

УДК 631.171

05.00.00 Технические науки

**РАЗВИТИЕ РАБОТ ПО СОЗДАНИЮ
РОБОТОТЕХНИКИ
СЕЛЬХОЗНАЗНАЧЕНИЯ**

Годжаев Захид Адыгезалович
д.т.н., профессор
SPIN-код: 1892-8405, AuthorID: 772901

Гришин Александр Петрович
д.т.н.
SPIN-код: 9376-3150, AuthorID: 304183

Пехальский Игорь Анатольевич
к.т.н.
SPIN-код: 3772-6032, AuthorID: 106162

Гришин Андрей Александрович
к.э.н.
SPIN-код: 2644-4840, AuthorID: 557612

Гришин Владимир Александрович
м.н.с.
SPIN-код: 5917-1146, AuthorID: 814280
ФГБНУ Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства (ФГБНУ ВИМ), Москва, Россия

Дан краткий исторический очерк развития работ по созданию роботов сельхозназначения. Приводится характеристика рынка роботов, с их описанием начиная с 2002 года по настоящее время. Рассмотрены основные проблемы при создании сельскохозяйственных роботов, более подробно такие функции, как ориентация в пространстве с помощью средств машинного зрения, а также видеонаблюдения для идентификации и распознавания характеристик растений. Непрерывное, панорамно-объемное слежение за каждым растением может обеспечить видеосеть, способная различать отдельное растение, попадающее в поле зрения видеокамер, расставленных в определенно рассчитанных технологических точках. Выборочная видеофиксация может происходить для отдельных растений с целью выявления отклонений в развитии, степени созревания, выявления болезней и других технологических целей. Показано, что позиционирование и управление движением по требуемой технологической траектории может быть осуществлено с помощью спутниковых систем навигации (ориентации), либо с помощью наземных средств позиционирования, в том числе машинного зрения и целеуказания, например лазерного путеуказателя или

УДК 631.171

Technical sciences

**DEVELOPMENT WORK ON THE CREATION
OF ROBOTICS FARMLAND**

Godzhayev Zahid Adygezalovich
Dr.Sci.Tech., professor
SPIN-code: 1892-8405, AuthorID: 772901

Grishin Alexander Petrovich,
Dr.Sci.Tech.
SPIN-code: 9376-3150, AuthorID: 304183

Pekhalskiy Igor Anatolievich
Cand.Tech.Sci.
SPIN-code: 3772-6032, AuthorID: 106162

Grishin Andrey Alexandrovich,
Cand.Econ.Sci.
SPIN-code: 2644-4840, AuthorID: 557612

Grishin Vladimir Alexandrovich
junior researcher
SPIN-code: 5917-1146, AuthorID: 814280
All-Russian Scientific Research Institute of Mechanization of Agriculture, Moscow, Russia

The article gives a brief historical overview of the development work on the creation of agricultural robots. We also give characteristics of the market for robots, with their descriptions since 2002 onwards. The work presents main problems when creating agricultural robots, with more detailed features such as orientation in space using machine vision tools, as well as video surveillance to identify and recognize the characteristics of plants. Continuous, panoramically-three-dimensional tracking of each plant can be provided by using a video network, able to distinguish between separate plants within the field of view of the cameras, lined up in particularly targeted technological points. Custom video shooting is possible for individual plants, with the aim of identifying deviations in development, degree of maturation, detection of disease and other technological purposes. It is shown that positioning and motion control of the technological trajectory can be carried out using satellite navigation systems either using ground positioning, including machine vision and targeting laser, for example path-pointer or sensor barriers. For detection, identification and positioning we commonly use satellite navigation GPS system (mainly for monitoring vehicles and agricultural units). As well as television and digital video surveillance and positioning system in real-time-RTLS, but each of these systems has its limitations. Network wireless local positioning RFID (Radio-

