

А. В. Белевич¹, Д. И. Кабанов¹, С. А. Антошук¹, Э. Н. Сабзиев²

¹ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

г. Минск, Республика Беларусь

E-mail: bats@ncpmm.bas-net.by

²Институт систем управления НАН Азербайджана

г. Баку, Азербайджанская Республика

E-mail: info@cyber.az

СОЗДАНИЕ БЕСПИЛОТНЫХ ТРАКТОРНЫХ АГРЕГАТОВ: ТЕНДЕНЦИИ И ПЕРСПЕКТИВЫ

Аннотация. По мере старения населения в мире увеличивается отток людей из сельской местности. В то же время управление сельским хозяйством становится все более организованным, хозяйства укрупняются. Чтобы поддерживать эффективное и стабильное управление сельскохозяйственным предприятием, необходимо повышать производительность и одновременно увеличивать прибыль. Для этого сельскохозяйственная техника должна стать более эффективной, в первую очередь с точки зрения затрат труда.

С целью продвижения и дальнейшего развития точного земледелия ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» совместно с ОАО «МТЗ» разработан макет трактора, который обеспечивает автоматическую работу без участия человека, что позволит добиться более высокой эффективности и точности, а также сократить затраты труда.

В статье кратко описаны ситуация и перспективы в области создания беспилотных тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин в мире и Республике Беларусь.

Ключевые слова: беспилотный трактор, беспилотная система для сельского хозяйства.

A. V. Bialevich¹, D. I. Kabanau¹, S. A. Antashuk¹, E. N. Sabziev²

¹SSI "Joint Institute of Mechanical Engineering of the NAS of Belarus"

Minsk, Republic of Belarus

E-mail: bats@ncpmm.bas-net.by

²Institute of Control Systems of the NAS of Azerbaijan

Baku, Republic of Azerbaijan

E-mail: info@cyber.az

CREATION OF UNMANNED TRACTORS: TRENDS AND PROSPECTS

Abstract. With aging population, farmers abandoning their farmlands have been increased in the world. On the other hand, agricultural management is becoming increasingly organized and incorporated. In order to sustain efficient and stable farm management, it is necessary to improve productivity and profitability, which requires agricultural machinery to become more efficient and labor-saving.

With the promotion of ICT-based smart agriculture, next-generation agriculture, The Joint Institute of Mechanical Engineering and MTZ have developed an tractor that enables unmanned automatic operation, in order to accomplish higher efficiency and precision and reduce more workers and labors.

The article briefly describes the situation and prospects in the field of the creation of unmanned farm work systems and tractors in the world and in Belarus.

Keywords: unmanned tractor, unmanned system for agriculture.

Введение

Агропромышленный комплекс – одна из ведущих экспортно ориентированных отраслей республики. По мнению отечественных ученых аграриев, дальнейшее увеличение объемов продукции растениеводства и животноводства связано с внедрением интегрированных систем точного земледелия. Как отмечается в «Национальной стратегии устойчивого социально-экономи-

ческого развития Республики Беларусь на период до 2030 года» [1], а также в материалах II Съезда ученых Республики Беларусь [2], основной акцент в сельскохозяйственном производстве на ближайшую пятилетку будет сделан именно на данные технологии.

В настоящее время хозяйства республики преимущественно ориентируются на традиционные технологии возделывания и уборки культур, предусматривающие использование усредненных показателей и норм по внесению удобрений и высеву семян, которые учитываются при планировании работ, прогнозировании урожайности и, соответственно, расчете прибыли. Такой подход ведет к перерасходу посевного материала, удобрений, пестицидов, топлива, трудовых затрат и, как следствие, к недополучению прибыли, а зачастую – потерям, которые могут достигать порядка 40 ц/га. К примеру, внесение удобрений средней дозой по всему полю приводит к перерасходу сырья на участках с потенциально более высоким плодородием и одновременно – к недостатку питательных веществ с более низким. В отдельных хозяйствах страны уже внедрены некоторые элементы технологии точного земледелия: проводится агрохимическое обследование полей с использованием автоматизированных систем отбора проб, применяется система картирования урожайности, а также автоматического вождения сельскохозяйственной техники и т. д.

