

РОБОТЫ В СЕЛЬСКОМ ХОЗЯЙСТВЕ

А. А. ЗМУШКО

*РУП «Институт плодоводства»,
ул. Ковалёва, 2, аг. Самохваловичи, Минский район, 223013, Беларусь,
e-mail: belhort@belsad.by*

АННОТАЦИЯ

Робототехника является неотъемлемой частью цифрового сельского хозяйства и цифрового садоводства, в частности. Сельскохозяйственный робот – это робот, используемый для сельскохозяйственных целей. Роботы могут применяться для сбора данных о состоянии растений или особенностях участка, посева семян, прополки, опрыскивания гербицидами, внесения удобрений или пестицидов, полива, обрезки, сбора урожая, обработки земли. Сельскохозяйственных роботов также называют агроботами. Продолжающийся рост численности населения, повышение спроса на продукты питания, снижение доступности рабочей силы в сельском хозяйстве, рост затрат на сельское хозяйство – все это стимулирует массовую автоматизацию промышленности в области сельского хозяйства. Со временем использование роботизированных машин в садоводстве позволит создавать высокоинтеллектуальное, автоматизированное производство, позволяющее полностью заменять ручной труд и сокращать потери рабочего времени, связанные с человеческим фактором.

Ключевые слова: робот, агробот, роботизация, робототехника, сельское хозяйство, цифровое плодоводство.

ВВЕДЕНИЕ

Робототехника является неотъемлемой частью цифрового сельского хозяйства и цифрового садоводства, в частности. Сельскохозяйственный робот – это робот, используемый для сельскохозяйственных целей. Роботы могут применяться для сбора данных о состоянии растений или особенностях участка, посадки семян, прополки, опрыскивания гербицидами, внесения удобрений или пестицидов, полива, обрезки, сбора урожая, обработки земли.

Продолжающийся рост численности населения, повышение спроса на продукты питания, снижение доступности рабочей силы в сельском хозяйстве, рост затрат на сельское хозяйство – все это стимулирует массовую автоматизацию промышленности в области сельского хозяйства [1].

Передовые страны работают над переходом к безлюдному автоматизированному сельскому хозяйству на основе широкого применения мобильных и стационарных роботов. Как ожидается, это позволит добиться роста производительности на фоне повышения рентабельности, что обеспечивает снижение себестоимости продукции [1].

Глава Национального центра точного земледелия в Великобритании, глава инженерного отдела в университете Харпер Адамс, профессор Саймон Блэкмор считает, что точное сельское хозяйство становится робототехническим, и точное земледелие находится на грани нового этапа развития, включающего интеллектуальные машины, которые самостоятельно способны выполнять работы и значительно повысить эффективность сельскохозяйственного производства [2, 3]. В настоящее время многие компании в мире осуществляют выпуск роботов сельскохозяйственной направленности.

Сельскохозяйственных роботов также называют агроботами [4].

ФУНКЦИИ РОБОТОВ В ЗЕМЛЕДЕЛИИ

Рассмотрим основные функции роботов в земледелии.

Сбор данных. Робот Ladybird, или «Божья коровка», созданный в Сиднейском университете, автономно перемещается по рядам, собирая данные с помощью датчиков, лазеров, камер. Робот способен проводить картирование, обнаружение и классификацию вредных организмов для различных культур, в дальнейшем планируется использовать его для сбора урожая [5, 6].

Одной из новых разработок американских ученых из университета штата Иллинойс является роботизированный автоинспектор, управляемый посредством компьютера и GPS, способный анализировать состояние сельскохозяйственных растений с помощью фенотипирования. Этот процесс позволяет оценить состояние отдельных растений, основываясь на их физических характеристиках, не нарушая при этом целостности биологического объекта. Все собранные инспектором данные сохраняются в базе данных компьютера, передающего информацию пользователю. По результатам такого осмотра можно создавать полноценные 3D-модели состояния каждого растения [2, 7].

