

УДК 631.171

Беспилотное мобильное энергосредство сельскохозяйственного назначения Unmanned mobile power unit for agricultural purposes

З. А. ГОДЖАЕВ, д-р техн. наук
А. П. ГРИШИН, д-р техн. наук
А. А. ГРИШИН, канд. экон. наук
В. А. ГРИШИН, инж.

Всероссийский научно-исследовательский институт механизации сельского хозяйства, Москва, Россия, vim-transport@mail.ru

Z. A. GODZHAEV, DSc in Engineering
A. P. GRISHIN, DSc in Engineering
A. A. GRISHIN, PhD in Economics
V. A. GRISHIN, Engineer

All-Russian Research Institute of Agricultural Mechanization, Moscow, Russia, vim-transport@mail.ru

Показано, что основой роботизированных технологий в растениеводстве служит беспилотное мобильное энергосредство сельскохозяйственного назначения на базе колесной или гусеничной платформы, на которой размещаются гибридная энергоустановка, аппаратура управления движением и машинного зрения. Приведены описание алгоритма программного обеспечения и принципиальная электрическая схема управления движением. Отмечено, что машинное зрение служит неотъемлемой частью рабочих органов, поскольку значительную часть информации о состоянии растений (интенсивности роста, степени зрелости, наличии заболеваний) получают через зрительные образы, а также системы управления движением, точного позиционирования. Эта информация позволяет роботизированным рабочим органам принимать технологические решения и выполнять требуемые операции, а беспилотному мобильному энергосредству — передвигаться по технологическому маршруту. Другая основополагающая функция беспилотного мобильного энергосредства — позиционирование и управление движением по требуемой траектории. Дан краткий анализ реализации этой функции с помощью спутниковых систем навигации либо наземных средств позиционирования, в том числе машинного зрения и целеуказания. Спутниковые навигационные системы обеспечивают позиционирование и идентификацию на огромных территориях, но не работают внутри помещений. Сетевая беспроводная система локального позиционирования позволяет контролировать местонахождение и движение объектов и надежно идентифицировать их как вне, так и внутри помещений. Совместное использование таких систем позволяет распространить контроль перемещения транспортных средств и сельскохозяйственных машин на зоны, где отсутствует прямая видимость спутников, — закрытые дворы, здания. При этом возникают дополнительные возможности контроля локальных перемещений продукции и персонала в производственных и непромышленных помещениях закрытого и открытого типа.

Ключевые слова: роботизация; беспилотное мобильное энергосредство; машинное зрение; технологические роботизированные модули.

It is shown that the basis of robotic technologies in plant cultivation is an unmanned mobile power unit for agricultural purposes on wheeled or tracked platform with hybrid power plant, motion control and machine vision equipment. Description of software algorithm and schematic circuit diagram of motion control are given. It is noted that machine vision is an integral part of working organs, because much of the information about the state of plants (growth rate, maturity degree, disease) is received through visual contact, as well as through systems of motion control and precise positioning. This information allows the robotic working organs to find the technological solutions and implement the required operations, and the unmanned mobile power unit to move on process route. Another fundamental function of unmanned mobile power unit is positioning and motion control on required trajectory. A brief analysis of implementation of this function by means of satellite navigation or ground facilities of positioning including machine vision and target indication is given. Satellite navigation systems provide positioning and identification on large areas, but do not work indoors. Network wireless system of local positioning allows to control the location and motion of objects and reliably identify them both outside and inside the premises. Combined application of such systems allows to extend the motion control of vehicles and agricultural machines to areas not directly visible for satellites: covered yards, buildings. That creates additional opportunities for control of local movements of products and personnel in industrial and non-industrial premises of closed and open type.

Keywords: robotics; unmanned mobile power unit; machine vision; technological robotic modules.

Введение

Одним из крупных проектов на базе создаваемой Российской технологической платформы "Инновационные машинные технологии сельского хозяйства" может стать

10-я Национальная технологическая инициатива AgroNet — "Создание распределенной сети управления беспилотными сельскохозяйственными мобильными объектами" [1].

Основой продукта AgroNet служат беспилотные мобильные энергосредства с.-х. назначения (БМЭСХ) [2] мощностью до 10 кВт, которые агрегируются с рабочими органами для выполнения таких работ в са-

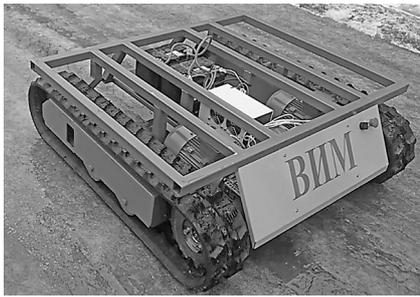


Рис. 1. Гусеничная платформа БМЭСХ

доводстве и ягодниках, как опрыскивание, транспортировка, мониторинг растений и почв с дальнейшим внесением удобрений, сбор урожая.