Одним из первых элементов точного земледелия, внедренных в хозяйствах республики, является параллельное вождение агрегатов по полю. Установлено, что даже опытный и добросовестный механизатор из-за отсутствия точного ориентира при работе с широкозахватными машинами (например, для внесения удобрений, где ширина захвата может достигать 30 м и более) не выдерживает стыковых проходов, совершая двойную обработку площади или оставляя огрехи на ширину нескольких метров [3]. Перекрытия, по некоторым оценкам, могут достигать 15 % и более, и это без учета потерь урожая. Автоматические системы параллельного вождения позволяют решить проблему перекрытий и необработанных площадей.

Основная часть

В настоящее время существуют следующие элементы параллельного вождения агрегатов по полю:

– курсоуказатель – включает в себя дисплей и динамик, принцип работы основан на приеме сигнала со спутника, расчета курса и сигнализации механизатору в случае отклонения от него; механизатор по-прежнему управляет агрегатом;

– подруливающие устройства – позволяют в автоматическом режиме поддерживать заданный курс в соответствии с заданием; механизатор перехватывает управление при объезде препятствий и разворотах в конце гона;

– автопилот – управляет агрегатом, производя работы в соответствии с поставленным заданием, включая развороты и объезд препятствий; механизатор по-прежнему находится в кабине, но осуществляет только контроль.

Очевидно, что следующим этапом развития таких систем являются роботизированные беспилотные агрегаты, не требующие присутствия человека, либо контроль может осуществляться удаленно над несколькими агрегатами. В настоящее время мировыми лидерами созданы прототипы беспилотных тракторов и самоходных сельскохозяйственных машин, ведутся работы по отработке новой технологии.

Одним из первых действующих образцов беспилотного трактора является прототип Autonomous Concept Vehicle Case IH Magnum компании CNH Industrial NV. Основные функциональные возможности:

- система автопилота принимает во внимание габариты трактора и агрегатированной машины;
- учитывает рельеф местности и погодные условия;
- благодаря лидару, камерам и сенсорам распознает препятствия, в том числе движущиеся;
- управлять техникой можно удаленно через компьютер или планшет.

Трактор лишен кабины, таким образом концепцией даже не предусмотрена возможность работы в нем оператора.

Компанией New Holland представлен беспилотный трактор в классической компоновке (с кабиной). Человек может, например, перегнать такой трактор по дороге, довести его до заданной

стартовой позиции и забрать после работы. Работать при этом трактор может самостоятельно. Машина была представлена в августе 2016 г.

Свои автономные прототипы имеют также японские компании Kubota и Yanmar Agri.

В августе 2021 г. стало известно, что одна из крупнейших компаний-производителей тракторов, сельскохозяйственной, лесной и коммунальной техники John Deere приобрела стартап Bear Flag Robotics, который занимается разработкой систем автоматизации тракторов на базе решения, использующего цифровые камеры, радары и лидары, а также софт в облаке. Автопилот компании способен управлять процессом обработки поля без участия человека.

Беспилотный роботизированный трактор АгроБот выпущен компанией Avroa Robotics в России. Согласно заявлению компании, решение представляет собой комплексную беспилотную систему управления, состоящую из «комплекта автоматизации» трактора, диспетчерского центра и ряда вспомогательных систем. Решение может применяться для автоматизации работ в сельскохозяйственной или коммунальной сфере. «Комплект автоматизации» может устанавливаться вместо кабины на новую или существующую основу трактора, что позволяет модернизировать (роботизировать) существующий парк техники.

