15. Утенков Г.Л., Рапопорт Э.О. Власенко А.Н. Синтез агротехнологий для управления продуктивностью агроценозов в Сибири // Российская сельскохозяйственная наука. – 2021. – №1. – С. 21-25.

УДК 631.3:634

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-354-358

*Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинко О.В.,
ФГБНУ «Росинформагротех», Московская обл., р.п. Правдинский*

ВНЕДРЕНИЕ ЦИФРОВЫХ ТЕХНОЛОГИЙ В РАЗВИТИИ САДОВОДСТВА

В статье приведен ряд примеров цифровых и инновационных технологий для агропромышленного комплекса, внедрение которых направлено на повышение экологической безопасности плодовой продукции, решение задач по увеличению урожайности: опрыскивание, уборка урожая, уход за насаждениями и др. минимизацию вредного воздействия химикатов на человека и прочее.

Ключевые слова: питомниководство, садоводство, инновации, робототехнические устройства, интеллектуальные системы, датчики, беспилотные летательные аппараты.

Введение. В целях реализации Указа Президента РФ от 21.07.2016 № 350 «О мерах по реализации государственной научно-технической политики в интересах развития сельского хозяйства» постановлением Правительства РФ от 25.08.2017 № 996 утверждена Федеральная научно-техническая программа развития сельского хозяйства на 2017-2025 годы (далее – ФНТП), где в одной из подпрограмм «Развитие питомниководства и садоводства» предлагается комплекс мер, осуществляющий новые подходы и направления к внедрению цифровых и инновационных технологий и техники, таких как «Умное сельское хозяйство», «Интеллектуальное сельское хозяйство», «Разумное земледелие», «Прецизионное земледелие» и т. д. Внедрение нововшеств (инноваций) прослеживаются в значительном росте производительности труда, в снижении затрат на производство и реализацию продукции, в повышении качества различных потребительских характеристик сельскохозяйственной отрасли [1].

Эксперты Продовольственной сельскохозяйственной организации Объединенных Наций (ФАО) считают, новые цифровые инновационные технологии и решения способны повысить рентабельность производства плодовой продукции от 50 до 100 % за счет минимизации рисков, связанных с размещением культур и сортов.

По мере развития искусственного интеллекта ученые все чаще обращаются к теме беспилотных автомобилей и летательных аппаратов, тракторов и универсальных роботов. В мире активно ведется работа по разработке и внедрению в производство роботизированных устройств, способных решать большой спектр задач: уход за насаждениями, опрыскивание, уборка урожая и т. д. Многие разработки ученых – беспилотные тракторы и роботы, сельскохозяйственные агрегаты с интеллектуальными системами управления движением, технического видения, способные распознавать образы, отличать культурные растения от сорняков и качественно выполнять технологические операции находят применение в сельском хозяйстве и направлено на повышение экологической безопасности продукции, минимизацию вредного воздействия химикатов на человека и увеличение урожайности [2, 3].

Постановка проблемы. Большинство интеллектуальных разработок не доводится до массового производства и конечного потребителя. В России только отдельные компании занимаются разработкой и использованием сельскохозяйственных роботов. Поэтому эта проблема актуальна и востребована наукой и производством.

Цель исследований – анализ технического обеспечения производства питомниководства и садоводства.

Материалы и методы исследования

При проведении исследований использована информация из изданий Минсельхоза России, журналов, с сайтов, где представлены результаты исследований и сведения о современных технических средствах в садоводческой отрасли.

«Умные» технологии в сельском хозяйстве можно разделить на четыре больших кластера (таблица 1) [4].

Следует отметить, что среди наиболее универсальных роботов в технологиях растениеводства – зарубежные. Например, интеллектуальный роботизированный культиватор Garre Anatis (Франция), который использует существующую систему оптического зрения для позиционирования, перемещения и манипулирования саженцами картофеля, клубники и других культур с использованием системы автоматического управления *in vitro* [5].

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 при это приблизительно 6-8 секунд. 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.

