоновано у середині 1960-их років рядом європейських і американських фірм. Фірма Ventzki Eislingen GmbH запропонувала такий пристрій з використанням робочого органу типу «кротувач». Стяжки навісної системи трактора послаблюються і культиватор рухається уздовж рядків, копіюючи траєкторію напрямних щілин, які збігаються з кривизною рядків. Спосіб виявився досить надійним і не вимагав складних дорогих гідро- та електропристроїв. Завдяки підвищенню точності копіювання рядків робочими органами, вдалося знизити розмір захисної зони, збільшивши тим самим оброблювану площу міжрядь.

Аналогічне знаряддя Apparatus for guiding row crop processing implements розроблено та запатентовано в США (рис. 7) [18].

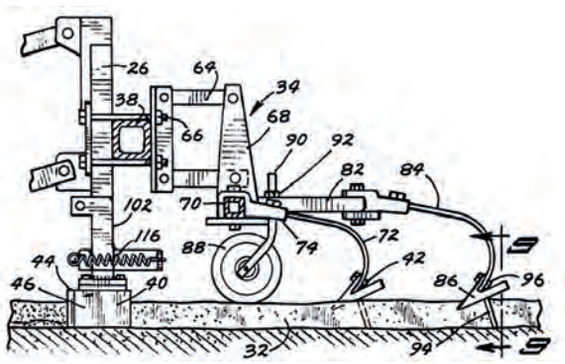


Рисунок 7 – Схема знаряддя за патентом US4117889A (1978) [18]

Культиватор оснащується тими самими ножами, які встановлювалися на сівалку для утворення щілин. Ножі виконані у формі плаского леза з вертикальною загостреною крайкою.

За французьким патентом FR2423961 (1979) була запропонована система автоматичного водіння, призначена для сільськогосподарського трактора (рис. 8) [19]. Система має датчик, який слідкує за напрямним каналом, виробленим під час попереднього проходу. Для керування трактором під час першої операції використовується канал, який знаходиться близько до поверхні і проходить з кожного боку коліс транспортного засобу. Водночас, коли цей канал створюється або визначається, додатковий трек проходить поблизу поздовжньої осі транспортного засобу. Цей трек використовується, щоб вести трактор для всіх інших операцій. Трек значно глибший, ніж канал.

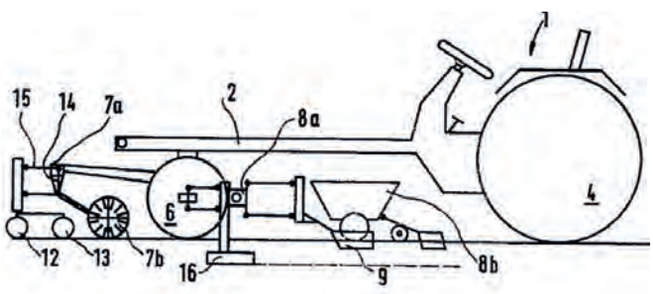


Рисунок 8 – Схема пристрою для автоматичного ведення моторного сільськогосподарського засобу за патентом FR2423961 [17]

Підсилювачі зусилля керування положенням культиватора запропоновано у патенті FR2351569 (рис. 9) [20].

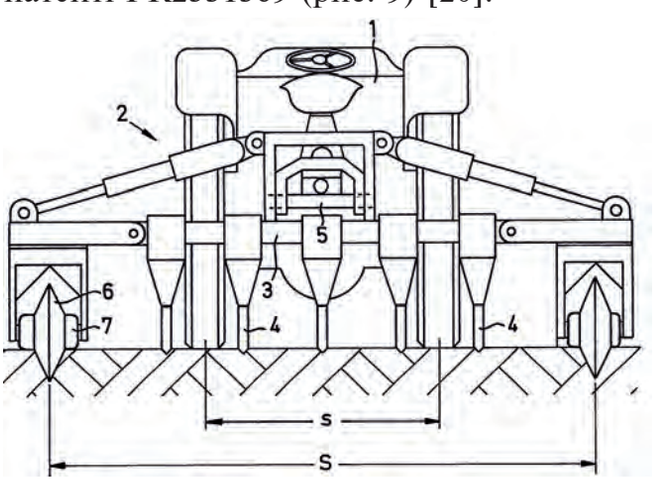


Рисунок 9 – Сільськогосподарська машина для формування борозни в рядових посівах, приєднана до трактора FR2351569 [20]

У 80-ті роки минулого сторіччя витрати ручної праці під час вирощування просапних в Україні, зокрема цукрового буряка, були досить значними. Бур'яни в захисний зоні рядків видалялися ручними сапами, на що витрачалося до сотні людино-годин на гектар, а тривалість просапування досягала сорока календарних днів. У цей період на вітчизняному просторі почали розвиватися технології догляду

за посівами з використанням напрямних щілин у ґрунті з упровадженням індустріальної технологія виробництва томатів та інших просапних культур, яка отримала назву «астраханська» [21, 22]. Особливість технологічних операцій полягала в утворенні у ґрунті щілини на глибину до 20 см спеціальними щілинорізами-спрямовувачами перед сівбою овочевих культур. Під час наступних проходів агрегата щілина поглиблювалася і досягала 30-35 см. Необхідність поглиблення щілини викликано суттєвим розпушенням її стінок внаслідок застосованої форми та параметрів робочого органу щілиноріза.

Колектив учених та конструкторів НПО «Цукрових буряків» (ВНІС, м. Київ) наприкінці вісімдесятих років розробив технологію та комплекс знарядь для вирощування цукрових буряків з використання напрямних щілин у ґрунті, які нарізають під час сівби. Щілини слугують для орієнтації робочих органів культиватора щодо рядків буряків, що дає можливість збільшити кількість підрізаних бур'янів завдяки зменшенню захисної зони рядків і підвищити робочу швидкість агрегата [23, 24, 25] (рис. 10). Тримальну здатність та стійкість щілин у ґрунті, достатню для орієнтації культиватора під час багаторазових проходів агрегата, вдалось забезпечити завдяки особливій формі ножа-щілиноріза [22]. Досягнуті показники були підтверджені експериментальними дослідженнями та виробничою експлуатацією серійних знарядь [23].