сенсорике препятствий. Для обнаружения, позиционирования и идентификации чаще всего используются спутниковые навигационные системы GPS (в основном для мониторинга транспортных средств и сельскохозяйственных агрегатов). А также телевизионное и цифровое видеонаблюдение и системы позиционирования в режиме реального времени — RTLS, однако каждая из этих систем имеет свои ограничения. Сетевая беспроводная система локального позиционирования RFID (Radio-frequency identification) используется для различных целей в разнообразных приложениях, позволяя контролировать местонахождение и движение объектов и надежно их идентифицировать как вне, так и внутри помещений. Но ни одна из перечисленных систем не может решить в полной мере поставленную задачу. Решением может стать совместное использование перечисленных систем. Такая интеграция открывает возможности, не доступные системам по отдельности. Описана платформа с гусеничным двигателем, как основа беспилотного робота сельхозназначения

Ключевые слова: РОБОТ
СЕЛЬХОЗНАЗНАЧЕНИЯ, МАШИННОЕ
ЗРЕНИЕ, ОРИЕНТАЦИЯ В ПРОСТРАНСТВЕ,
ВИДЕОНАБЛЮДЕНИЕ РАСТЕНИЙ

frequency identification) is used for various purposes in a variety of applications, allowing you to monitor the location and movement of objects and reliably identify them both outside and inside the premises. But none of these systems could possibly accomplish the task completely. The solution may be sharing the listed systems. This integration offers opportunities not available for separate systems. This article describes a platform with a caterpillar engine, as the basis of unmanned robot for farmlands

Keywords: AGRICULTURAL ROBOT, MACHINE
VISION, ORIENTATION IN SPACE, VIDEO
SURVEILLANCE OF THE PLANTS

Первые упоминания о роботах сельхозназначения в СССР появились в в работе В. И. Васянина «Сельскохозяйственные роботы» (Предисл. Б. А. Рунова, М. Колос, 224 с., ил.) в 1984 году. Однако до конца двадцатого столетия работы по созданию роботов сельхозназначения практически не велись не только у нас, но и за рубежом.

Передовые страны работали над переходом к безлюдному автоматизированному сельскому хозяйству на основе широкого применения мобильных и стационарных роботов. Как ожидалось, это позволит добиться роста производительности на фоне повышения рентабельности, что обеспечивает снижение себестоимости продукции. Роботы способны выполнять различные операции - обработку почвы, ее удобрение, посев, посадку, доение скота, стрижку шерсти, кормление и т.п.

С наступлением 21 века работы в этом направлении заметно активизировались, а уже со второго десятилетия сформировался рынок

такой продукции. Объем продаж сельскохозяйственных роботов в США в 2013 году составил \$0.9 млрд. Большая часть этого количества пришлась на автоматизированные доильные системы. Значительную часть составили роботы для уборки помещений и автоматической подачи кормов.

Другой востребованный робот – полностью автоматический, для использования в теплицах, при посадке саженцев по указанной схеме, робот для высаживания цветов и пересаживания растений.

Начиная с 2007 года, на рынок поступили следующие роботы. BoniRob — автономный полевой робот для экспериментов по обработке отдельных растений, который компания Amazonen — Werke разрабатывает совместно с техническим институтом Оснабрюка, компанией Rober Bosch GmbH и другими партнерами, является основой для применения автономных систем в сельском хозяйстве.

Роботы BoniRob – это маленькие роботы, которые самостоятельно работают на полях, удобряют растения и борются с сорняками. Если до настоящего времени испытания полевых роботов проводились с использованием навигации по рядам, то полевой робот BoniRob имеет самостоятельную систему навигации. На опытных растениеводческих полях он может не только определять GPS-координаты отдельных растений, но и составлять карты проведенных работ и подготавливать необходимую документацию. Таким образом, BoniRob значительно ускоряет труд растениеводов, собирая при помощи камер и датчиков данные об отдельных растениях и создавая большую статистическую базу. Технология использования полевых роботов позволяет выполнять такие задачи быстрее и эффективнее, чем это делает человек или любая другая из применявшихся до сих пор технологий.