Итальянские компании ENERGREEN, Robo-Eco, FERRY, ETT Loader предлагают семейство роботизированных машин с резиновыми усиленными двигателями и системой дистанционного управления в агрегате со шлейфом сельскохозяйственных машин: буры, опрыскиватели для низкорастущих культур, косилки-измельчители, снегоуборщики, вилчатые погрузчики, бульдозерные лопаты и др.

Роботизированные машины со следящими электронными системами. Предназначены для обработки почвы и уничтожения сорняков в междурядьях и рядах растений. Роботы 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 (фирма «Garford», Великобритания).

В Калифорнийском технологическом институте (UCLA)) создан опытный образец земляникоуборочного робота, который оснащен системой стерео-видеокамер. Ягода обнаруживается путем сканирования поверхности рядка 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.

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. Другой разработкой этой же компании является устройство для сканирования урожайности яблонь, в котором использован принцип сканирования дерева видеокамерами с последующей постройкой 3D-модели всей яблони.

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.

В компании «Naio Technologies» (Франция) создан полноприводный мобильный небольшой робот Naio Technologies Oz. При ширине 40 см рыхления почвы и уничтожения сорняков в междурядьях культурных 490 растений способен производить обработку почвы на различных схемах посадки. Время автономной работы составляет 4 ч с последующим возвращением к пункту зарядки.

Таблица 1

«Умные» технологии в сельском хозяйстве

Кластеры	Группы решений	Передовые технологии от основных игроков
1. Точное сельское хозяйство – система управления продуктивностью посевов, основанная на использовании комплекса спутниковых и компьютерных технологий	<ul style="list-style-type: none"> – Системы навигации и телеметрии (системы точного позиционирования агрегата в поле, параллельного вождения, картирования урожайности); – Дистанционное зондирование Земли. Например, оперативное получение спутниковых снимков с Formosat-2 (NSPO, Тайвань), RapidEye (RapidEye AG, Германия) и аэрофотоснимков; – Геоинформационные системы (ГИС); – Технология дифференцированного внесения удобрений 	<p>Система GreenStar от компании John Deere (США);</p> <p>Система параллельного вождения CAM PILOT от компании CLAAS (Германия);</p> <p>Системы параллельного вождения от компании Trimble, Inc. (США);</p> <p>Система Raven Cruiser компании Raven Industries (США);</p> <p>Система параллельного вождения (курсоуказатель) CenterLine 220, разработанный компанией TeeJet Technologies (США);</p> <p>Система Leica moJoMINI от компании Leica Geosystems (Швейцария);</p> <p>Система TRACK-Leader в гамме полевых навигаторов от компании Muller-Elektronik (Германия);</p> <p>Навигационный пульт «Азимут-1» от компании ООО «Ратос» (Россия)</p>
2. Сельскохозяйственные роботы	<ul style="list-style-type: none"> Беспилотные транспортные средства, летательные аппараты; дроны для слежения за состоянием полей и сбором урожая; умные сенсорные датчики; автоматизированные системы вегетации агрокультур; автоматизированные системы управления молочными фермами 	<p>Инновационная система компании John Deere для автоматического вождения любой техники AutoTrac 200;</p> <p>Система GPS PILOT компании CLAAS для автоматического вождения сельскохозяйственной техники;</p> <p>Система AgGPS® Autopilot™ от компании Trimble, Inc. (США);</p> <p>Система SteerCommand® от AG Leader (США);</p> <p>Система с непосредственным рулевым управлением Topcon ACU от компании Topcon Corporation (Япония);</p> <p>Модульный роботизированный трактор без кабины управления AT400 Spirit от компании Autonomous Tractor Corporation (США)</p>
3. АIoT-платформы/АIoT-приложения – позволяют автоматизировать весь цикл сельскохозяйственных операций по выращиванию растений или животных	<ul style="list-style-type: none"> – Периферийное оборудование (датчики, сенсоры); – Каналы связи (спутниковая связь GPS/ГЛОНАСС, LPWAN, LTE, 3G, 4 G, GPRS, GSM); – АIoT-платформы (web-платформы для создания отраслевых приложений); – АIoT-приложения (приложения для ИТ-платформ, самостоятельные приложения для конкретного оборудования) 	<p>Инновационные инструменты по управлению производственными данными и услуг по точному земледелию компании Farmers Edge (Канада);</p> <p>Система современного земледелия AFS CONNECT от компании CNH GLOBAL; Iteris Inc. (США) с помощью ведущей высокоточной фермерской платформы и мобильного приложения ClearAg® предоставляет консультационные услуги;</p> <p>Аграрно-аналитическая компания CropX Ltd. (Израиль) разрабатывает облачные программные решения;</p> <p>IoT-платформа OceanConnect от компании Huawei обеспечивает управление датчиками и размещает на приложение Holmer и др.</p>
4. Большие данные (Big Data)	Анализ данных, получаемых с датчиков для составления точного прогноза и стратегии	<p>Система картирования урожайности GreenStar Harvest Doc, разработанная специально для комбайнов John Deere;</p> <p>Комбайны фирмы CNH Industrial (Нидерланды) оборудованы системой картирования урожайности ASF Connect;</p> <p>Телеметрическая система AFS Connect от компании CNH Industrial.</p>