Обрезка. Фирмой Vision Robotics Corporation разработано самоходное робототехническое устройство для обрезки виноградной лозы, которое позволяет повысить производительность на 40–50 %. Срок окупаемости устройства – около двух лет. В основе системы технического зрения лежит стереоскопическое сканирование видеокамерами ряда виноградной лозы по движению робота на длину работы секаторов. После обработки информации происходит обрезка по программе, заложенной в бортовой компьютер [8].

Французская компания Wall-ye выпустила линейку многофункциональных роботов. Один из них – робот для обрезки виноградной лозы. Колея робота регулируется в диапазоне от 1 до 2,5 м, высота – от 0,8 до 1,4, высота обрезки – до 2 м, робот оснащен системой технического зрения из шести встроенных камер [8].

Уничтожение сорняков. В настоящее время существуют роботы, способные производить деликатную прополку и аккуратное внесение гербицидов.

Например, роботы фирмы Garford, Великобритания (на основе применения системы технического зрения) способны распознавать образцы культурной и сорной растительности, что обеспечивает деликатную прополку без повреждения растений, разноглубинную культивацию в зависимости от наличия сорняков в междурядьях и дифференцированное внесение гербицидов в междурядья [8].

Компания Deere & Company (США), которая приобрела стартап под названием Blue River Technology, разработала систему «обзора и распыления», сочетающую в себе компьютерное зрение и искусственный интеллект для различения культур и сорняков. Система обрабатывает культуру удобрениями, а сорное растение – гербицидами с точностью до 90 % [2, 9].

В Швейцарии тестируется робот-пропольщик ecoRobotix. Система на солнечных батареях перемещается по заданной территории, с помощью камеры сканирует побеги, выявляет среди них сорную растительность и опрыскивает ее небольшой дозой гербицидов. Благодаря селективному подходу робот способен в 20 раз сократить применение гербицидов в хозяйстве [10]. Подобные машины разрабатываются в Австралии, Германии. В дальнейшем разработчики планируют вместо гербицидов использовать лазерный луч, чтобы полностью отказаться от применения химии. Представитель робототехнического биржевого фонда Robo Global Ричард Лайтбоунд (Richard Lightbound) заявил, что точечная обработка гербицидами с помощью роботов не только будет очень востребована среди фермеров, но на определенном этапе может стать обязательной [11].

Робот RIPPA разработан Австралийским центром полевой робототехники для овощеводов. Источником энергии RIPPA служат солнечные батареи, робот перемещается по зерновым или овощным культурам точно так же, как комбайн, и, используя встроенные датчики и нейронные сети, сканирует находящиеся под ним растения на предмет наличия сорняков или других нежелательных тел: от насекомых до кусочков пластика. Обнаружив сорняк, робот прицельно выстреливает в него микродозами гербицида (аналогичным способом он может уничтожать насекомых). Если применение пестицидов недопустимо, робот оснащен специальным ножом и механически уничтожает сорняки. При необходимости этим же ножом он проводит рыхление почвы. RIPPA может использоваться и для сверхточного внесения удобрений. В этом случае робот определяет уже не сорняки, а культурные растения, доставляя микродозы питательных веществ непосредственно к их корневой системе [6, 12].

Группа специалистов компании «Найо Текнолоджиз» (Naio Technologies, Франция) разработала сельскохозяйственного робота, облегчающего труд фермеров и повышающего доходность



Рис. 1. Самоходный робот-опрыскиватель

фермерских хозяйств. «Дайно» – это новое, эффективное решение, позволяющее фермерам соблюдать все более жесткие нормы применения фитосанитарных препаратов, преодолевать проблемы, связанные с использованием пестицидов, и справляться с нехваткой рабочей силы в аграрном секторе. Робот-пропольщик «Дайно» способен целенаправленно бороться с сорняками, что экономит трудозатраты фермера на протяжении всего сезона. Особо эффективен «Дайно» в борьбе с сорняками на полях больших размеров, где салат, морковь, лук и другие овощи выращиваются на грядках или в рядах [13].