Робот HortiBot предназначен для прополки сорняков. Это один из первых роботов, разработанный для этой цели. Спроектирован данный робот группой датских ученых — агрономов. Робот HortiBot представляет

собой автономное устройство передвижения, оснащенное компьютером и GPS-модулем для точного нахождения вредоносных сорняков. HortiBot автономно выполняет прополку сорняков, участие человека сведено только к перебазированию робота на другой участок и запуска одного из вариантов программы. Для профессиональных фермеров этот робот будет очень полезен, так как позволит снизить использование гербицидов.

Еще один робот — Prospero. Он может быть использован в сельском хозяйстве для автоматизации процессов посева урожая. Этот робот-фермер способен сам определить необходимое место точки посева, может самостоятельно вырыть лунку для семени и посадить его. В конструкции робота также предусмотрена емкость для удобрений.

Spirit - автономный трактор - имеет отказоустойчивую систему навигации: передвижение контролируется двумя контроллерами, которые получают сигнал от трех или четырех передатчиков, расположенных на краю поля.

Spirit – это дизель-электрический гибрид, который может выдавать мощность до 1000 л.с. с дискретным шагом в 200 л.с. На нем установлен 5,2-литровый 202-сильный дизельный двигатель Isuzu, с помощью которого генерируется электроэнергия, а электромоторы уже вращают колеса. Сев за руль трактора и задав координаты, фермер волен заняться другими делами или отдохнуть, пока машина везет его к нужному сектору. Для СНГ это не особо актуально: территории у собственников маленькие и поездки не отнимают много времени. А для США, где у фермеров огромные участки земли, тракторы с автопилотом пригодятся.

Другая модификация трактора обходится без навигации. Достаточно проехать по нужному маршруту один раз и техника запомнит маршрут и далее сможет ездить по нему самостоятельно. В теории машину можно будет использовать для орошения и удобрения плантаций. Благодаря

встроенному радару трактор не врежется в дерево, а при малейшем отклонении от курса отключится, чтобы не повредить почву или плоды.

В Департаменте агрокультур и биоинженерии при Иллинойском университете выделили три типа фермерских роботов. Первый вид самый простой, годится для сбора данных об урожае: в каком состоянии плоды, нужно ли их обработать или полить. Второй тип умеет сам заботиться о растениях: сажать, удобрять, поливать и собирать. А третий все это делает без указки человека, то есть способен целиком заменить людской труд.

Робот Wall-Ye самостоятельно обрезает виноградную лозу, убирает засохшие кусты и ориентируется на местности. Устройство определяет, что ему делать, но можно задать конкретную цель: полить, собрать урожай и так далее. Подъезжая к кусту, робот сканирует его и принимает решение, нужно ли делать что-то с растением. Весит Wall-Ye двадцать килограммов.

В США используются роботы по сбору цитрусов. Устройства трясут деревья, сбрасывая фрукты в грузовик, который принимает груз. За час роботизированная установка объезжает 450-500 цитрусовых деревьев, сбрасывая 95% плодов. Наполняется примерно 100 коробок с фруктами в течение шестидесяти минут. Инженеры работают над аналогом для сбора яблок, но признаются, что сделать это труднее: яблоки проще повредить, поэтому "встряхивание" должно быть более деликатным.

Робот Lettuce Bot следит за тем, чтобы в поле не было сорняков и растения "держали строй". Устройство ездит по рядам, сканируя урожай. Робот распознает сорняк и вырывает его. То же касается растения, если оно мешает другим.

Один из фермеров штата Айдахо, Роберт Блэр, для обработки своих земель использует трактор на автопилоте и беспилотник. Летательный аппарат делает снимки плантаций. Обработав изображения, фермер определяет, какие участки нужно полить или удобрить. Подобные дроны,

можно использовать для орошения растений: получается быстрее, чем при использовании наземной техники, и проще, чем поливальная установка.

Компания Autonomous Tractor Corporation разрабатывает тракторы с автопилотом. Модели оборудованы GPS-навигатором и способны довезти человека до заданной точки. Или можно нагрузить машину и отправить в поле, где удобрения или материалы будет ждать другой рабочий.