Таким образом, можно видеть, что процесс создания автономных агрегатов для работ в полевых условиях идет очень быстрыми темпами. Учитывая скорость, с которой беспилотные системы распространяются в сфере автотранспорта, можно сделать вывод, что робот-трактор – это перспектива ближайших нескольких лет.

В соответствии с мировыми трендами в Республике Беларусь также ведутся работы по созданию робота-трактора, в частности специалистами ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси». Первой попыткой института в области создания мобильных робототехнических комплексов стала разработка роботизированной платформы на базе трактора Беларус-132Н (рис. 1) для нужд Министерства по чрезвычайным ситуациям. Работа была осуществлена совместно с ООО «Интеллектуальные процессоры» в 2015 г. Был разработан опытный образец, однако дальнейшего развития работа не получила в связи со спецификой использования машин в условиях чрезвычайных ситуаций.

В 2021 г. ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси» совместно с ОАО «МТЗ» разработан макетный образец робототехнического комплекса на базе трактора Беларус-3522 (рис. 2). Созданная ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси»

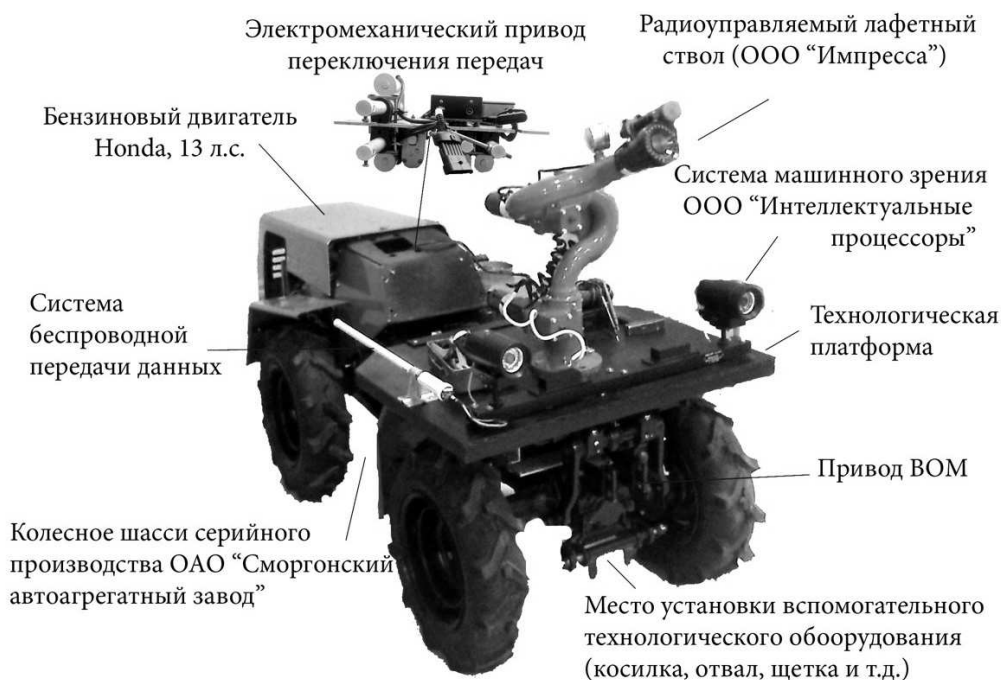


Рис. 1. Роботизированная платформа на базе трактора Беларус-132Н



Рис. 2. Макетный образец робототехнического комплекса на базе трактора Беларус-3522

система управления макетным образцом робототехнического комплекса обеспечивает режимы дистанционного управления оператором по средствам радио и GSM каналов беспроводной передачи данных, а также выполнение комплекса заданных сельскохозяйственных операций в автономном режиме движения на основании предварительно установленного технологического задания. К настоящему времени экспериментально апробирована работа робототехнического комплекса с оборотным плугом, что является одной из наиболее сложных сельскохозяйственных операций с точки зрения требований к точности управления и объема задействованных агрегатов базового шасси. В процессе автономной работы комплекса используются сигналы GPS навигации с комплексом корректирующих поправок, передаваемых по средствам GSM канала связи, а также оптические и радарные системы обеспечения безопасности на базе стереокамер, расположенных в передней и задней частях комплекса, ультразвуковых радарных датчиков и лазерного лидара, обеспечивающего сканирование окружающего пространства и формирование трехмерной виртуальной среды с функциями распознавания различного класса препятствий.