а б

Рисунок 10– Вигляд орієнтатора просапних машин, розробки НПО «Цукрових буряків»: а – конструктивне виконання для культиватора «Плай»; б – форма ножа для утворення щілин у ґрунті за винаходом SU1396975 [24]

В описаних вище пристроях функції датчика сигналу керування (вимірювального пристрою), функцію пристрою логічної обробки сигналу, підсилювача-перетворювача та привода, виконували колесо або щілиноріз, які рухались по борозні щілини.

Щоб зменшити витрати ручної праці та навантаження на оператора запозичили досягнення суміжних областей техніки. Наприклад, фірмою Daimler Benz AG для вирішення проблеми підвищення швидкості руху громадського транспорту на виділеній смузі з обмеженою шириною запропоновано технічне рішення за патентом US4069888A (1975) [26].

Основні проблеми вирішуються відповідно до цього винаходу тим, що транспортний засіб оснащено передавачами і приймачем випромінювання, зокрема акустичними або радіолокаційними пристроями, для безконтактного виявлення відбивачів з визначенням відстані, які впливають на систему рульового керування транспортного засобу, тим самим забезпечуючи автоматичне поперечне наведення транспортного засобу.

З використанням цих принципів запропонована система позиціювання для сільськогосподарських пристроїв за патентом US4835691 (1987) (рис. 11) [27]. Система містить на рухомому об'єкті приймач сигналу-відлуння для вимірювання відстані від лінії об'єктів, наприклад, рядків культур. Система порівнює виміряні відстані та розміщує рухомий об'єкт, щоб вирівняти дві вимірювані відстані.

Система позиціювання (рис. 11) містить блок 10 вимірювання відстані, який передає сигнали, які використовуються для визначення відстаней до двох рядів посівів 6a, 6b, до блоку 12 керування, встановлений на тракторі, де сигнали обробляються для визначення відносного положення сільськогосподарського знаряддя 2 щодо опорного шляху, визна-

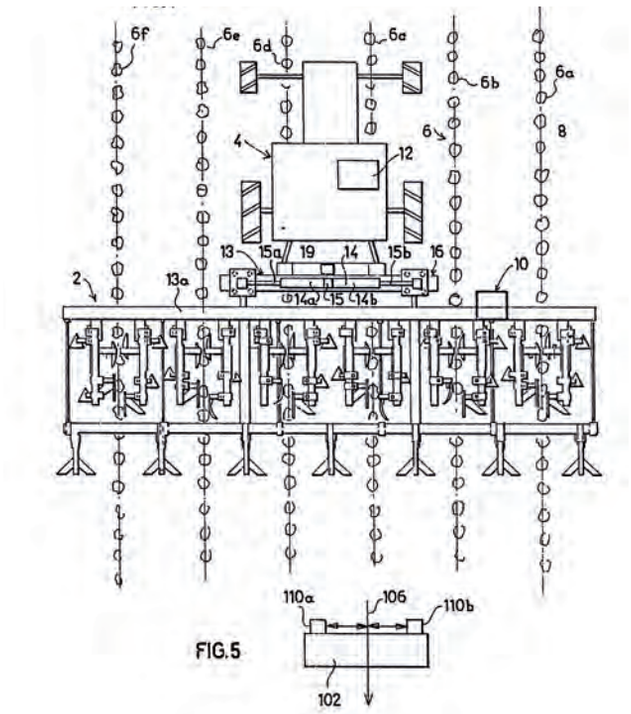


Рисунок 11 – Схема системи позиціонування сільськогосподарських знарядь за патентом US4835691 (1987) [27]

ченого цими двома рядами культур. Згідно з цим визначенням команди направляються на пристрій 13 позиціонування для того, щоб підтримувати пристрій точно в центрі між двома рядами посівів 6a, 6b і тим самим між усіма рядками 6a-6f.

Описаний у патенті US4835691 (1987) пристрій містить усі принципові складові сучасних знарядь, які випускаються серійно. Однак використання акустичних та радіолокаційних пристроїв для визначення положення рядків культурних рослин, зіткнулося із суттєвими труднощами.

Використання оптичного сигналу для отримання візуальної інформації про положення рослин в рядку, як це було на початку розвитку механізації наприкінці дев'ятнадцятого сторіччя, виявилося більш надійним. Операції розпізнавання образу, логічної обробки інформації, прийняття та виконання рішення щодо керування став виконувати комплекс комп'ютерів та електрогідравлічних механізмів. У 1993 році співробітники University of California (Oakland) подали заявку та у 1995 році отримали патент US5442552 Robotic Cultivator (рис. 12) [28].

Роботизований культиватор (рис. 12) передбачено для автоматичного позиціонування інструментів знаряддя щодо центральної лінії ряду рослин.

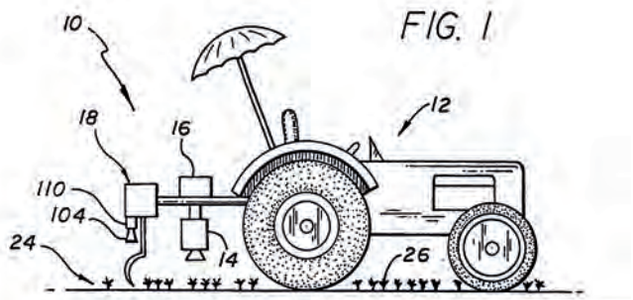


Рисунок 12 – Схема до патенту US5442552 (1993) Robotic Cultivator [26]

Культиватор містить відеокамеру для збору візуальної інформації про розташування рослин у ряду. Потім кадр-захват використовується для створення оцифрованого зображення візуальної інформації. Комп'ютер обробляє інформацію для визначення центральної лінії ряду рослин та вираховує відхилення положення знаряддя. Нарешті, пристрій позиціювання переміщує інструменти культиватора на основі аналізу поточного положення інструментів знаряддя щодо центральної лінії рядка.