Роботы годятся также и для доения коров. В городе Олбани (штат Нью-Йорк) ферма закупила механизмы, которые целиком контролируют животных: кормят, поят и ждут, когда буренки сами захотят отдать молоко. По словам фермеров, коровы с охотой доятся 4-5 раз в день. Также робот следит за показателями каждого животного: количества и качества молока, пройденной дистанции, объема съеденной пищи.

Еще один полезный в хозяйстве робот – коровий пастух. Четырехколесное устройство анализирует передвижение стада и контролирует, чтобы животные двигались в нужном направлении и не разбегались.

Известно, что в Японии робототехника развита очень сильно, не стало исключением и сельское хозяйство. Японская фирма Toshiba уже производит специального робота-садовника, способного сажать деревья, подрезать ветви и выполнять другую подобную работу.

Интересным представляется разработка Ханнеса Зееберга, сконструировавшего полностью программируемого роботизированного работника RoboTrac, который способен заменить большое количество людей. Этот робот умеет пахать землю, обрабатывать почву, сажать растения, опылять их, пропалывать, а также выполнять иные подобные функции. Кроме того, благодаря своим небольшим размерам и весу, робот может работать на полях, не повреждая находящихся на них растений.

Животноводство — самая трудоемкая отрасль сельского хозяйства. Однако и в ней роботы нашли свое место. Научные разработки роботов для

животноводства начались в конце прошлого столетия в Нидерландах и США. Позже к производству роботов-дояров присоединилась шведская компания DeLaval (1992), немецкая компания WestfaliaSurge GmbH (2007) и другие. Наиболее высокие темпы коммерческих продаж роботов-дояров были зафиксированы в 2007 г. Всего в мире на начало 2007 г. существовало 4 000 роботов, а на начало 2008 г. насчитывалось уже более 6000 ферм с системами автоматического доения. Перспективы в этой отрасли таковы, что в ближайшее десятилетие число таких ферм будет расти. В 2015 г. каждый 10-й голландский фермер на своей ферме должен иметь робота-дояра.

В плодоводстве существующие роботы слишком повреждают ягоды, что уменьшает их срок хранения. При этом они дорого стоят - порядка \$110 тысяч. Прототип устройства, которое будет повреждать ягоды меньше, появился в конце 2015 года. Робот-садовник в Японии способен сажать деревья, подрезать ветки и выполнять другую подобную работу. На 2013 год находился в стадии испытаний. Автономный робот-комбайн для сбора сочноплодовой сельскохозяйственной продукции пока находится в разработке. В России институт информатики и проблем регионального управления Кабардино-Балкарского научного центра РАН и Северо-Кавказского НИИ горного и предгорного садоводства, в начале июня 2015 года в Сколково показал российский проект AgroMultiBot. Это "мульти-агентная робототехническая система для уборки полевых огурцов в безлюдном режиме" или проще робот-комбайн. Как обещают разработчики, их сельскохозяйственный робот способен собирать сочноплодовую сельскохозяйственную продукцию без участия человека, не нанося вред растениям и почве в любых климатических условиях. В частности робот будет справляться с уборкой полевых огурцов и помидоров. Пока что проект на стадии НИОКР, есть прототип одноосной транспортной платформы, интеллектуальной системы принятия решения и управлением

коллектива автономных мобильных роботов, действующая модель мультиагентного робототехнического комплекса и модель манипулятора типа "хобот".

Основные проблемы, которые определяют ключевые технологии при создании роботов сельхозназначения это: точная идентификация и классификация целей и препятствий, позиционирование и навигация, сложность агрономических методов и процессов, безопасность и стандартизация, энергоэффективность.

Многие компании и научно-исследовательские учреждения экспериментируют с прототипами роботизированной техники для сельского хозяйства. Этому способствуют современные сенсоры, мощные компьютеры, системы машинного зрения, алгоритмы и узлы роботизированных устройств, а также беспроводная связь и GPS-навигация.

