



## Использование технологий специального назначения в сельскохозяйственной робототехнике

**Иван Васильевич Рубцов<sup>1</sup>**,  
кандидат технических наук, начальник центра;  
**Оксана Геннадьевна Русанова<sup>1</sup>**,  
аспирант, инженер,  
e-mail: rusanovaoxana@gmail.com;

**Захид Адыгезалович Годжаев<sup>2</sup>**,  
доктор технических наук, профессор,  
заместитель директора

<sup>1</sup>Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана (Российский национальный исследовательский университет), 2-я Бауманская ул., 5, стр. 1, Москва, 105005, Российская Федерация,

<sup>2</sup>Федеральный научный агроинженерный центр ВИМ, 1-й Институтский проезд, 5, Москва, 109428, Российская Федерация

Изложены основные результаты анализа уровня автоматизации сельского хозяйства в России и мире. Приведены результаты исследования иностранного рынка беспилотных мобильных энергосредств (МЭС), а также данные по структуре и составу МЭС иностранного производства. Отмечено, что ведущим направлением разработок иностранных компаний стала аппаратура для навигации и ориентации сельхозмашин в ходе реализации автономного управления движением и целевым оборудованием. Автоматизация техники возможна путем дооснащения уже существующих образцов специализированным навесным оборудованием. Согласно проведенному анализу, зарубежное сельхозмашиностроение значительно опережает отечественных производителей по выпуску экипажно-безэкипажных средств механизации сельхозсектора, а материалоемкость существующего в России сельхозпроизводства в 3-4 раза выше, чем в других странах. Необходимость такого анализа объясняется итогами сравнения производительности труда в сельском хозяйстве: в России она в среднем в 2,4 раза ниже, чем в Европе, и в 3,5 раза ниже, чем в США. Отставание в развитии сельского хозяйства РФ можно преодолеть, используя современные достижения в области робототехнических комплексов (РТК) специального назначения. Обоснована возможность двойного применения технологий ввиду схожести схем и состава РТК для решения специализированных задач по обоим направлениям. Беспилотные МЭС могут быть задействованы в технологиях последовательного и параллельного автономного вождения.

**Ключевые слова:** беспилотные мобильные энергетические средства, робототехнические комплексы, точное земледелие, автономное вождение.

**■ Для цитирования:** Рубцов И.В., Русанова О.Г., Годжаев З.А. Использование технологий специального назначения в сельскохозяйственной робототехнике // *Сельскохозяйственные машины и технологии*. 2018. Т. 12. №1. С. 37-41. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-37-41

## Process-Specialized Technologies Using in Agricultural Robotics

**Ivan V. Rubtsov<sup>1</sup>**,  
PhD (Eng.), center director;

**Oksana G. Rusanova<sup>1</sup>**,  
post-graduate student, engineer;

**Zahid A. Godzhaev<sup>2</sup>**,  
Dr. Sc. (Eng.), professor,  
deputy director

<sup>1</sup>Bauman Moscow State Technical University (National research university), Russian Federation, 2nd Bauman-skaya St., 5, Block 1, Moscow, 105005, Russian Federation,

<sup>2</sup>Federal Scientific Agricultural Engineering Center VIM, 1st Institutskiy proezd, 5, Moscow, 109428, Russian Federation

The article presents the main results of the analysis of the agriculture automation level in Russia and in the world. The results of the research of the foreign market, structures and compositions of foreign-made unmanned mobile energy vehicles are presented. The main direction of development of foreign companies is the creation of new models of navigation and orientation equipment for agricultural machinery aimed to the implementation of autonomous moving and mission equipment control. Technics automatization is possible due to refitting of already existing samples with specialized attachments. According to this analysis, foreign agricultural machinery is far ahead of domestic manufacturers for the

production of crew-unmanned facilities of mechanization for the agricultural sector, and the material intensity of the existing agricultural production in Russia is 3-4 times higher than that of foreign countries. The need for this kind of analysis is explained by the result of a comparison labor productivity: this index in Russia's agriculture is by 2.4 times lower than European one and 3.5 times lower than that of the USA. The Russian agriculture development retard can be eliminate through the use of modern achievements in the field of robotic systems for special purposes. The authors proved the possibility of double use of technologies because of similarity of schemes and structure of robotic systems for the solution of specialized tasks of both directions. The unmanned mobile energy vehicles can be used at sequential and parallel autonomous driving.