Як зазначено в описі до патенту US5442552, метою винаходу є створення роботизованого культиватора, який може працювати вдень або вночі зі швидкістю до 10 миль на годину, та забезпечить поліпшені засоби для боротьби з бур'янами, зменшить кількість гербіциду, необхідного для ефективного захисту сільськогосподарських культур, може бути позиційований с точністю в межах ±0,25 дюйма від центральної лінії ряду рослин.

Описаний вище патент US5442552 (1993) Robotic Cultivator [28] спирається на спосіб розпізнавання символів за патентом US4742556A (1985) [29] та патент US4835691 (1987) [27].

Спосіб розпізнавання символів за патентом US4742556A (1985) [29] включає етапи отримання двовимірного масиву пікселів, визначення місця розташування символу, визначення розміру символу, зменшення кількості пікселів, пов'язаних

з зображенням, порогування матричних точок за допомогою гістограми для формування бінарного представлення символів.

Отже, розвиток систем розпізнавання образів, математичного та апаратного забезпечення, дав змогу серійно впровадити технічні засоби безконтактного відстеження рядків рослин та керування положенням виконавчих органів культиваторів.

Так, фірма Einbock GmbH&Co використовує на просапних культиваторах систему керування за допомогою відеокамери - «Camera steering system ROW-GUARD» (рис. 13, 14) [30, 31]. Основні налаштування здійснюються з кабіни трактора за допомогою блоку керування з сенсорним екраном та інтегрованим відеомонітором. Зображення відеокамери аналізується, оброблена інформація подається на виконавчий механізм, який здійснює центрування просапного культиватора відносно рядків рослин. Рама бокового зміщення забезпечує загальне зміщення до 500 мм.

Аналогічну систему використовує ряд виробників, зокрема фірма BEDNAR FMT у культиваторі ROW.MASTER RN (рис. 15) [32].

а б

Рисунок 13– Основні елементи Camera steering system ROW-GUARD фірмі Einbock GmbH&Co [31]: а – відеокамера з двома об'єктивами високої чіткості з різною експозицією для поліпшення роботи зі зміною умов світла; б – система зміщення культиватора відносно рядка рослин

Рисунок 14– Вигляд Camera steering system ROW-GUARD під час роботи [31]

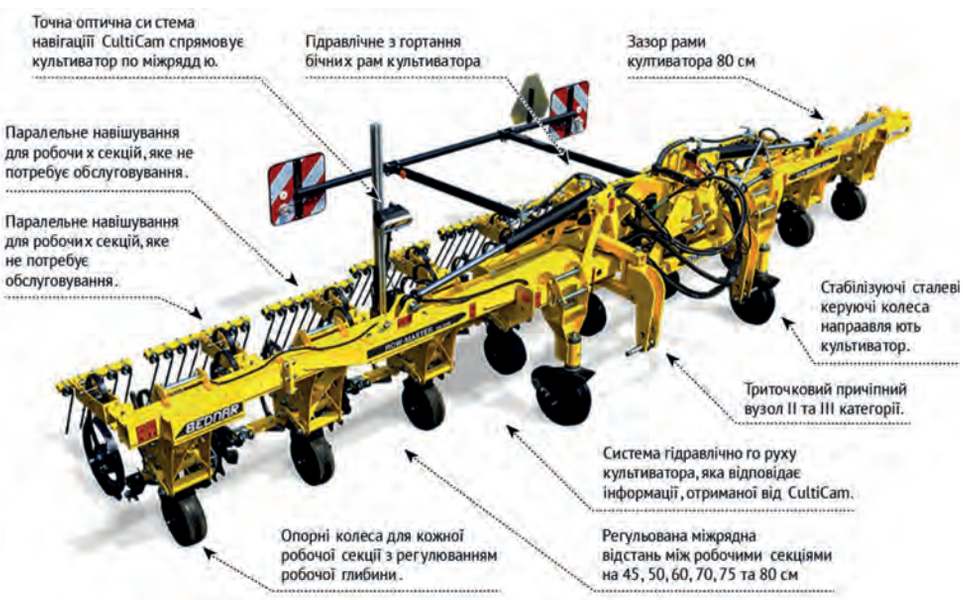


Рисунок 15– Вигляд культиватора ROW-MASTER RN Binadora фірми BEDNAR FMT [32]

В останній час, зі зростанням попиту на продукцію, яка виробляється без використання хімічних засобів, та так званих «низько-технологічних» технічних засобів, використовуються культиватори з компоновкою, як наведена на рис. 16 [33]. Глибина обробітку та керування положенням відносно рядків стабілізується керованими колесами (рис. 16), подібно до схеми, яка застосовувалася на початку минулого сторіччя (рис. 1).

Знаряддя обладнано сидінням, ручками рульового керування колесами. Цими інструментами можна обробляти ґрунт та контролювати бур'яни навіть усередині посівів культур, не знімаючи шлангів краплинного зрошення (рис. 16, а).

а б

Рисунок 16– Вигляд культиватора, який використовувся в дослідженні «Innovative operative machines for physical weed control on organic cauliflower in Central Italy» [33]

Висновки. Засоби для орієнтації просапного знаряддя відносно рядка культурних рослин пройшли розвиток від візуального контролю та ручного керування положенням культиватора безпосередньо фізичною силою, візуального контролю та керування різноманітними підсилювачами, контактного відстеження положення рядка та керування положенням культиватора за напрямними у ґрунті до безконтактного оптичного відстеження положення рослин у рядку із автоматичним керуванням положенням культиватора електрогідравлічним приводом.

Має місце певне відтворення робото-технічними засобами функцій природної системи людина-машина з використанням оптичного сигналу для отримання візуальної інформації про положення рослин у рядку, як це було на початку механізації рослинництва наприкінці дев'ятнадцятого сторіччя. Операції розпізнавання образу, логічного обробітку інформації, прийняття та виконання рішення щодо керування виконує комплекс комп'ютерів та електрогідравлічних механізмів. Оптичний сигнал проходить обробку засобами штучного інтелекту.