Но сбор свежих плодов остается самой трудной проблемой. Машины не только более грубы, чем человеческие руки, им также трудно определить степень спелости. Машины не только ошибаются в оценке спелости по цвету плода, они могут спутать его с листьями и ветками. Но самый главный недостаток – неуклюжесть и малая скорость, по сравнению с профессиональными работниками.

"Зрительно-моторная координация опытных людей просто поразительна, они могут невероятно быстро собирать плоды. Мы все еще далеки от того, чтобы машина смогла собирать плоды настолько быстро и экономично", – считают специалисты из Национального института продовольствия и сельского хозяйства Министерства сельского хозяйства США.

На юге Калифорнии инженеры из испанской компании Agrobot приступили к совместным с фермерами испытаниям механизированного уборщика клубники. Машина имеет 24 "руки", чьи движения

направляются оптическими сенсорами. Робот принимает решение о съеме ягоды на основании ее цвета, качественных характеристик и размера.

Так как машина собирает ягоды только по краям грядки, чтобы внедрить данную технологию калифорнийским фермерам придется внести коррективы в технологию выращивания данной культуры, а также остановить свой выбор на сортах, имеющих меньшее количество соцветий.

Моделей много, но до широкого применения еще далеко. Какие-то роботы останутся на бумаге, какие-то выкопают куст картофеля перед ликующими учеными и отправятся на полку лаборатории, а какие-то выйдут в поле.

Чего роботам пока не хватает - так это универсальности. Большинство из них узкие специалисты. Для сбора разных плодов нужны совершенно разные устройства с разными алгоритмами и принципами работы.

Разработчики Wintergreen Research сообщают, что в течение оставшейся части этого десятилетия ожидается значительный рост в каждом направлении сельскохозяйственного производства: посадка/сбор урожая, производство продуктов питания, контроль состояния животных и т.д. Автоматизированные и робототехнические процессы добьются сокращения использования гербицидов при посадке сельскохозяйственных культур, длина сельскохозяйственного рабочего дня увеличиться до 24 часов.

Объем рынка сельскохозяйственной робототехники в 2013 году был на уровне \$ 817 млн., а ожидается, что он достигнет \$ 16,3 млрд. к 2020 году. Это значительный рост для зарождающегося рынка.

Сельскохозяйственные роботы это только часть общей тенденции к автоматизации процессов для каждого типа человеческой деятельности. Роботы используются более широко, чем ожидалось в различных отраслях экономики и эта тенденция, вероятно, продолжится с развитием

робототехники, которая станет такой же распространенной, как и компьютерные технологии в течение ближайших 15 лет.

Роботы будут востребованы для сбора урожая, контроля роста сорняков, навигации на полях, скашивания, обрезки, посева, опрыскивания и измельчения, автоматической вспашки, выпаса животных, сортировки и упаковки.

В рамках программы мер по формированию принципиально новых рынков и созданию условий для глобального технологического лидерства России к 2035 году, разработанной «Агентством стратегических инициатив» (АСИ), принята инициатива создания рынка AutoNet, подразумевающая реализацию к 2050 году широкомасштабного проекта сети транспортных магистралей для грузопассажирских перевозок. В ней планируется использование беспилотных транспортных средств (БТС) с системой синхронизированного коллективного управления, исходя из целевой функции оптимизации, которая, во-первых, максимизирует характеристики безопасности; во-вторых, минимизирует суммарные транспортные издержки.

Рынок AutoNet должен иметь подсекцию AgroNet для создания аналогичной сети транспортных магистралей сельхозназначения, где кроме БТС сельхозназначения должны рассматриваться беспилотные робототехнические комплексы сельхозназначения (БМРТСХ) для технологий возделывания растениеводческих культур.

Такое положение является практической основой перспективного развития роботизированных технологий растениеводства.

БМРТСХ это, прежде всего, колесная или гусеничная платформа, на которой размещается гибридная энергоустановка, аппаратура управления движением: сенсорика и точного позиционирования, машинного зрения, а также управления роботизированными навесными рабочими органами для

выполнения технологических операций в растениеводстве и сами рабочие органы.