Еще одним примером робототехники являются автоматические опрыскиватели. На таких опрыскивателях устанавливаются контролирующая и исполнительная электронные системы, которые дают возможность полностью автоматизировать управление работой агрегата, они обеспечивают необходимое количество внесения рабочего раствора и поддержание его в пределах агротехнических требований, независимо от рельефа участка, скорости движения техники, давления в гидросистеме. При обработке садов они автоматически регулируют высоту опрыскивания деревьев, в зависимости от их размеров, и выполняют обработку только в тех местах, где находятся деревья. Такие агрегаты, в среднем, расходуют на 10 % меньше пестицидов по сравнению с обычными опрыскивателями [6, 14].

Полноприводный мобильный робот Naio Technologies Oz компании Naio Technologies (Франция) используется для рыхления почвы и уничтожения сорняков в междурядьях культурных растений [4].

К роботизированным машинам для ухода за плодовыми растениями относятся разработанные в ФГБНУ «Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ» (ФНАЦ ВИМ) автономные роботы с различными сельскохозяйственными адаптерами (опрыскиватели, культиваторы, подкормщики, роботы для мониторинга состояния плодовых насаждений) (рис. 1) [15].

Как ожидается, переход на роботизированную борьбу с сорняками позволит снизить объемы химических средств, используемых в сельском хозяйстве, – с сорняками можно и нужно бороться механическими способами. Безусловно, также снизится необходимость в использовании ручного труда. Роботизация борьбы с сорняками лежит в общем тренде изменений форм-фактора сельскохозяйственной техники – от управляемой человеком мощной техники ко множеству небольших и недорогих автономных устройств, возможно, работающих в команде [16].

Сбор урожая. Калифорнийская компания Abundant Robotics (США), вышедшая из некоммерческого научно-исследовательского института SRI International, разрабатывает роботов, способных собирать яблоки вакуумными руками, которые высасывают плоды прямо с деревьев в садах [2, 17] (рис. 2).

Компания «Антерра Капитал» (США) производит роботизированную руку, способную захватывать плоды, сообщил AgFunder News. По мнению партнера компании Дэна Харбург, роботы, которые будут использоваться в пищевой промышленности и сельском хозяйстве, будут намного гибче тех, что применяются на автомобильных заводах, чтобы справляться с естественными изменениями в продуктах питания или в окружающей среде [2, 3].

Израильская компания FFRobotics проводит работы по созданию робота для сбора яблок, основанного на искусственном интеллекте. Установленные на тракторах устройства используют камеры для распознавания отдельных яблок и с помощью роботизированных рук способны аккуратно производить сбор плодов с деревьев с учетом степени зрелости [2, 17].

В Японии в институте IAM-BRAIN (институт Биоориентированной сельскохозяйственной техники) разработана и испытана машина-робот, способная собирать зрелые ягоды земляники, снимать их и складывать в контейнер. Робот высотой около 2 м передвигается по рельсам между рядками земляники и определяет степень зрелости ягод по цвету, затрачивая на это приблизи-



Рис. 2. Робот, способный собирать яблоки вакуумными руками

тельно 6–8 с. За процесс определения зрелости и позиционирования манипулятора отвечает система из трех цифровых камер: две – за предварительную настройку, третья – за точный захват и направление действий механической руки [8].

Робототехническое устройство Agrobot SW6010 and AGS Hydro испанской фирмы Agrobot представляет собой комбайн для уборки земляники на гидропонных плантациях. Комбайн содержит набор из 60 манипуляторов и систему технического зрения для построения 3D-моделей ягод с различной степенью спелости, что позволило осуществить принцип селективной уборки только зрелой ягоды в автоматическом режиме [8].

В Калифорнийском технологическом институте (UCLA) создан опытный образец землянично-уборочного робота, который оснащен системой стерео- и видеокamer. Ягода обнаруживается путем сканирования поверхности ряда с нескольких сторон и анализа полученных изображений с помощью специализированного программного обеспечения. Далее рука-манипулятор захватывает, отрывает и переносит ягоду в контейнер. Манипулятор смонтирован на самоходном шасси и имеет возможность перемещаться по полю. Робот находится на стадии лабораторных разработок и требует испытаний в полевых условиях. В связи с этим остается перспективным направление рационализации ручного труда сборщиков при помощи применения автоматизированных платформ с электроприводом [8].