Система управления макетного образца комплекса выполнена на базе многоуровневой архитектуры (рис. 3), что обеспечивает гибкость модификации системы, а также позволило использовать многолетние наработки центра в области распределенных систем управления, создав данный образец в рекордные сроки. В общем виде структура системы включает три основных уровня управления:

- система управления шасси, обеспечивающая отработку заданий системы верхнего уровня по повороту управляемых колес и режимам работы силовой установки;
- система навигации и позиционирования;
- система дистанционного управления и принятия решений в режиме автономного хода, выполняющая координацию работы всех систем на борту роботизированной платформы, включая системы безопасности и технического зрения.

В системе машинного зрения и анализа окружающего трактор пространства используется лидар OUSTER OS1-32, сканирующий пространство вокруг трактора на 360°. По направлению движения спереди и сзади установлены стереокамеры Stereolabs ZED 2, обеспечивающие детекцию и отслеживание объектов на малых и средних расстояниях. Также трактор оснащен системами радаров BOSCH Off-highway radar system, предотвращающими столкновение трактора с другими объектами. Также машина оснащена системой камер кругового обзора BOSCH, позволяющая оператору удаленно оценивать обстановку непосредственно вокруг машины.

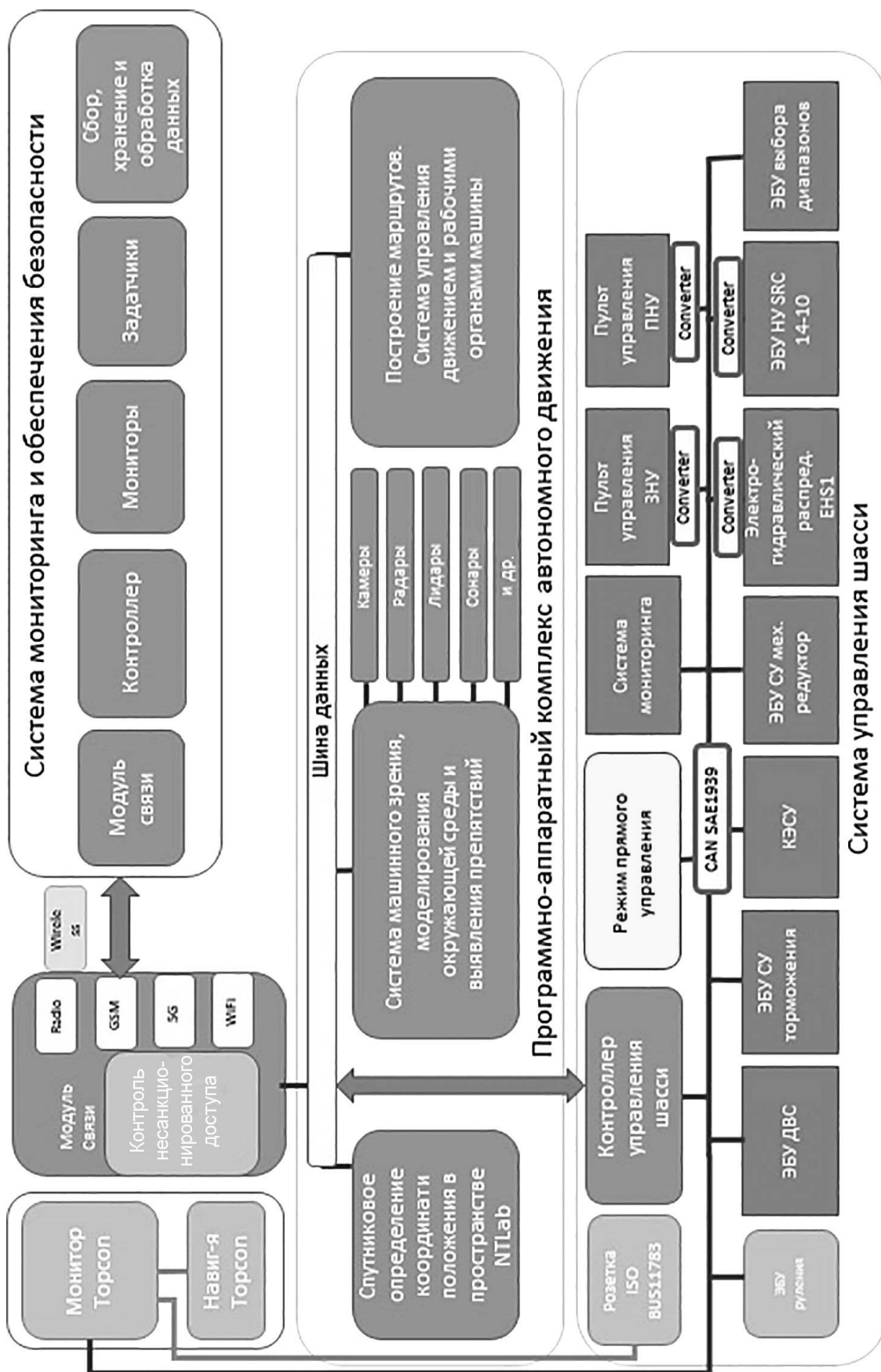


Рис. 3. Структурная схема системы автономного движения и беспилотного управления трактора Беларус-3525

Все системы машинного зрения подключены к высокопроизводительному бортовому компьютеру Jatson AGX Xavier, информация с которого передается на пульт оператора посредством высокоскоростного канала передачи данных 5G.