В ФГБНУ ВИМ разработан и изготовлен опытный образец такой платформы с ультрафиолетовыми облучателями (ФГБНУ ВСТИСП) для бактерицидной обработки плодовых деревьев.

Рабочие органы подразделяются на виды в зависимости от применяемых технологий в различных областях растениеводства: селекция, семеноводство и полеводство, садоводство и питомниководство, овощеводство, в том числе тепличное овощеводство.

На наш взгляд, для любого конкретного случая в растениеводстве можно создать систему технического зрения, намного превышающую возможности человеческого глаза, а порой и человека, как анализатора изображений. При этом использование специальных алгоритмов обработки получаемого изображения позволяет (при большом ареале живых растений) оценивать состояние каждого, что важно для управления производственными процессами в растениеводстве, где необходим системный взгляд на единичное растение, находящееся в зоне культивирования.

Системный взгляд может быть сформирован «всевидящим оком», охватывающим отдельные зоны растений и его поведенческие реакции, отражающие ход развития и состояние роста. Непрерывное, панорамно-объёмное слежение за каждым растением может обеспечить видеосеть, способная различать отдельное растение, попадающее в поле зрения видеокамер, расставленных в определенно рассчитанных технологических точках. Выборочная видеофиксация может происходить для отдельных растений с целью выявления отклонений в развитии, степени созревания, выявления болезней и других технологических целей. Фиксация может осуществляться со стационарной или с подвижной интеллектуальной

видеокамеры, распределяющей видеопоток в базу (видеоархив) персональных данных выявленной группы растений.

В результате системоорганизованной видеосъёмки каждого растения составляется видео-временной ряд отслеженных ростовых актов, анализ которых даст информацию об идентификационном коде, геометрических параметрах растения, кинематических параметрах роста, обеспечивающую высокоточную биометрию, 3D моделирование, формирование этологической модели, указывающей на механизм формирования аномальных вариаций развития растения, диагностику физиологического состояния.

Команды управления могут осуществляться путём сортирования, перераспределения, выделения, проведения профилактических и агротехнических мероприятий, направленных на обеспечение условий максимальной продуктивности и качества выходной продукции. Анализ видеоизображений и видеоклипов поведенческих актов растения может производиться зрительно специалистом на экране монитора, путём прокручивания видеоархива.

При более высоком уровне анализа персонального видеоархива растения некоторые информативные признаки можно автоматически выделять из просматриваемых сюжетов специальными алгоритмами, запрограммированными видеоконтроллером. При самом высоком уровне анализа видеозаписей, после автоматического распознавания и трёхмерного моделирования возможно построение бонитировочной или этологической модели растения с матрицей биометрических данных. Такие взаимно интегрированные, высокоточные, виртуальные модели будут доступны для быстрого изучения индивидуальных особенностей каждого растения, особенно при смене вида машинной технологии. В базе данных будут находиться видеосессии каждого или интересующего растения, рассортированные по основным технологическим процессам: высев, культивация, мелиорация удобрениями, вегетация и др. Просматривая

персональные данные растения в автоматическом режиме анализа, формируется полная картина развития растения в суточных, сезонных или многолетних производственных циклах.

Другая основополагающая функция БМРТСХ – это позиционирование и управление движением по требуемой технологической траектории.

Данная функция может быть осуществлена с помощью спутниковых систем навигации (ориентации), либо наземных средств позиционирования, в том числе машинного зрения и целеуказания.

Для обнаружения, позиционирования и идентификации чаще всего используются спутниковые навигационные системы GPS (в основном для мониторинга транспортных средств и сельскохозяйственных агрегатов). А также телевизионное и цифровое видеонаблюдение и системы позиционирования в режиме реального времени — RTLS, однако каждая из этих систем имеет свои ограничения (таблица 1).