Британский стартап Dogtooth Technologies еще 2017 г. представил автономную роботизированную платформу на гусеничном ходу, оснащенную рукой-манипулятором для сбора клубники



Рис. 3. Роботизированная платформа с интеллектуальной системой распознавания степени спелости урожая

на фермах, где ягоды выращиваются на приподнятых над землей стеллажах. С тех пор ряд образцов комбайна уже работает в хозяйствах разных стран мира, а компания продолжает совершенствовать системы и улучшать алгоритмы, привлекая большую науку. В частности, продвинутая технология машинного зрения разрабатывалась в сотрудничестве с Национальным институтом агроботаники Кембриджского университета. Достоинства робота состоят не только в умении аккуратно сорвать ягоду, но и в способности, перемещаясь по агроферме, анализировать состояние кустов, выявлять участки зрелых и готовых к сбору ягод, определять, где клубнике еще надо дозреть, а где возникли проблемы (например, культура поражена вредителем) [18].

В Японии презентовали проект изолированной от внешней среды роботизированной фермы по выращиванию салата-латука. Человекоподобные роботы, которыми управляет уникальное ПО, смогут ежедневно выращивать и собирать до 30 тыс. единиц салата [19].

Для технологической операции «Цифровая уборка урожая» в ФНАЦ ВИМ разрабатывается роботизированная платформа с интеллектуальной системой распознавания степени спелости урожая и автоматическим устройством для съема ягод (рис. 3) [15].

ПРЕИМУЩЕСТВА РОБОТОВ

Рассмотрим преимущества использования робота-садовода. Во-первых, он работает круглосуточно 24 часа 7 дней в неделю, без перерывов. Во-вторых, не требует дополнительных затрат (оплата больничных листов, зарплата, отпускные). В-третьих, возрастает точность и качество выполненной роботом работы [20].

Компания Small Robot Company (SRC) считает, что роботы ведут более точное и экологически безвредное сельское хозяйство, чем традиционные практики [21]. Роботы SRC – Том, Дик и Гарри – способны самостоятельно ухаживать за посевами, заботясь о каждом отдельном растении. Они подкармливают и опрыскивают только те растения, которые в этом нуждаются, обеспечивая идеальный уровень питательных веществ и защиту растений, без потерь и воздействия на окружающую среду. Роботы – это низкоуглеродная альтернатива большим тракторам, они не вызывают переуплотнения почвы и препятствуют эрозии и загрязнению сельхозучастков. Роботы SRC используют на 90 % меньше агрохимикатов и на 95 % меньше энергии, чем традиционные методы, применявшиеся в прошлом. Работают ежедневно круглый год и готовы взять на себя самые трудоемкие задачи, освобождая время фермеров для развития в других областях сельскохозяйственного бизнеса, таких как брендинг и маркетинг [21].

Со временем использование роботизированных машин в садоводстве будет способствовать созданию высокоинтеллектуального, автоматизированного производства, которое позволит полностью заменять ручной труд и сокращать потери рабочего времени, связанные с человеческим фактором [22].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Робототехника является неотъемлемой частью цифрового сельского хозяйства и цифрового садоводства, в частности. Сельскохозяйственный робот – это робот, используемый для сельскохозяйственных целей. Роботы могут применяться для сбора данных о состоянии растений или особенностях участка, посева семян, прополки, опрыскивания гербицидами, внесения удобрений или пестицидов, полива, обрезки, сбора урожая, обработки земли.

Продолжающийся рост численности населения, повышение спроса на продукты питания, снижение доступности рабочей силы в сельском хозяйстве, рост затрат на сельское хозяйство – все это стимулирует массовую автоматизацию промышленности в области сельского хозяйства. Передовые страны работают над переходом к безлюдному автоматизированному сельскому хозяйству на основе широкого применения мобильных и стационарных роботов. Как ожидается, это позволит добиться роста производительности на фоне повышения рентабельности, что обеспечит снижение себестоимости продукции.