Розвиток органічного землеробства повертає актуальність засобам механічного контролю за бур'янами з використанням культиваторів ручного керування та візуальним відстеженням положення відносно рядків культурних рослин.

На новому технологічному рівні елементної бази, можливе поєднання засобів контактного відстеження положення рядка напрямними у ґрунті та керування положенням культиватора електрогідравлічним приводом.

Література

1. European Weed Research Society : Proceedings 8th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control. Zaragoza, Spain, 9-11 March 2009. 148 p.

2. Barberi, P. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? Weed Research. №42. pp.176-193.

3. Cloutier D.C., Van der Weide R.Y., Peruzzi A., Leblanc M.L. Mechanical Weed Management. Nonchemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology. CAB International, Wallingford, UK, 2007. pp.111-134.

4. Innovative Strategies and Machines for Physical Weed Control in Organic and Integrated Vegetable Crops / A. Peruzzi, M. Fontanelli, C. Frasconia, L. Martellonib, M. Pirchiob, M. Raffaellia. Renewable Agriculture and Food Systems. №22(4). pp.246–259.

5. Technology for Automation of Weed Control in Specialty Crops / S. A. Fennimore, D. C. Slaughter, M. C. Siemens, R. G. Leon, M. N. Saber. Weed Technology. 2016. №30. Pp.823−837.

6. Benefits of Precision Farming Technologies for Mechanical Weed Control in Soybean and Sugar Beet - Comparison of Precision Hoeing with Conventional Mechanical Weed Control / C. Kunz, J.F. Weber, R. Gerhards. - Agronomy 2015, 5, 130-142; doi:10.3390/agronomy 5020130.

7. Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean / C. Kunz, J.F. Weber, G.G. Peteinatos, M. Sцkefeld, R. Gerhards. Precision Agriculture. 2018. Vol. 19, Issue 4, pp.708−720.

8. GPS-based intra-row weed control system: performance and labor savings / Slaughter, D.C., M. Pйrez-Ruiz, F. Fathallah, S Upadhayaya, C.J. Gliever and B. Miller. Computers and Electronics in Agriculture. 2012. №80. pp.41-49.

9. Robotic intra-row weed hoeing in maize and sugar beet / R. Gerhards, M. Sokefeld, G. Peteinatos, A. Nabout, J. Maier, P. Risser. Deutsche Arbeitsbesprechung ьber Fragen der Unkrautbiologie und −bekдmpfung, 23-25 Februar 2016 in Braunschweig. URL: https://ojs.openagrar.de/index.php/JKA/article/view/6204

10. Співвідношення регулювання та саморегулювання процесів при роботі ґрунтообробного знаряддя / В.І. Ветохін, О.І. Біловод , Н.В. Прілєпо, А.Н. Алтибаев. Тези наукових доповідей XIX Міжнародної наукової конференції «Науково-технічні засади розробки, випробування та прогнозування сільськогосподарської техніки і технологій», присвяченої 85-річчю від дня народження академіка Л. В. Погорілого та 150-річчю від дня народження професора К. Г. Шиндлера, смт Дослідницьке, Україна, 13 вересня 2019 року, УкрНДІПВТ ім. Л. Погорілого; Дослідницьке, 2019. − С.15-16.

11. Теория систем автоматического управления / В.А. Бесекерский, Е.П. Попов. С.Петербург : Профессия, 2003. 751 с.

12. Дебу К.И. Мотыги, пропашники и пололники / Сост. специалист по с.-х. машиностроению К.И. Дебу. Санкт-Петербург : П.П. Сойкин, 1912. 56с.

13. Дебу К.И. Культиваторы: Орудия «псевдопахания»: грубберы, пружинные культиваторы, скарификаторы, экстирпаторы, пароочистители, дисковые бороны, почвоуглубители, вийдеры, катки, уплотнители Кемпбелла, французские бороны, катки, бороны Акмэ / К.И. Дебу. Петроград : Мысль, 1922. 280 с.

14. Tractor attachment: пат. 1472888 США: МПК F01B39/06. №535123; Заявл. 09.02.1922; Опубл. 06.11.1923.

15. Steered tractor mounted cultivator: пат. 2604835 США: МПК. A01B35/14. Пріоритет 24.03.1944. №585264; Заявл. 28.03.1945; Опубл. 29.06.1952.

16. Соловей Е.В. Эффективность применения передней навески машин для междурядной обработки пропашных культур. Сб. научн. тр. Т.99. М. : ВИМ, 1983. С.100-109.

17. Гельфенбейн С.П. Электроника и автоматика в мобильных сельхозмашинах / С.П. Гельфенбейн, В.Л. Волчанов. М. : Агропромиздат, 1986. 263 с.

18. Apparatus for guiding row crop processing implements : пат. 4117889 США: МПК A01B69/00. №761373; Заявл. 21.01.1977; Опубл. 03.10.1978.

19. Procйdй et dispositif pour le guidage automatique d'un vйhicule agricole motorisй : пат. 2423961 Франція : МПК A01B69/00. Пріоритет DE19782818640, 27.04.1978 − FR7905653A; Заявл. 05.03.1979; Опубл. 23.11.1979.

20. Machine agricole pour former des sillons dans les cultures en lignes, accouplable a un tracteur: пат. 2351569 Франція: Int. Cl. A01B69/02. FR7716046A; Заявл. 17.05.1977; Опубл.16.12.1977.

21. Астраханская индустриальная технология производства томатов: рекомендации. Минсельхоз РСФСР, 1983. 60 с.

22. Бейсеев Х.С. Поделка и копирование направляющих борозд для культивации сахарной свёклы с малыми защитными зонами: дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. Алма-Ата, 1984. 137 с.

23. Применение направляющих щелей при возделывании сахарной свеклы для управления культиватором : методические рекомендации / В.С. Глуховский, В.Н. Данченко, В.И. Ветохин, К.Н. Якименко и др. НПО «Сахарная свекла»; Черниговский обл. Агропромышленный комитет. Чернигов : Десна, 1987. 19 с.