Таблица 1. Сравнительные характеристики применяемых технологий идентификации и позиционирования подвижных объектов

Технологии позиционирования	Параметры сравнения		
	Точность	Дистанция	Стоимость
Система спутниковой навигации ГЛОНАСС, GPS	10 ...15 м	В пределах доступности	Низкая
Сотовая связь	10 0...500 м	В пределах доступности	Низкая
Инфракрасное	10 см	3...10 м	Высокая
Ультразвуковое	10 см	3...10 м	Высокая
Активные RFID системы радиочастотных идентификаторов	1 ...3 м	20...10 0 м	Средняя
Сетевая беспроводная система локального позиционирования RTLS	1 м	>30 м	Средняя
Лазерное наведение	До 1 мм	>1000 м	Высокая

Спутниковые навигационные системы (GPS, ГЛОНАСС) обеспечивают позиционирование и идентификацию на огромных

территориях, но не работают внутри малых площадей и требуют, чтобы контролируемый объект был снабжен устройством с уникальным кодом (меткой).

Сетевая беспроводная система локального позиционирования RFID (Radio-frequency identification) используется для различных целей в разнообразных приложениях, позволяя контролировать местонахождение и движение объектов и надежно их идентифицировать как вне, так и внутри помещений. Но контролируемые объекты, как и в случае GPS, должны быть снабжены метками, а объекты, не снабженные метками, система «не видит». В таблице приведены сравнительные характеристики современных технологий идентификации и позиционирования подвижных объектов.

Получается, что ни одна из перечисленных систем по отдельности не может выполнить в полной мере поставленную задачу. Решением может стать их совместное использование. Такая интеграция открывает возможности, не доступные системам по отдельности.

Совместное использование систем глобальной навигации ГЛОНАСС/GPS, локального позиционирования RTLS и интеллектуального видеонаблюдения ITV может дать новые синергетические эффекты и возможности решения задач повышения точности роботизированных агротехнологических процессов.

Совместное использование RTLS и ГЛОНАСС/GPS позволяет распространить контроль перемещения транспортных средств и сельскохозяйственных машин на зоны, где отсутствует прямая видимость спутников — крытые дворы, здания, сооружения. При этом возникают дополнительные возможности контролировать локальные перемещения продукции и персонала в производственных и внепроизводственных помещениях закрытого (теплица) и открытого типа.

Совместное использование систем глобальной навигации ГЛОНАСС/GPS, локального позиционирования RTLS и интеллектуального видеонаблюдения ITV обусловлено разнообразием подвижных объектов (растущее растение, человек, мобильная и конвейерная техника), распределенностью их в пространстве (в пределах одной теплицы, одного хозяйства, района, области), масштабом оперативно-технологических процессов (число угодий, делянок, единиц техники, персонала). В соответствии с этим их приоритетность будет меняться, однако высокая информативность, наглядность, оперативность, многофункциональность и универсальность видеоаналитической составляющей с нарастающей функцией круглосуточного, длительного, более пристального, интеллектуального наблюдения за развитием растений и окружающей агропроизводственной инфраструктуры в перспективе будет иметь центральное значение.

Литература

1. Роботы в сельском хозяйстве [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.mforum.ru/news/article/111773.htm>. – Дата обращения: 27.02.2016.
2. Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А. Перспективы развития роботизированных технологий в растениеводстве // Тракторы и сельхозмашины. – 2015. - №12. - с. 42-45.
3. MOBILE ROBOTS FOR INDUSTRIAL PRODUCTIVITY. [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.harvestai.com/> – Дата обращения: 27.02.2016.
4. Агробот . [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://www.harvestai.com/> – Дата обращения: 27.02.2016.

References

1. Roboty v sel'skom hozjajstve [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <http://www.mforum.ru/news/article/111773.htm>. – Data obrashhenija: 27.02.2016.
2. Godzhaev Z.A., Grishin A.P., Grishin A.A. Perspektivy razvitija robotizirovannyh tehnologij v rastenievodstve // Traktory i sel'hozmashiny. - 2015. - №12. - с. 42-45.
3. MOBILE ROBOTS FOR INDUSTRIAL PRODUCTIVITY. [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.harvestai.com/> – Data obrashhenija: 27.02.2016.
4. Agrobot . [Jelektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: <https://www.harvestai.com/> – Data obrashhenija: 27.02.2016.