Цель исследования

На начальном этапе создания БМЭСХ необходимо исследовать принципиальную возможность применения асинхронного электропривода гусеничных движителей с питанием от аккумуляторов постоянного тока, а также обеспечения управления движением по радиоканалу, при этом должны соблюдаться синхронность и точность технологического маневра.

Материалы и методы

В ВИМе разработан и изготовлен исследовательский образец гусеничной платформы БМЭСХ (рис. 1) со следующими характеристиками.

Габаритные размеры (Д×Ш×В), мм	1000×1200×400
Мощность электродвигателей, кВт	1,5
Тип привода	трехфазный асинхронный
Аккумуляторное питание	12 В; 110 А·ч
Передаточное число понижающего редуктора	15
Момент на выходном валу редуктора, Н·м	145
Время работы до подзарядки, ч	4,5
Вес, кг	240

Инновационный научный элемент создания БМЭСХ — применение новой системы преобразователей. Благодаря ей осуществляется питание трехфазного асинхронного электродвигателя от аккумуляторной батареи постоянного тока 12 В. Использование контроллера и инновационного программного обеспе-

чения (ПО) для него позволяет применить такой алгоритм.

ПО гусеничной платформы анализирует сигнал с дистанционного пульта управления и преобразует его согласно алгоритму в сигналы управления преобразователями частоты (ПЧ). Они управляют частотой вращения двигателей левой и правой гусениц. Алгоритм представлен на рис. 2 [3].

ПЧ1 управляет движением левой гусеницы, ПЧ2 — правой. Изменение частоты осуществляется пропорционально смещению джойстика дистанционного пульта управления по двум осям: вперед-назад и влево-вправо. Смещение джойстика вперед от 0 до 100 % инициирует пропорциональное изменение частоты ПЧ от 0 до 50 Гц.

При смещении джойстика вперед без поворота на ПЧ1 и ПЧ2 подается команда движения вперед с синхронной частотой. При смещении

назад без поворота на ПЧ1 и ПЧ2 подается команда движения назад также с синхронной частотой. При смещении вперед или назад с поворотом частота вращения соответствующего борта снижается пропорционально смещению джойстика влево или вправо.

Например, при движении вперед без поворота и смещении джойстика на 50 % на оба ПЧ подается команда движения вперед с частотой 25 Гц. Если при этом джойстик поворота сместить влево на 20 %, то на ПЧ1 подается команда движения с частотой 20 Гц, а на ПЧ2 — с частотой 25 Гц.

При смещении джойстика дистанционного пульта управления влево или вправо без движения на ПЧ1 и ПЧ2 подаются команды разнонаправленного движения с синхронной частотой, пропорциональной смещению джойстика. Например, при повороте на месте влево на