24. Рабочий орган для нарезки щелей в почве : пат. 1396975 СССР : МКИ A01B13/16. №4054661/30-15; Заявл. 15.04.86; Опубл. 23.05.88, Бюл. №19.

25. Якименко К.Н. Совершенствование способа и рабочих органов для коррекции направления движения пропашных агрегатов вдоль рядков сахарной свеклы на уходе за посевами : дис. ... канд. техн. наук: 05.20.01. К. : ВНИС, 1990. 191 с.

26. Traffic system, especially public local passenger traffic system : пат. 4069888 США : МПК B60E27/00. №679684; Заявл. 23.04.1976; Опубл. 24.01.1978.

27. Positioning system particularly useful for positioning agricultural implements : пат. 4835691 США : МПК G06F15/50. №95072; Заявл. 11.09.1987; Опубл. 30.05.1989.

28. Robotic Cultivator : пат. 5442552 США : МПК G06F15/20. №32075; Заявл. 16.03.1993; Опубл. 15.08.1995.

29. Character recognition method: пат. 4742556 США : МПК G06K9/38. №776613; Заявл. 16.09.1985; Опубл. 3.05.1988.

30. Универсальная - прополочная техника Chopstar, Rollstar, Hillstar, RowGuard, Jumbo : Einbock GmbH & CoKG. URL: https://www.einboeck.at/uploads/downloads/190123-CHOPSTAR-RU_04.pdf

31. Camera steering system ROWGUARD. Einbock : веб-сайт. URL: https://www.einboeck.at/en/products/crop-care/camera-steering-system/row-guard

32. Точная междурядная культивация. ROW-MASTER: RN, RN_S : Проспект фірми BEDNAR FMT, s.r.o. URL: https://www.bednar.com/upload/products/prospects/row-master-be3ro5yi8x.pdf

33. Innovative operative machines for physical weed control on processing tomato in the Serchio Valley (Central Italy) / Fontanelli M., Raffaelli M., Ginanni M., Lulli L., Frasconi C., Sorelli F. and Peruzzi A. 8th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Zaragoza, Spain, 9-11 March 2009. Pp.41-48.

Literature

1. European Weed Research Society : Proceedings 8th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control. Zaragoza, Spain, 9-11 March 2009. 148 p.

2. Barberi, P. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? Weed Research. №42. Pp.176-193.

3. Cloutier DC, Van der Weide RY, Peruzzi A, Leblanc ML. Mechanical Weed Management. Nonchemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology. CAB International, Wallingford, UK, 2007. Pp.111-134.

4. Innovative Strategies and Machines for Physical Weed Control in Organic and Integrated Vegetable Crops / A. Peruzzi, M. Fontanelli, C. Frasconia, L. Martellonib, M. Pirchiob, M. Raffaellia. Renewable Agriculture and Food Systems. №22(4). Pp.246–259.

5. Technology for Automation of Weed Control in Specialty Crops / S. A. Fennimore, D. C. Slaughter, M. C. Siemens, R. G. Leon, M. N. Saber. Weed Technology. 2016. №30. Pp.823–837.

6. Benefits of Precision Farming Technologies for Mechanical Weed Control in Soybean and Sugar Beet - Comparison of Precision Hoeing with Conventional Mechanical Weed Control / C. Kunz, J.F. Weber, R. Gerhards. - Agronomy 2015, 5, 130-142; doi:10.3390/agronomy 5020130.

7. Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean / C. Kunz, J.F. Weber, G. G. Peteinatos, M. Sцkefeld, R. Gerhards. Precision Agriculture. 2018. №19. pp.708–720.

8. GPS-based intra-row weed control system: performance and labor savings / Slaughter, D.C., M. Pйrez-Ruiz, F. Fathallah, S Upadhayaya, C.J. Gliever and B. Miller. Computers and Electronics in Agriculture.

2012. №80. pp.41-49.

9. Robotic intra-row weed hoeing in maize and sugar beet / R. Gerhards, M. Sokefeld, G. Peteinatos, A. Nabout, J. Maier, P. Risser. 27. Deutsche Arbeitsbesprechung ьber Fragen der Unkrautbiologie und − bekдmpfung. 23-25 Februar 2016 in Braunschweig. URL: https://ojs.openagrar.de/index.php/JKA/article/view/6204

10. The ratio of regulation and self-regulation of processes in the work of tillage tools / VI Vetokhin, OI Belovod, NV Prilepo, A.N. Altibaev. Abstracts of scientific reports of the XIX International Scientific Conference «Scientific and technical principles of development, testing and forecasting of agricultural machinery and technology», dedicated to the 85th anniversary of the birth of Academician L.V. Pogorily and the 150th anniversary of the birth of Professor KG Schindler, Doslidnytske township, Ukraine, September 13, 2019, L. Pogorilyy UkrNDIPVT;Doslidnytske, 2019. - P.15-16.

11. Theory of automatic control systems / V.A. Besekersky, E.P. Popov. S. Petersburg: Profession, 2003. 751 s.

12. Debu K.I. Hoes, row cultivators and pololniki / Comp. agricultural specialist mechanical engineering K.I. Deboo. St. Petersburg : P.P. Soikin, 1912. 56s.

13. Debu K.I. Cultivators: Pseudo-cultivating tools: grubbers, spring cultivators, scarifiers, extirpators, steam cleaners, disc harrows, subsoilers, viders, rollers, Campbell compactors, French harrows, rollers, Akme / K.I. Deboo. Petrograd: Thought, 1922. 280s.

14. Tractor attachment: pat. US1472888: Int. Cl. F01B39/06. №535123; Filed 09.02.1922; Date 06.11.1923.

15. Steered tractor mounted cultivator: pat. US 2604835: Int. Cl. A01B35/14. Пріоритет 24.03.1944. №585264; Filed 28.03.1945; Date 29.06.1952.

16. Solovey E.V. The effectiveness of the front linkage of machines for inter-row cultivation of row crops. Sat scientific tr T.99. M.: VIM, 1983. S. 100-109.