**Keywords:** Unmanned mobile energy vehicles; Robotic systems; Precision farming; Autonomous driving.

**For citation:** Rubtsov I.V., Rusanova O.G., Godzhaev Z.A. Process-specialized technologies using in adricultural robotics. *Sel'skokhozyaystvennyye mashiny i tekhnologii*. 2018. Vol. 12; 1: 37-41. DOI 10.22314/2073-7599-2018-12-1-37-41. (In Russian)

**В** целях повышения урожайности следует привлечь современные достижения науки и техники [1]. Учитывая количество и качество инноваций, проникновение современных решений в новые технологические процессы в растениеводстве, можно констатировать, что эпоха неточного земледелия завершена. Безусловно, простые некомпьютеризированные решения будут развиваться и в дальнейшем, но основные средства бюджетов, предназначенных для исследований и разработок, западные сельхозмашиностроители направляют на создание умных машин для точного земледелия.

**Цель исследований** – обосновать необходимость использования группы беспилотных мобильных энергосредств (МЭС) для ведения высокоточного земледелия, провести анализ рынка беспилотных энергосредств в России и мире, определить возможность применения беспилотных МЭС в существующих технологиях сельского хозяйства.

**МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ.** Существующие технологии сельского хозяйства имеют ряд недостатков, которые негативно влияют не только на производительность, но и на экологию и свойства почв.

**Низкая эффективность почвообработки.** Современное сельское хозяйство требует от фермеров применения тяжелой сельхозтехники. Растениеводство зачастую не является точным, а плуг повреждает посевы даже при небольших отклонениях МЭС от курса.

В то же время производительность роботов, предназначенных для сельхозработ, примерно в 20 раз превосходит возможности человека не только в скорости, но и в точности выполнения задач [2].

**Уплотнение почвы.** До 90% энергии, которая сегодня тратится на культивацию, используется для восстановления почвы, уплотненной тяжелой техникой [3, 4].

Автономные тракторы-роботы должны быть меньше и маневреннее, а маршруты их движения – оптимальными с точки зрения достижения максимальной эффективности и минимального повреждения почвы.

**Холостой ход.** Работа техники на холостом ходу не только негативно отражается на производительности посевных и уборочных кампаний, но и связана с дополнительными затратами предприятия. Использование более современной техники с контролем холостого хода способно уменьшить расходы предприятий.

**Негативное влияние на экологию.** Сейчас фермеры должны ограничивать отрицательное воздействие сельского хозяйства на формирование климата, почву и растительный покров. Тяжелая энергонасыщенная сельхозтехника потребляет большие объемы топлива и вызывает переуплотнение почвы и потерю урожайности [5-7]. В перспективе такие машины можно заменить робототехникой, спроектированной с прицелом на энергоэффективность.

В развитых странах разработаны концепции применения робототехнических комплексов (РТК) в сельском хозяйстве.

Это направление развивают компании *ASI, ATC, John Deere* (США).

Основные направления разработок:

- создание универсальных комплектов оборудования для автоматизации всего парка сельхозмашин;
- разработка новых типов навигационного и сенсорного оборудования, программного обеспечения;
- создание безэкипажных, полностью автономных универсальных сельхозмашин.

В настоящее время наиболее востребована аппаратура для навигации и ориентации сельхозмашин в целях автономного управления движением и целевым оборудованием.

Так, компания *ASI* предоставляет встраиваемый комплект навесного оборудования, способный автоматизировать любой вид сельскохозяйственного транспортного средства, то есть преобразовать его в полностью автономный безэкипажный мобильный робот (*рис. 1*).

Производительность труда в сельском хозяйстве

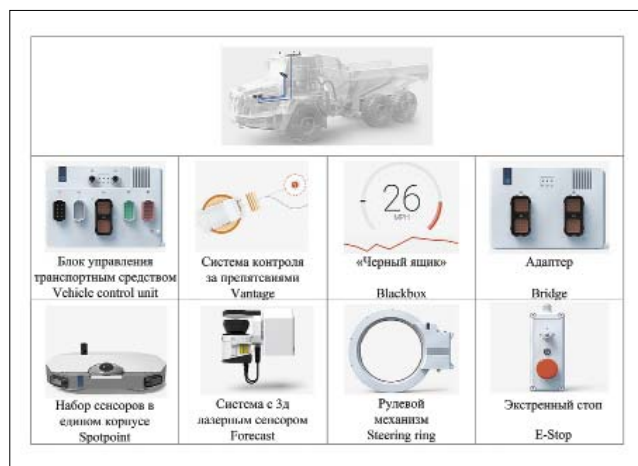


Рис. 1. Комплект навесного оборудования компании ASI (США)  
 Fig. 1. Set of attached implements ASI company (USA)