Со временем использование роботизированных машин в садоводстве даст возможность создавать высокоинтеллектуальное, автоматизированное производство, которое позволит полностью заменять ручной труд и сокращать потери рабочего времени, связанные с человеческим фактором.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Бойко, А. Сельское хозяйство и роботы [Электронный ресурс] / А. Бойко // RoboTrends. – Режим доступа: <http://robotrends.ru/roboedia/selskoe-hozyaystvo-i-roboty>. – Дата доступа: 08.11.2022.
2. Карпушина, М. В. Применение современных цифровых технологий в садоводстве / М. В. Карпушина, Д. Э. Руссо // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2019. – № 57 (03). – С. 95–108.
3. Rejcek, P. The farms of the future will be automated from seed to harvest [Electronic resource] / P. Rejcek // Singularity Hub. – 2017. – Oct. 30. – Mode of access: <https://singularityhub.com/2017/10/30/the-farms-of-the-future-will-run-on-ai-and-robots/>. – Date of access: 08.11.2022.
4. Обзор задач точного земледелия и аграрных роботизированных средств / Д. К. Ву [и др.] // Изв. Кабард.-Балк. науч. центра РАН. – 2017. – № 3 (77). – С. 13–19.
5. Colin, J. «Ladybird» autonomous robot to help out down on the farm [Electronic resource] / J. Colin // New Atlas. – 2014. – July 02. – Mode of access: <https://newatlas.com/ladybird-autonomous-intelligent-farm-robot/32776/>. – Date of access: 02.07.2022.
6. Васильченко, А. В. Инновации и цифровизация в защите растений / А. В. Васильченко // Плодоводство и виноградарство Юга России. – 2020. – № 61 (1). – С. 161–172.
7. Kite-Powell, J. How Sensors, robotics and artificial intelligence will transform agriculture [Electronic resource] / J. Kite-Powell // Forbes. – 2017. – Mar. 19. – Mode of access: <https://www.forbes.com/sites/jenniferhicks/2017/03/19/how-sensors-robotics-and-artificial-intelligence-will-transform-agriculture/?sh=a863d384ba89>. – Date of access: 08.11.2022.
8. Федоров, А. Д. Внедрение цифровых технологий в развитии садоводства / А. Д. Федоров, О. В. Кондратьева, О. В. Сливко // Информационные технологии, системы и приборы в АПК: АГРОИНФО-2021 : материалы 8-й Междунар. науч.-практ. конф., Краснообск, 21–22 окт. 2021 г. / М-во науки и высш. образования Рос. Федерации [и др.] ; под ред. В. В. Альта. – Новосибирск ; Краснообск, 2021. – С. 354–358.
9. Tibbetts, J. H. From identifying plant pests to picking fruit, AI is reinventing how farmers produce your food [Electronic resource] / J. H. Tibbetts // Enzia: Published at the University of Minnesota's Institute on the Environment. – Mode of access: <https://ensia.com/features/deep-learning/>. – Date of access: 03.11.2022.
10. Burger, L. Robots fight weeds in challenge to agrochemical giants [Electronic resource] / L. Burger, T. Polansek // Reuters. – 2018. – May 22. – Mode of access: <https://www.reuters.com/article/us-farming-tech-chemicals-insight/robots-fight-weeds-in-challenge-to-agrochemical-giants-idUSKCN1IN0IK>. – Date of access: 22.06.2022.
11. Как роботы заменяют людей [Электронный ресурс] // TAdviser. Государство. Бизнес. Технологии : деловой портал. – 2020. – 24 июня. – Режим доступа: http://www.tadviser.ru/index.php/Статья:Как_роботы_заменяют_людей. – Дата доступа: 10.11.2022.
12. Петухова, Т. Боты для фермера [Электронный ресурс] / Т. Петухова, Д. Хайрутдинов // eRazvitie.org. – 2019. – 1 февр. – Режим доступа: http://erazvitie.org/article/boti_dlya_fermera. – Дата доступа: 01.02.2022.