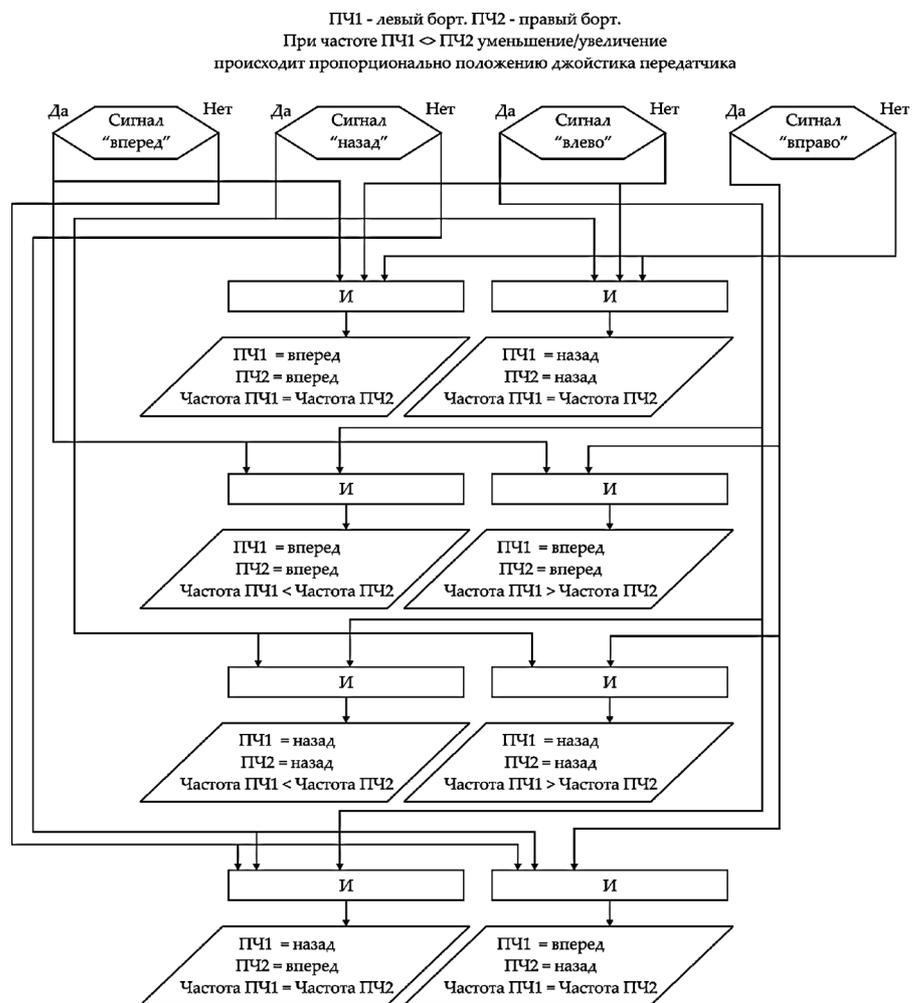


Рис. 2. Алгоритм ПО привода гусеничной платформы

ПЧ1 подается команда движения назад, на ПЧ2 — вперед.

Алгоритм управления реализуется с помощью ПО контроллеров системы управления БМЭСХ, принципиальная схема приведена на рис. 3.

Машинное зрение — неотъемлемая часть рабочих органов каждой из областей растениеводства, поскольку значительную часть информации об окружающем мире, в т.ч. о состоянии растений (интенсивности роста, степени зрелости, наличии заболеваний, их протекании и лечении), получают через зрительные образы, а также системы управ-

ления движением, точного позиционирования. Наличие такой информации позволяет роботизированным рабочим органам принимать технологические решения и осуществлять требуемые технологические операции, а БМЭСХ — передвигаться согласно технологическому маршруту [4].

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 добиться совершенно неожиданных по эффективности решений в невозможных, казалось бы, условиях (при большом ареале живых растений оценивать состояние каждого).

Результаты и их обсуждение

Исследовательский образец прошел испытания на предмет выполнения функций движения и управления маневром. Результаты испытаний оценены как удовлетворительные: движение уверенное, маневры осуществлялись согласно командам с пульта.

На следующем этапе НИОКР необходимо разработать и исследовать систему движения в беспилотном режиме с помощью машинного зрения.

Данная функция может быть осуществлена с помощью спутниковых систем навигации (ориентации) или наземных средств позиционирования, в т.ч. машинного зрения и целеуказания, например лазерного путеуказателя или сенсорики препятствий [4].

Для обнаружения, позиционирования и идентификации чаще всего используются спутниковые навигационные системы GPS (в основном для мониторинга транспортных средств и с.-х. агрегатов [4]), телевизионное и цифровое видеонаблюдение [5], а в последние годы еще и системы позиционирования в режиме реального времени RTLS. Однако каждая из этих систем имеет свои ограничения (см. таблицу).

Получается, что ни одна из перечисленных систем не может в полной мере решить поставленную задачу. Решением может стать их совместное использование. Такая интеграция открывает возможности, не доступные системам по отдельности [7].

Совместное использование систем глобальной навигации ГЛОНАСС/GPS, локального позиционирования RTLS и интеллектуального видеонаблюдения ИТВ обусловлено разнообразием подвижных объектов (растущее растение, человек, мобильная и конвейерная техника), их распределенностью в пространстве (в пределах теплицы, хозяйства, района, области), масштабом оперативно-технологических процессов (коли-