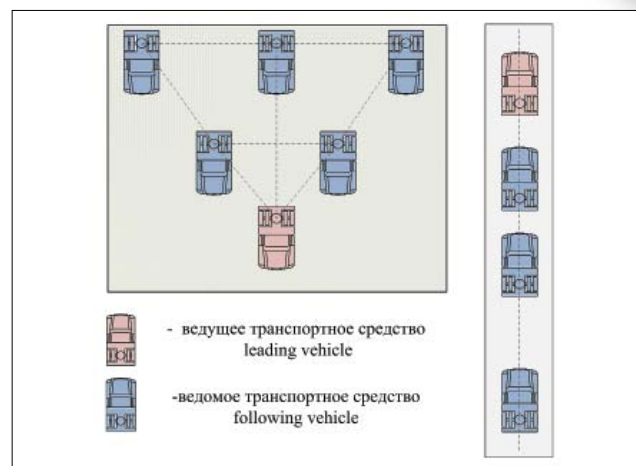


Рис. 2. Параллельное и последовательное вождение МЭС  
 Fig. 2. Parallel and sequential driving the mobile energy vehicles

РФ в среднем в 2,4 раза ниже европейской. Зарубежное сельхозмашиностроение значительно опережает отечественных производителей по выпуску экипажно-безэкипажных средств механизации сельхозсектора, а материалоемкость сельхозпроизводства в 3-4 раза выше, чем у зарубежных аналогов [5].

Из этого следует, что модернизация аграрного сектора путем создания конкурентоспособной техники актуальна для обеспечения интересов экономики нашей страны.

Круг задач в области модернизации аграрного производства огромен, поэтому необходимо ограничить его исходя из критериев наивысшей окупаемости и скорости внедрения технологий. Основными операциями при реализации любого вида сельскохозяйственной деятельности являются:

- доставка необходимых транспортных средств по специализированным дорогам к месту выполнения работ;
- проведение технологических операций на полях.

Исходя из этого целесообразно создать:

- шлейф агрегатов беспилотных наземных комплексов сельхозназначения;
- программно-аппаратный комплекс для реализации последовательного и параллельного движения транспортных средств (рис. 2).

Автономные транспортные средства и современные технологии и методы управления группами позволят исключить влияние человеческого фактора, нерациональное использование техники. В частности применение последовательного и параллельного автономного вождения позволяет:

- улучшить технико-экономические показатели;
- снизить расход топлива на единицу выполненной работы (до 20%);
- обеспечить рациональное регулирование скорости агрегатов;
- снизить эксплуатационные затраты на техни-

ческое обслуживание, ремонт и расходные материалы;

- повысить надежность работы агрегатов в целом;
- увеличить точность процессов проведения сельскохозяйственных операций.

Решение данных задач требует использования современных методов автономного, а затем и группового управления роботами [8]. Для создания же будущей инновационной фермы, где человек выполняет лишь роль контролера, требуется сформировать информационное управляемое поле на базе данных, полученных с гетерогенных безэкипажных машин.

Указанные технические решения проблемы модернизации сельского хозяйства и повышения его эффективности могут быть реализованы путем применения технологического задела из области специального и военного назначения. Робототехнический комплекс вне зависимости от области своего применения состоит из двух основных частей:

- безэкипажной дистанционно управляемой или автономной машины в комплекте со встроенной системой управления движением;
- целевого оборудования для выполнения требуемых работ.

Таким образом, различие в технологии РТК для сельскохозяйственного и специального назначения заключается лишь в разрабатываемом и используемом целевом оборудовании.

В вопросах военной робототехники на территории РФ разработки ведутся уже на протяжении многих десятилетий, а полученные результаты широко применяются при выполнении оперативных задач.

МГТУ имени Н.Э. Баумана имеет многолетний опыт в разработке и внедрении наземных РТК специального назначения, используемых в целях повышения эффективности работы операторов в

дистанционном режиме управления, обеспечения режимов супервизорного и автономного управления движением [9-11].

Такие системы могут осуществлять:

- мониторинг рабочей среды, анализ опасных факторов и выявление запретных зон для движения;
- автоматический возврат в зону уверенного радиобмена или в точку старта в случае потери связи;
- автоматическую конфигурацию манипулятора или иных рабочих органов в транспортное, рабочее или иные положения.