13. Цифровые технологии на службе сельского хозяйства и сельских районов [Электронный ресурс] / ФАО ООН // АгроВестник. – 2020. – 17 янв. – Режим доступа: <https://agrovesti.net/lib/industries/tsifrovye-tekhnologii-na-sluzhbeselskogo-khozyajstva-i-selskikh-rajonov.html>. – Дата доступа: 03.11.2022.
14. Марченко, В. Контролирующие и исполнительные электронные системы опрыскивателей / В. Марченко, В. Синько // Зерно. – 2007. – № 1. – С. 70–76.
15. Измайлов, А. Ю. Цифровые агротехнологии в системе «Умный сад» / А. Ю. Измайлов, И. Г. Смирнов, Д. О. Хорт // Садоводство и виноградарство. – 2018. – № 6. – С. 33–39.
16. Бойко, А. Борьба с сорняками и роботы [Электронный ресурс] / А. Бойко // RoboTrends. – Режим доступа: <http://robotrends.ru/roboedia/borba-s-sornyakami-i-roboty>. – Дата доступа: 08.11.2022.
17. Карпушина, М. В. Возможности применения цифровых технологий в сельском хозяйстве / М. В. Карпушина, А. И. Дрыгина // Научные труды Северо-Кавказского федерального научного центра садоводства, виноградарства, виноделия : сб. ст. / Сев.-Кавк. федер. науч. центр садоводства, виноградарства, виноделия ; редкол.: Е. А. Егоров (гл. ред.) [и др.]. – Краснодар, 2019. – Т. 26. – С. 200–204.
18. 9 проектов комбайнов-беспилотников [Электронный ресурс] // Agrotrend.ru. – 2021. – 19 марта. – Режим доступа: <https://agrotrend.ru/news/11816-9-proektov-kombaynov-bespilotnikov/>. – Дата доступа: 08.11.2022.
19. Панасенко, А. Интернет вещей готовится к земле [Электронный ресурс] / А. Панасенко // IoT expert. – 2016. – 14 сент. – Режим доступа: http://www.iotexpert.ru/analytics/iot_earth. – Дата доступа: 08.11.2022.
20. Барышникова, И. А. Разработка и реализация автоматизированной системы «умная оранжерея» на основе технологий интернета вещей / И. А. Барышникова, Е. В. Буценко // Актуал. проблемы и перспективы развития экономики: рос. и зарубеж. опыт. – 2017. – № 11. – С. 47–53.
21. Мудрик, А. Фермеры будущего: искусственный интеллект и агроботы [Электронный ресурс] / А. Мудрик // ПРОДУКТ.ВУ. – 2019. – 25 июня. – Режим доступа: <https://produkt.by/news/fermery-budushchego-iskusstvennyu-intellekti-agroboty>. – Дата доступа: 03.11.2022.
22. Робототехнические средства в растениеводстве / И. Г. Смирнов [и др.] // Политемат. сетевой электрон. науч. журн. Куб. гос. аграр. ун-та. – 2016. – № 118. – С. 1651–1660.

ROBOTS IN AGRICULTURE

A. A. ZMUSHKO

Summary

Robotic technology is an integral part of digital agriculture and digital fruit-growing in particular. An agricultural robot is a robot used for agricultural purposes. Robots can be used to collect data on the condition of plants or characteristics of the land plot, seed planting, weeding, spraying with herbicides, fertilizers or pesticides application, watering, trimming, harvesting and land treatment. Agricultural robots are also called agrobots. The ongoing growth in the population, as well as increase in demand for food, decline in the availability of the labor force in agriculture, the growth of expenses for agriculture – all this encourages massive automation of industry in the field of agriculture. Over time, the use of robotic machines in gardening will create a highly intellectual, automated production that will allow to replace manual labor entirely and reduce the loss of working hours related to the human factor.

Keywords: robot, agrobot, robotization, robotic technology, agriculture, digital fruit-growing.

Поступила в редакцию 23.03.2023