17. Gelfenbeyn S.P. Electronics and Automation in Mobile Agricultural Machines / S.P. Gelfenbane, V.L. Volchanov. M.: Agropromizdat, 1986. 263 p.

18. Apparatus for guiding row crop processing implements : US Pat. 4117889 USA: IPC A01B69/00. No. 761373; Claim 01/21/1977; Publ. 10/03/1978.

19. Procйdй et dispositif pour le guidage automatique d'un vйhicule agricole motorisй : Pat. 2423961 France: IPC A01B69/00. Priority DE19782818640, 04/27/1978. FR7905653A; Claim 03/05/1979; Publ. 11/23/1979.

20. Machine agricole pour former des sillons dans les cultures en lignes, accouplable a un tracteur: Pat. 2351569 France: IPC A01B69 / 02. FR7716046A; Claim 05/17/1977; Publ. 16.12.1977.

21. Astrakhan industrial technology for the production of tomatoes: recommendations. Ministry of Agriculture of the RSFSR, 1983. 60 p.

22. Beiseev H.S. Craft and copy guiding furrows for the cultivation of sugar beets with small protective zones: dis. ... cand. tech. Sciences: 05.20.01. Alma-Ata, 1984. 137 p.

23. The use of guide slots in the cultivation of sugar beets to control the cultivator : guidelines / V.S. Glukhovsky, V.N. Danchenko, V.I. Vetokhin, K.N. Yakimenko and other NGO "Sugar Beet"; Chernihiv region Agro-Industrial Committee. Chernihiv : Desna, 1987. 19 p.

24. The working body for cutting cracks in the soil: Pat. 1396975 USSR: MKI A01B13/16. No. 4054661/30-15; Claim 04/15/86; Publ. 05/23/88, Bull. No. 19.

25. Yakimenko K.N. Improving the method and working bodies for correcting the direction of movement of row crops along rows of sugar beets in the care of crops: dis. ... cand. tech. Sciences: 05.20.01. K.: VNIS, 1990. 191 s.

26. Traffic system, especially public local passenger traffic system : US Pat. 4069888 USA: IPC B60E27/00. No. 679,684; Claim 04/23/1976; Publ. 01/24/1978.

27. Positioning system particularly useful for positioning agricultural implements : US Pat. 4835691 USA: IPC G06F15 / 50. No. 95072; Claim 09/11/1987; Publ. 05/30/1989.

28. Robotic Cultivator : US Pat. 5442552

USA: IPC G06F15 / 20. No. 32075; Claim 03/16/1993; Publ. 08/15/1995.

29. Character recognition method: US Pat. 4742556 USA: IPC G06K 9/38. No. 7766613; Claim 09/16/1985; Publ. 05/03/1988.

30. Universal weeding equipment Chopstar, Rollstar, Hillstar, Row-Guard, Jumbo : Einbock GmbH & CoKG. URL: https://www.einboeck.at/uploads/downloads/190123-CHOPSTAR-RU_04.pdf

31. Camera steering system ROW-GUARD. Einbock : website. URL: https://www.einboeck.at/en/products/crop-care/camera-steering-system/row-guard

32. Accurate inter-row cultivation. ROW-MASTER: RN, RN_S : Company prospectus BEDNAR FMT, s.r.o. URL: https://www.bednar.com/upload/products/prospects/row-master-be3ro5yi8x.pdf

33. Innovative operative machines for physical weed control on processing tomato in the Serchio Valley (Central Italy) / Fontanelli M., Raffaelli M., Ginanni M., Lulli L., Frasconi C., Sorelli F. and Peruzzi A. 8th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Zaragoza, Spain, 9-11 March 2009. Pp.41-48.

Literatura

1. European Weed Research Society : Proceedings 8th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control. Zaragoza, Spain, 9-11 March 2009. 148 r.

2. Barberi, P. Weed management in organic agriculture: are we addressing the right issues? Weed Research. №42. Pp.176-193.

3. Cloutier DC, Van der Weide RY, Peruzzi A, Leblanc ML. Mechanical Weed Management. Nonchemical Weed Management: Principles, Concepts and Technology. CAB International, Wallingford, UK, 2007. Pp.111-134.

4. Innovative Strategies and Machines for Physical Weed Control in Organic and Integrated Vegetable Crops / A. Peruzzi, M. Fontanelli, C. Frasconia, L. Martellonib, M. Pirchiob, M. Raffaellia. Renewable Agriculture and Food Systems. №22(4). Pp.246–259.

5. Technology for Automation of Weed Control in Specialty Crops / S. A. Fennimore, D. C. Slaughter, M. C. Siemens, R. G. Leon, M. N. Saber. Weed Technology. 2016. №30. Pp.823–837.

6. Camera steered mechanical weed control in sugar beet, maize and soybean / C. Kunz, J.F. Weber, G. G. Peteinatos, M. Sцkefeld, R. Gerhards. Precision Agriculture. 2018. №19, pp.708–720.

7. GPS-based intra-row weed control system: performance and labor savings / Slaughter, D.C., M. Pйrez-Ruiz, F. Fathallah, S Upadhayaya, C.J. Gliever and B. Miller. Computers and Electronics in Agriculture. 2012. №80. pp.41-49.

9. Robotic intra-row weed hoeing in maize and sugar beet / R. Gerhards, M. Sokefeld, G. Peteinatos, A. Nabout, J. Maier, P. Risser. 27. Deutsche Arbeitsbesprechung ьber Fragen der Unkrautbiologie und –bekдmpfung. 23-25 Februar 2016 in Braunschweig. URL: https://ojs.openagrar.de/index.php/JKA/article/view/6204

10. Spivvidnoshennya rehulyuvannya ta samorehulyuvannya protsesiv pry roboti gruntoobrobnoho znaryaddya / V.I. Vetokhin, O.I. Bilovod , N.V. Prilyepo, A.N. Altybaev. Tezy naukovykh dopovidey KHIKH Mizhnarodnoyi naukovoyi konferentsiyi «Naukovo-tekhnichni zasady rozrobky, vyprobuvannya ta prohnozuvannya silskohospodarskoyi tekhniky i tekhnolohiy», prysvyachenoyi 85-richchyu vid dnya narodzhennya akademika L. V. Pohoriloho ta 150-richchyu vid dnya narodzhennya profesora K. H. Shyndlera, smt Doslidnytske, Ukrayina, 13 veresnya 2019 roku, UkrNDIPVT im. L. Pohoriloho; Doslidnytske, 2019. – S.15-16.