Для организации работы беспилотного трактора инфраструктурным оператором beCloud создан фрагмент сети 5G. Высокоскоростную передачу данных обеспечивает базовая станция, оснащенная оборудованием, поддерживающим технологию 5G, и функционирующая в диапазоне 3,5 ГГц. Для передачи сигнала от станции к транспортному средству на тракторе установлен комплект специальных устройств.

Заключение

Выполненные работы свидетельствуют о высоком уровне разработок, выполняемых ГНУ «Объединенный институт машиностроения НАН Беларуси». Кроме того, данный совместный проект демонстрирует возможности технологии 5G для нужд сельского хозяйства республики.

Внедрение в сельском хозяйстве беспилотного транспорта позволит увеличить производительность работ, а также экономию финансовых (за счет снижения потерь урожая от огрехов и перекрытий) и трудовых ресурсов, что особенно актуально в условиях нарастающего дефицита кадров в сельской местности.

Список использованных источников

1. Национальная стратегия устойчивого социально-экономического развития Республики Беларусь на период до 2030 года [Электронный ресурс]. – Режим доступа: // https://www.economy.gov.by/ru/dejst_prognoz_dok-ru/. – Дата доступа: 01.09.2021.
2. Стратегия «Наука и технологии: 2018–2040» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: https://www.gknt.gov.by/news/aktualno/strategiya_nauka_i_tekhnologii_2018_2040/. – Дата доступа: 01.09.2021.
3. Лях, С. И. О точном вождении агрегатов при внесении удобрений и пестицидов / С. И. Лях, С. А. Антошук // Белорусское сельское хозяйство : ежемес. науч.-практ. журн. / Мин-во сельск. хоз-ва и продовольствия Респ. Беларусь. – Минск, 2008. – № 12. – С. 14–16.