При этом полностью или частично решены и решаются ключевые технологии робототехники по созданию:

- систем автономного управления транспортными средствами и целевым оборудованием, систем навигации и ориентации;
- систем технического зрения и программно-аппаратных средств группового управления роботами;
- единого индустриально-управляющего пространства и программно-аппаратных средств управления роботами.

Следует отметить, что повышение автономности сельскохозяйственных РТК достигается в ходе внедрения навесного или встраиваемого дополнительного оборудования. Один из основных принципов создания таких систем – сохранение преемственности отработанных технических решений и использование автономных РТК на базе дистанционно управляемых, с сохранением ядра системы дистанционного управления в качестве нижнего (исполнительного) уровня системы автономного управления движением.

Примером такой системы служит запатентованный комплект модулей интеллектуального управления для РТК Ориентир (рис. 3).

Он представляет из себя встраиваемую штатную систему управления наземными РТК, входящими в состав мобильной роботизированной аппаратуры. Предназначен для повышения эффективности работы операторов в дистанционном режиме управления и обеспечения режимов автономного управления движением.

Еще одним примером встраиваемых систем может служить система автоматического (программного) управления движением в составе ДУ РТК, также разработанная и сконструированная сотруд-



Рис. 3. Робототехнический комплекс Ориентир с комплектом модулей

Fig. 3. Robotics complex Orientir with a set of modules

никами МГТУ им. Баумана.

**РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ.** Сравнительный анализ отечественных и зарубежных безэкипажных машин показал, что в области дистанционно управляемой техники можно говорить о паритете отечественных и зарубежных разработок. Отставание РФ в области автономного управления мобильными средствами оценивается специалистами однозначно. Однако технологии роботизации развиты и продуктивно разворачиваются по многим позициям, не уступая зарубежным.

Здесь процесс роботизации идет путем создания полностью автономных машин с помощью разработки дополнительного навесного оборудования.

**Выводы.** Для увеличения производства сельхозпродукции и снижения ее себестоимости необходимо внедрять новейшие технологии, например беспилотное вождение МЭС. Создание такого рода машин и последующее их использование в группах, работающих в условиях общего информационного пространства, позволит увеличить производительность, уменьшить себестоимость сельхозпродукции и повысить урожайность. Для ликвидации уже существующего, по сравнению с зарубежными образцами, отставания в области создания беспилотных МЭС предложен способ дооснащения сельхозтехники уже созданными и протестированными в рамках специальных разработок отдельными дополнительными встраиваемыми модулями.

### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. The future of Food and Farming: Challenges and choices for global sustainability. The Government Office for Science: Final project report. London, 2011: 16-18.  
 2. Измайлов А.Ю., Кряжков В.М., Антышев Н.М., Елизаров В.П., Лобачевский Я.П., Сорокин Н.Т., Гурылев Г.С.,

Савельев Г.С., Сизов О.А., Шевцов В.Г. Концепция модернизации парка сельскохозяйственных тракторов России на период до 2010 года. М.: ВИМ, 2012. С. 187-194.  
 3. Годжаев З.А., Шевцов В.Г., Гурылев Г.С., Лавров А.В. Прогноз развития сельского хозяйства на основе перво-





очередного воспроизводства тракторного парка // Интеллектуальные машинные технологии и техника для реализации Государственной программы развития сельского хозяйства: Сборник научных докладов международной научно-технической конференции, Ч. 2. М.: ВИМ, 2015. С. 9-14.

4. Годжаев З.А., Гришин А.П., Гришин А.А. Перспективы развития роботизированных технологий в растениеводстве // *Тракторы и сельхозмашины*. 2015. N12. С. 42-45.

5. Годжаев З.А., Измайлов А.Ю., Евтюшенков Н.Е., Крюков М.Л. К вопросу создания экологически безопасных всепогодных автомобилей сельскохозяйственного назначения // *Тракторы и сельхозмашины*. 2016. N3. С. 48-52.

6. Годжаев З.А., Евтюшенков Н.Е. Снижение воздействия ходовых систем на почву // *Водитель-автомобиль-дорога*. 2016. N8. С. 38-39.

7. Каляев И.А., Капастян С.Г. Групповое управление роботами: проблемы, решения // *Известия высших учебных заведений. Машиностроение. Специальный выпуск «Специальная робототехника и мехатроника»*. М.: МГТУ

им. Н.Э. Баумана, 2011. С. 3-13.