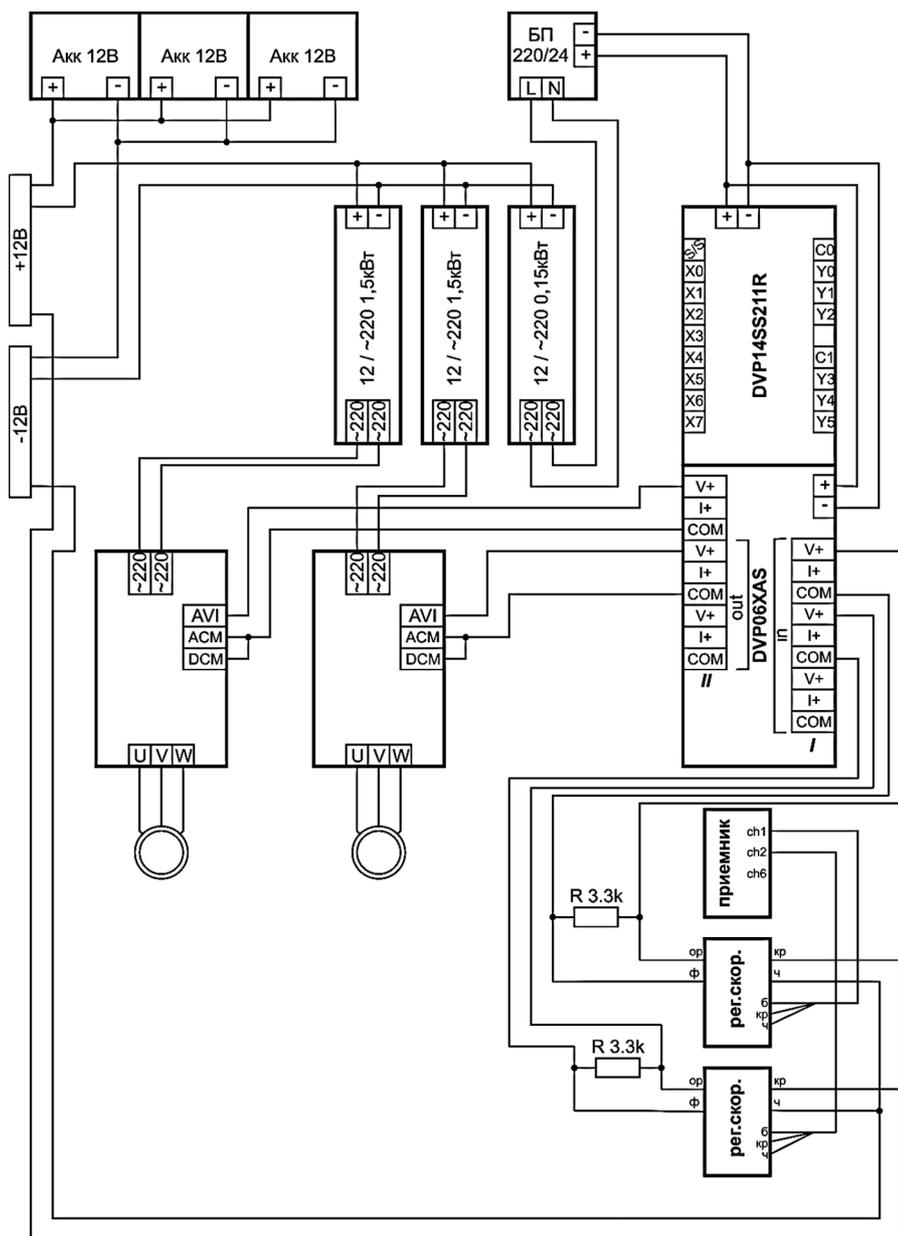


Рис. 3. Принципиальная схема системы управления БМЭСХ

Сравнительные характеристики применяемых технологий идентификации и позиционирования подвижных объектов [6]

Технологии позиционирования	Точность, м	Дистанция, м	Стоимость
Системы спутниковой навигации ГЛОНАСС, GPS	10—15	В пределах доступности	Низкая
Сотовая связь	100—500	В пределах доступности	Низкая
Инфракрасное	0,1	3—10	Высокая
Ультразвуковое	0,1	3—10	Высокая
Активные RFID-системы радиочастотных идентификаторов	1—3	20—100	Средняя
Сетевая беспроводная система локального позиционирования RTLS	1	>30	Средняя
Лазерное наведение	До 0,001	>1000	Высокая

чество 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 длительного круглосуточного более пристального интеллектуального наблюдения за развитием растений и окружающей агропроизводственной инфраструктурой в перспективе будут иметь центральное значение.

В создании глобальной распределенной сети AgroNet могут участвовать организации очень широкого спектра, подведомственные ФАНО и РАН, вузы, а также ведущие НИИ и КБ России. Предполагается, что ВИМ с целью продвижения данного проекта под эгидой АСИ в ближайшее время создаст инициативную рабочую группу.