11. Teoriya sistem avtomaticheskogo upravleniya / V.A. Besekerskiy, Ye.P. Popov. S.Peterburg : Professiya, 2003. 751 s.

12. Debu K.I. Motygi, propashniki i polol'niki / Sost. specialist po s.-h. mashinostroeniju K.I. Debu. Sankt-Peterburg : P.P. Sojkin, 1912. 56s.

13. Debu K.I. Kul'tivatory: Orudija «psevdopahanija»: grubbery, pruzhinnye kul'tivatory, skarifikatory, jekstirpatory, paroochistiteli, diskovye borony, pochvouglubiteli,

vijdery, katki, uplotniteli Kempbella, francuzskie borony, katki, borony Akmje / K.I. Debu. Petrograd : Mysl', 1922. 280 s.

14. Tractor attachment: pat. 1472888 SShA: MPK F01V39/06. №535123; Zajavl. 09.02.1922; Opubl. 06.11.1923.

15. Steered tractor mounted cultivator: pat. 2604835 SShA: MPK A01B35/14. Prioritet 24.03.1944. №585264; Zajavl. 28.03.1945; Opubl. 29.06.1952.

16. Solovej E.V. Jeffektivnost' primenenija perednej naveski mashin dlja mezhdurjadnoj obrabotki propashnyh kul'tur. Sb. nauchn. tr. T.99. M. : VIM, 1983. S.100-109.

17. Gel'fenbejn S.P. Jelektronika i avtomatika v mobil'nyh sel'hozmashinah / S.P. Gel'fenbejn, V.L. Volchanov. M. : Agropromizdat, 1986. 263 s.

18. Apparatus for guiding row crop processing implements : pat. 4117889 SShA: MPK A01V69/00. №761373; Zajavl. 21.01.1977; Opubl. 03.10.1978.

19. Procйdй et dispositif pour le guidage automatique d'un vйhicule agricole motorisй : pat. 2423961 Francija : MPK A01V69/00. Prioritet DE19782818640, 27.04.1978 – FR7905653A; Zajavl. 05.03.1979; Opubl. 23.11.1979.

20. Machine agricole pour former des sillons dans les cultures en lignes, accouplable a un tracteur: pat. 2351569 Francija : MPK A01V69/02. FR7716046A; Zajavl. 17.05.1977; Opubl.16.12.1977.

21. Astrahanskaja industrial'naja tehnologija proizvodstva tomatov : rekomendacii. Minsel'hoz RSFSR, 1983. 60 s.

22. Bejseev H.S. Podelka i kopirovanie napravljajushhih borozd dlja kul'tivacii saharnoj svjokly s malymi zashhitnymi zonami : dis. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01. Alma-Ata, 1984. 137 s.

23. Primenenie napravljajushhih shhelej pri vozdelyvanii saharnoj svekly dlja upravlenija kul'tivatorom : metodicheskie rekomendacii / V.S. Gluhovskij, V.N. Danchenko, V.I. Vetohin, K.N. Jakimenko i dr. NPO «Saharnaja svekla»; Chernigovskij obl. Agropromyshlennyj komitet. Chernigov : Desna, 1987. 19 s.

24. Rabochij organ dlja narezki shhelej v pochve : pat. 1396975 SSSR : MKI A01V13/16. №4054661/30-15; Zajavl. 15.04.86; Opubl. 23.05.88, Bjul. №19.

25. Jakimenko K.N. Sovershenstvovanie sposoba i rabochih organov dlja korrekcii napravlenija dvizhenija propashnyh agregatov vdol' rjadkov saharnoj svekly na uhode za posevami : dis. ... kand. tehn. nauk: 05.20.01. K. : VNIS, 1990. 191 s.

26. Traffic system, especially public local passenger traffic system : pat.4069888 SShA : MPK B60E27/00. №679684; Zajavl. 23.04.1976; Opubl. 24.01.1978.

27. Positioning system particularly useful for positioning agricultural implements : pat. 4835691 SShA : MPK G06F15/50. №95072; Zajavl. 11.09.1987; Opubl. 30.05.1989.

28. Robotic Cultivator : pat. 5442552 SShA : MPK G06F15/20. №32075; Zajavl. 16.03.1993; Opubl. 15.08.1995.

29. Character recognition method: pat. 4742556 SShA : MPK G06K 9/38. №776613; Zajavl. 16.09.1985; Opubl. 3.05.1988.

30. Universal'naja - propolochnaja tehnika Chopstar, Rollstar, Hillstar, Row-Guard, Jumbo : Einbock GmbH & CoKG. URL: https://www.einboeck.at/uploads/downloads/190123-CHOPSTAR-RU_04.pdf

31. Camera steering system ROW-GUARD. Einbock : veb-sajt. URL: https://www.einboeck.at/en/products/crop-care/camera-steering-system/row-guard

32. Tochnaja mezhdurjadnaja kul'tivacija. ROW-MASTER: RN, RN_S : Prospekt firmy BEDNAR FMT, s.r.o. URL: https://www.bednar.com/upload/products/prospects/row-master-be3ro5yi8x.pdf

33. Innovative operative machines for physical weed control on processing tomato in the Serchio Valley (Central Italy) / Fontanelli M., Raffaelli M., Ginanni M., Lulli L., Frasconi C., Sorelli F. and Peruzzi A. 8th EWRS Workshop on Physical and Cultural Weed Control, Zaragoza, Spain, 9-11 March 2009. Pr.41-48.