8. Лапшов В.С., Носков В.П., Рубцов И.В., Рудианов Н.А., Рябов А.В., Хрущев В.С. Формирование модели виртуальной реальности и информационно-навигационных полей для обеспечения автономного функционирования РТК специального назначения // *Известия ЮФУ «Технические науки»*. 2017. N12. С. 248-266.

9. Рубцов И.В., Машков К.Ю., Наумов В.Н. 185 лет МГТУ им. Н.Э. Баумана – состояние и перспективы развития специальной робототехники // *Перспективные системы и задачи управления: Сборник материалов Десятой Всероссийской научно-практической конференции*. 2015. N1. С. 247-255.

10. Рубцов И.В., Машков К.Ю., Наумов В.Н. Модернизация устаревших ВВТ как один из путей развития современной робототехники // *Перспективные системы и задачи управления: Избранные труды Всероссийской научно-практической конференции*. Т. 1. М.: 2015. С. 51-59.

11. Носков В.П., Рубцов И.В. Решение целевых задач комплексом РТК-выносной пункт СТЗ // *Известия ЮФУ «Технические науки»*. 2015. N1. С. 121-132.

## REFERENCES

1. The future of Food and Farming: Challenges and choices for global sustainability. The Government Office for Science: Final project report. London, 2011: 16-18. (In English)

2. Izmaylov A.Yu., Kryazhkov V.M., Antyshev N.M., Elizarov V.P., Lobachevskiy Ya.P., Sorokin N.T., Gurylev G.S., Savel'ev G.S., Sizov O.A., Shevtsov V.G. Concept of modernization of agricultural tractors and tractor fleet in Russia for the period until 2020. Moscow: VIM, 2012: 67. (In Russian)

3. Godzhaev Z.A., Shevtsov V.G., Gurylev G.S., Lavrov A.V. Agriculture development prediction based on primary reproduction of tractor fleet. *Intellektual'nye mashinnye tekhnologii i tekhnika dlya realizatsii Gosudarstvennoy programmy razvitiya sel'skogo khozyaystva*: Sbornik nauchnykh dokladov mezhdunarodnoy nauchno-tekhnicheskoy konferentsii, Vol. 2. Moscow: VIM, 2015: 9-14. (In Russian)

4. Godzhaev Z.A., Grishin A.P., Grishin A.A. Prospects for robotic technologies development in crop production. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2015; 12: 42-45. (In Russian)

5. Godzhaev Z.A., Izmaylov A.Yu., Evtyushenkov N.E., Kryukov M.L. Revisited creation of ecologically safe all-season machines of agricultural purpose. *Traktory i sel'khoz mashiny*. 2016; 3: 48-52. (In Russian)

6. Godzhaev Z.A., Evtyushenkov N.E. Reducing of running systems impact on the soil. *Voditel'-avtomobil'-doroga*. 2016; 8: 38-39. (In Russian)

7. Kalyaev I.A., Kapastyan S.G. Group control of robots: problems, solution. *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie. Spetsial'nyy vypusk «Spetsial'naya robototekhnika i mekhatronika»*. Moscow: MGTU im. N.E. Bauman, 2011: 3-13. (In Russian)

8. Lapshov V.S., Noskov V.P., Rubtsov I.V., Rudianov N.A., Ryabov A.V., Khrushchev V.S. Model of virtual reality and information-navigational fields forming to ensure the autonomous functioning of robotic systems of special purpose. *Izvestiya YuFU «Tekhnicheskie nauki»*. 2017; 12: 248-266. (In Russian)

9. Rubtsov I.V., Mashkov K.Yu., Naumov V.N. The 185 years of the BMSTU – the state and prospects for the development of special robotics. *Perspektivnye sistemy i zadachi upravleniya*: Sbornik materialov Desyatoy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. 2015; 1: 247-255. (In Russian)

10. Rubtsov I.V., Mashkov K.Yu., Naumov V.N. Modernization of obsolete weapons and military equipment as one of the ways to develop modern robotics. *Perspektivnye sistemy i zadachi upravleniya*: Izbrannye trudy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii. Vol. 1. Moscow: 2015: 51-59. (In Russian)

11. Anikin V.A., Kim N.V., Noskov V. P., Rubtsov I.V. Application of a robot system with a remote vision. *Izvestiya YuFU «Tekhnicheskiye nauki»*. 2015; 1: 121-132 (In Russian).

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Conflict of interest.** The authors declare no conflict of interest.