

ТЕХНІЧНИЙ РОЗВИТОК АВТОМАТИЗОВАНИХ САДЖАЛОК ДЛЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ВЕРБИ

Сучасні вимоги до енергетичної безпеки та екологічної стабільності визначають біоенергетику як один із ключових напрямів розвитку аграрної і технічної науки. Однією з найперспективніших культур для виробництва біомаси є енергетична верба, що вирізняється здатністю швидко нарощувати надземну масу та ефективно відновлюватися після зрізання. Поширення плантаційних методів вирощування таких культур потребує високої продуктивності технологічних операцій, зокрема, садіння. На практиці цей процес досі залишається трудомістким і недостатньо механізованим, особливо в частині обробки садивного матеріалу та його поштучної подачі.

Аналізуючи сучасний стан технічного забезпечення садіння енергетичних культур, можна констатувати, що повністю автоматизовані саджалки на ринку представлені обмеженою кількістю моделей, здебільшого іноземного виробництва. Найвідоміші з них — це агрегати, які працюють із довгими прутами (наприклад, Energy Planter виробництва Dan Egedal), розрізаючи їх на живці безпосередньо в процесі садіння. Такі машини частково виключають участь людини, забезпечують високу якість посадки, але водночас вимагають попередньо підготовленого рівномірного матеріалу і залишають за саджальником функцію подачі сировини. Крім того, вартість подібних машин є занадто високою для більшості українських виробників.

Більш поширеною є практика використання саджалок, у яких висаджування живців довжиною 20–25 см здійснюється вручну. У таких системах саджальники поштучно закладають живці в апарати, що суттєво обмежує продуктивність (до 40–60 шт/хв) і залежить від людського фактора.

Саме ця ділянка технологічного процесу — від накопичення живців до їх подачі в сошник — і є найменш автоматизованою.

У світовій і вітчизняній практиці запропоновано низку підходів до автоматизації садіння, більшість з яких базуються на гравітаційній або механічній подачі живців із буферного бункера. Відомі рішення з лісівництва та овочівництва демонструють доцільність використання систем поштучного дозування садивного матеріалу через обертові барабани, касетні механізми, шнекові живильники або карусельні апарати. Проте більшість із них потребують або ідеально рівномірного матеріалу, або складної системи орієнтування. Для енергетичної верби характерна значна варіативність форми та маси живців, що створює додаткові труднощі для автоматизації.

Одним із конструктивних рішень, яке враховує ці особливості, є використання щільного бункера з певною геометрією, яка забезпечує вільне переміщення масиву живців під дією сили тяжіння. Експериментальні дослідження показали, що параметри таких бункерів — зокрема кути нахилу стінок (не менше 40°) та ширина вивантажувального вікна — критично впливають на надійність і рівномірність подачі. Для поштучного відбору доцільним виявився барабан із комірками, які за розмірами й формою здатні утримувати один живець і відсікати надлишкові. Комбінування такого барабана з прямою системою дозволяє здійснювати орієнтацію живця в задане положення без активного втручання оператора.

У ряді досліджень запропоновано інтеграцію механізму подачі живців з рухом агрегату, з використанням ланцюгової передачі. Такий підхід дозволяє синхронізувати подачу живця з рухом саджалки, автоматизуючи крок посадки залежно від передавального відношення. Дослідні зразки таких механізмів були апробовані в польових умовах, показавши стабільність роботи, зменшення ручної праці та рівномірне розміщення живців у ґрунті.

Незважаючи на позитивні результати, подальше вдосконалення подібних систем потребує врахування динамічних ефектів (вібрацій, трясіння під час руху машини), а також адаптації механізмів до нерівномірних партій садивного матеріалу. Також актуальним залишається питання попереднього орієнтування живців у бункері, що поки що виконується вручну.

Сьогодні очевидним є те, що підвищення продуктивності машин для висаджування живців енергетичних культур можливе лише за умови впровадження надійної автоматизованої подачі, яка здатна працювати з масовим

матеріалом, не потребуючи складних візуальних або сенсорних систем. Синтез сучасних механічних рішень і результатів експериментального моделювання руху живців створює основу для подальшого розвитку цього напрямку. Такі рішення вже сьогодні знаходять практичне застосування в експериментальних агрегатах, захищені патентами та відкривають шлях до створення повністю автоматизованих саджалок вітчизняного виробництва.

Список використаних джерел

1. Mudryk K. Hutsol T. Ovcharuk O. Yermakov S. Określenie rozłożenia pędów wierzby energetycznej. Trends and challenges of modern agricultural science: Theory and practice. НУБіП. 2021. с.19-21
2. Єрмаков С.В., Кучер О.В., Думанський О.В., Овчарук О.В. Стан та розвиток біоенергетики на основі енергетичної верби і тополі. Тенденції і виклики сучасної аграрної науки: Теорія і практика. НУБіП. 2021. С.114-115
3. Гук Я.В. Перешкоди для енергетичного використання агробіомаси на ринку України. «Ефективне використання енергії. Стан і перспективи». Кам'янець-Подільський. 2021. С.60-62.
4. Єрмаков С., Потапський П., Олексійко С. Деякі аспекти розподілу витрат на етапах створення плантацій енергетичної верби. Форсайт розбудови України: економіко-правовий та управлінський виміри.. Запоріжжя, Україна. 2024. с.230-236
5. Кучер О. Управління розвитком біоекономіки в Україні. Актуальні проблеми управління та адміністрування: теоретичні і практичні аспекти: зб. матеріалів ІХ Міжнародної науково-практичної Інтернет-конференції науковців та здобувачів вищої освіти. Кам'янець-Подільський : ЗВО «ПДУ», 2024. С.19-23
6. Hutsol T., Glowacki S., Mudryk K. Agrobiomass of Ukraine – Energy Potential of Central and Eastern Europe (Engineering, Technology, Innovation, Economics). Monograph. Warsaw: 2021. – 136 p.
7. Єрмаков С.В., Гуцол Т.Д., Потапський П. В., Гарасимчук І.Д. Структурування процесу автоматизації садіння живців енергетичної верби. Bulletin of Sumy National Agrarian University. The series: Mechanization and Automation of Production Processes. Вип. 3 (45) С.10-17