Робот-сборщик апельсинов (фирма Фирмой «Vision Robotics Corporation»). Состоит из двух модулей: один – с системой технического зрения, другой – с восемью мягкими захватами для сбора апельсинов. 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.

Активно ведутся работы по обоснованию технологического применения и разработки интеллектуальных машин для технологических операций по химической защите растений в садоводстве во Всероссийском научно-исследовательском институте механизации (ВИМ). Так, одной из инновационных разработок является роботизированный опрыскиватель с интеллектуальной системой, обеспечивающий минимизацию вредного воздействия химикатов на человека путем исключения его непосредственного участия в управлении агрегатом [6].

Шасси опрыскивателя с двигателями на электрической тяге, системой интеллектуального управления движением на основе применения сенсорной техники (датчики, 3D-видеокамеры) обеспечивает возможность позиционирования относительно растений с использованием технологий спектральной фильтрации изображений (Spectral Imaging). Роботизированное шасси опрыскивателя является основой для разработки широкой гаммы машин, работающих в автоматическом режиме с использованием систем спутниковой навигации.

Как показывает опыт ведения садоводства в зарубежных странах, а также передовых отечественных производителей фруктов и ягод, в современных условиях увеличение объемов производства продукции садоводства в значительной степени зависит от использования интенсивных технологий.

Основными элементами в техническом обеспечении интеллектуального промышленного садоводства являются разработанные в ВИМе технологические адаптеры на базе самоходного универсального высококлиренсного энергосредства с электронным управлением (СУ-ВЭС), предназначенного для выполнения широкого спектра работ при интенсивных технологиях возделывания садов, питомников и виноградников, а именно: механическая и гербицидная междурядная обработка почвы, опрыскивание плодово-ягодных насаждений и виноградников. Энергосредство может быть использовано и при выполнении технологических операций (опрыскивание, обработка почвы) на высокостебельных технических культурах [7].

В настоящее время энергосредство агрегируется с тремя высококлиренсными технологическими адаптерами:

- культиватор фрезерный высококлиренсный с системой автоматического бесступенчатого регулирования частоты вращения фрез в зависимости от почвенных условий, обеспечивающий качественное уничтожение сорняков и рыхление почвы в междурядьях плодовых питомников и ягодных кустарников;

- опрыскиватель-гербицидник высококлиренсный, обеспечивающий высококачественную дифференцированную обработку растений и почвы в междурядьях питомников плодовых культур, виноградниках и на плантациях ягодных кустарников жидкими химическими препаратами;

- широкозахватный пропашной высококлиренсный культиватор со сменными рабочими органами выполняет междурядную культивацию в междурядьях плодовых питомников, молодых садах интенсивного типа, на плантациях ягодных кустарников и в виноградниках. Работа системы управления энергосредством основана на интеллектуальных алгоритмах, обеспечивающих управление в условиях множественных и неопределенных факторов, возможности принимать решения об управленческом воздействии, основываясь на нескольких видах взаимовлияющих входных данных.