UDC УДК 631.316.4:633.63

A REVIEW OF THE DEVELOPMENT MEANS FOR ORIENTING ROW-CROP IMPLEMENTS ALONG ROWS, IN PARTICULAR WHEN GROWING SUGAR BEETS

Vetokhin V., Doctor of Technical Sciences, Associate Professor,
e-mail: veto.vladim@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-7299-3094
Poltava State Agrarian Academy,
Amosov V., Cand. of Tech. Sc., Associate Professor,
e-mail: v_vas_a@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-0154-2886
Central Ukrainian National Technical University,
Goldyban V., Cand. of Tech. Sc.,
e-mail: goldyban@mail.ru, https://orcid.org/0000-0002-5332-926X
RUE «Scientific-Practical Centre of the National Academy of Science of Belarus for Agriculture Mechanization», Minsk, Belarus
Borovyk O., https://orcid.org/0000-0003-3115-7257
Bilovod I., https://orcid.org/0000-0001-6434-0467
Poltava State Agrarian Academy

Summary

The purpose *of the paper is to analyse the development of the principles of the control of technical means for the orientation of row-crop implements along rows and their design solutions as a basis for improvement or development of new tools.*

Method of research *is the analyzing the principles of construction of technical means from the control theory view point.*

Results. *Physical weed control is common, especially in organic farming. At the end of the nineteenth century a tool was proposed, including a two-wheeled front, the direction of movement of which was changed manually with the help of a lever. The functions of the measuring device, logic and the formation of control commands, amplifier-converter were performed by a person. Visual tracking of the position relative to the rows and control of the implement by the physical strength of the worker imposed restrictions on the speed of movement along the field and the size of the protective zone.*

The search for ways to increase the working speed resulted in the position of the operator on the seat close to the cultivator working area and the use of various amplifiers. The complete exclusion of the operator from the control process was achieved by the development of orientation tools, including the method of driving along the guide slits that were cut into the soil during sowing.

The use of acoustic and radar devices to track rows of plants encountered difficulties. The use of an optical signal to obtain information, as it was at the beginning of mechanization, turned out to be more reliable. The operations of image recognition, logical processing of information, adoption and implementation of management decisions nowadays are performed by a set of computers and electro-hydraulic mechanisms.

Findings. *The types of control of the orientation of the cultivating implement evolved from visual control and manual control of the cultivator directly by physical force, visual control and control using various amplifiers, contact tracking of the row position and control of the cultivator position along the slides in the soil, to non-contact optical tracking of plants in a row with automatic cultivator position control by electro-hydraulic drive.*

The development of organic farming returns relevance to mechanical weed control using manual cultivators and visual position tracking. In the future, it is possible to combine means of contact tracking of the row along the slides in the soil and steering of the cultivator with an electro-hydraulic drive.

Key words: *mechanical weed control, inter-row cultivation, sugar beet, protective zone, orientation relative to rows, slit cutter, guide slit, automatic steering systems.*

УДК УДК 631.316.4:633.63

ОБЗОР РАЗВИТИЯ СРЕДСТВ ДЛЯ ОРИЕНТАЦИИ ПРОПАШНЫХ ОРУДИЙ ВДОЛЬ РЯДКОВ, В ЧАСТНОСТИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

Ветохин В., д-р техн. наук, доцент,
e-mail: veto.vladim@gmail.com, https://orcid.org/0000-0002-7299-3094
Полтавская государственная аграрная академия,
Амосов В., канд. техн. наук, доцент,
e-mail: v_vas_a@ukr.net, https://orcid.org/0000-0002-0154-2886
Центральноукраинский национальный технический университет,
Голдыбан В., канд. техн. наук, с.н.с., https://orcid.org/0000-0002-5332-926X
РУП «Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по механизации сельского хозяйства», г. Минск, Беларусь
Боровик О., https://orcid.org/0000-0003-3115-7257
Беловод И., https://orcid.org/0000-0001-6434-0467
Полтавская государственная аграрная академия

Аннотация

Цель работы *– анализ развития принципов управления техническими средствами для ориентации пропашных орудий вдоль рядков и их конструктивных решений, в качестве основы для совершенствования или разработки новых орудий..*

Метод исследований. *Изучение принципов построения технических средств с точки зрения теории управления.*

Результаты. *Физическая борьба с сорняками является распространенной, особенно в органическом земледелии.*

В конце девятнадцатого столетия предложено орудие, включающее двухколесный передок, направление движения которым менялось вручную с помощью рычага. Функции измерительного устройства, логики и формирования команд управления, усилителя-преобразователя, выполнял человек. Визуальное отслеживание положения относительно рядков и управление орудием физической силой рабочего, накладывало ограничения на скорость движения вдоль поля и размер защитной зоны.

Поиск путей увеличения рабочей скорости привел к размещению работника-оператора на сиденье приближено к рабочей зоне культиватора и применению различных усилителей. Полное исключение оператора из процесса управления достигнуто с развитием средств ориентации, в том числе метода вождения по направляющим щелям, которые нарезались в почве во время посева.

Применение акустических и радиолокационных устройств для отслеживания рядков растений столкнулось с трудностями. Использование оптического сигнала для получения информации, как это было в начале механизации, оказалось более надежным. Операции распознавания образа, логической обработки информации, принятия и выполнения решений управления выполняет комплекс компьютеров и электрогидравлических механизмов.

Выводы. *Типы управления ориентацией пропашного орудия прошли развитие от визуального контроля и ручного управления положением культиватора непосредственно физической силой, визуального контроля и управления с помощью различных усилителей, контактного отслеживания положения рядков и управления положением культиватора по направляющим в почве, к бесконтактному оптическому отслеживанию растений в рядке с автоматическим управлением положением культиватора электрогидравлическим приводом.*

Развитие органического земледелия актуализирует механический контроль за сорняками с использованием культиваторов ручного управления и визуальным отслеживанием положения. В будущем возможно сочетание средств контактного отслеживания рядка по направляющим в почве и управление культиватором электрогидравлическим приводом.

Ключевые слова: *механическая борьба с сорняками, междурядная обработка, сахарная свекла, защитная зона, пропашной агрегат, ориентация относительно рядков, щелерез, направляющая щель, системы управления, автоматические системы рулевого управления.*