Интеллектуальная система управления и мониторинга рабочего процесса позволяет: автоматически поддерживать скорость движения в соответствии с выполняемыми технологическими операциями; контролировать и управлять работой навесного оборудования; осуществлять автоматическое слежение за работающим кузовным агрегатом на плоскости линии

и поверхности грунта; отображать оперативную информацию о работе системы электрооборудования и навесного оборудования на мониторе кабины оператора.

Помимо выполнения технологических операций при возделывании плодово-ягодных культур, роботизированные машины востребованы и для мониторинга состояния растений и выявления вредителей и болезней в закрытом и открытом грунте, а также выполнения работ в селекции и семеноводстве. Поэтому переход от традиционных технологий к высокотехнологической системе сегодня стал возможным благодаря контролю и полному технологическому циклу производства продукции, путем применения умных устройств: робототехнических систем, датчиков, беспилотных летательных аппаратов, систем точного земледелия и других интеллектуальных разработок [8].

Как показывает опыт ведения садоводства в зарубежных странах, а также передовых отечественных производителей фруктов и ягод, в современных условиях увеличение объемов производства продукции садоводства в значительной степени зависит от использования интенсивных технологий.

Важным приоритетом, позволяющим получать высококачественную плодово-ягодную продукцию в необходимых объемах с минимальными материальными затратами, является повышение уровня механизации и автоматизации производственных процессов в садоводстве (раскорчевка сада, подготовка почвы, закладка маточника и сада, посадка многолетних насаждений, уход за насаждениями в молодом и плодоносящем возрасте, уборка урожая и др.).

Использованные источники:

1. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А. Меры и инструменты поддержки развития питомниководства и садоводства // *Техника и оборудование для села*. – 2019. – № 9 (267). – С. 41-47.
2. Хорт Д.О. Эффективное управление агротехнологиями как основа экологически безопасного промышленного ягодоводства // *Техника и оборудование для села*. – 2010. – №11. – С. 24-25.
3. Fedorov A.D., Kondratieva O.V., Slinko O.V. Process of digital transformation of agrarian economy / В сборнике: *Advances in Economics, Business and Management Research. Proceedings of the International Conference on Policies and Economics Measures for Agricultural Development (AgroDevEco 2020)*. 2020. – С. 164-169.
4. Kondratieva O.V., Fedorov A.D., Fedorenko V.F., Slinko O.V. Using digital technologies in horticulture / В сборнике: *IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. International scientific and practical conference "Ensuring sustainable development in the context of agriculture, green energy, ecology and earth science"*. 2021. С. 032033. doi:10.1088/1755-1315/723/3/032033
5. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Кадыкало Г.И. Инновационные технологии выращивания посадочного материала плодово-ягодных культур // *Техника и оборудование для села*. – 2020. – № 11 (281). – С. 29-31.
6. Измайлов А.Ю., Смирнов И.Г., Лобачевский Я.П., Хорт Д.О., Филиппов Р.А. Роботы для современных машинных технологий в растениеводстве // *Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации государственной программы развития сельского хозяйства: материалы науч. техн. конф.* – М.: ВИМ, 2015. – Ч.2. – С. 128-132.
7. Кондратьева О.В., Федоров А.Д., Слинько О.В., Войтюк В.А., Воробьев В.Ф. Эффективность использования интенсивных технологий в садоводстве // *Техника и оборудование для села*. 2020. – № 12 (282). – С. 44-46.
8. Федоров А.Д., Кондратьева О.В., Слинько О.В. Состояние и перспективы цифровизации сельского хозяйства // *Техника и оборудование для села*. – 2018. – № 9. – С. 43-48.

УДК 631.816.3:681.3.06

DOI: 10.26898/agroinfo-2021-358-363

*Курбанов Р.К., Фокин А.М.,
Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, г. Москва*

ОБОСНОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ПРЕДПОЛЕТНОЙ ПОДГОТОВКИ БЕСПИЛОТНОГО ВОЗДУШНОГО СУДНА ДЛЯ СБОРА ДАННЫХ О СОСТОЯНИИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ КУЛЬТУР

В статье рассмотрена научно-практическая технология предполетной подготовки беспилотного воздушного судна на примере DJI Inspire 1 для выполнения высокотелитизированной съемки, безопасной эксплуатации и сбора достоверных данных о состоянии сельскохозяйственных культур.