Для включения в матрицу НТИ иницилируемый проект AgroNet отвечает всем критериям (требованиям):

— предполагаемый объем рынка AgroNet, значимого и заметного в глобальном масштабе, составит более 100 млрд долл. к 2030 г.;

— на данный момент рынок не сформирован, на нем практически отсутствуют техническое, программное и информационное обеспечение;

— рынок AgroNet в первую очередь ориентирован на организации АПК и с.-х. производителей как конечного потребителя; он будет представлять собой сеть, в которой посредники заменяются на управляющее программное обеспечение;

— рынок важен с точки зрения обеспечения производственной безопасности России;

— в России есть условия для достижения конкурентных преимуществ и занятия существенной доли рынка интеллектуальных машин для с.-х. производства;

— в России есть производственные, предприниматели и бизнес-сообщества, обладающие амбициями и потенциалом для создания лидирующих компаний мирового уровня на новом высокотехнологичном рынке интеллектуальных машинных технологий АПК.

Выводы

Новый рынок AgroNet будет основан на сетевом структурном принципе построения с охватом широкого спектра с.-х. организаций, в т.ч. крупных агропромышленных холдингов, при условии применения БМЭСХ.

Литература и источники

1. Гришин А. П., Гришин В. А., Гришин А. А. и др. Ключевые технологии и прогноз развития сельскохозяйственной робототехники // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве: Мат-лы X Междунар. науч.-практ. конф. М.: ВИЭСХ, 2016. С. 66—73.

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. Гришин А. П., Гришин В. А., Гришин А. А. и др. Программное обеспечение асинхронного привода гусеничной платформы // Энергообеспечение и энергосбережение в сельском хозяйстве:

Мат-лы Междунар. науч.-практ. конф. М.: ВИЭСХ, 2016. С. 165—172.

4. Левшин А. Г., Башилов А. М., Головкин В. А. Автоматическое пилотирование и диспетчеризация мобильных агрегатов // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2011, № 2. С. 18—22.

5. Башилов А. М. Проект управления аграрным производством на основе систем видеомониторинга // Техника и оборудование для села. 2010, № 10. С. 46—48.

6. Башилов А. М., Легеца В. Н. Совместное использование глобального наведения, локального позиционирования и интеллектуального видеонаблюдения в аграрном производстве // Вестник ФГОУ ВПО МГАУ. 2014, № 2. С. 23—26.

7. Хорт Д. О., Филиппов Р. А. Применение автоматизированной системы управления производственными процессами в садоводстве // Сборник научных трудов ВНИИОК. 2013, т. 3, № 6. С. 356—360.

References

1. Grishin A. P., Grishin V. A., Grishin A. A., Godzhaev Z. A. Key technologies and forecast of development of agricultural robotics. *Energoobespechenie i energosberezhenie v sel'skom khozyaystve: Mat-ly X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Energy supply and energy saving in agriculture. Proc. of the X int. sci. and pract. conf.]. Moscow, All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture, 2016, pp. 66—73 (in Russ.).

2. Godzhaev Z. A., Grishin A. P., Grishin A. A. Development prospects of robotic technologies in plant cultivation. *Traktory i sel'khoz mashiny*, 2015, no. 12, pp. 42—45 (in Russ.).

3. Grishin A. P., Grishin V. A., Grishin A. A., Godzhaev Z. A. Software for asynchronous drive of a tracked platform. *Energoobespechenie i energosberezhenie v sel'skom khozyaystve: Mat-ly X Mezhdunar. nauch.-prakt. konf.* [Energy supply and energy saving in agriculture. Proc. of the X int. sci. and pract. conf.]. Moscow, All-Russian Research Institute for Electrification of Agriculture, 2016, pp. 165—172 (in Russ.).

4. Levshin A. G., Bashilov A. M., Golovko V. A. Automatic pilotage and dispatching of mobile units. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2011, no. 2, pp. 18—22 (in Russ.).

5. Bashilov A. M. Agricultural production management project based on video monitoring systems. *Tekhnika i oborudovanie dlya sela*, 2010, no. 10, pp. 46—48 (in Russ.).

6. Bashilov A. M., Legeza V. N. Combined use of global positioning system, radio-frequency identification and intelligent video surveillance in agricultural production. *Vestnik FGOU VPO MGAU*, 2014, no. 2, pp. 23—26 (in Russ.).

7. Khort D. O., Filippov R. A. Application of automated production processes control system in horticulture. *Sbornik nauchnykh trudov VNIIOK*, 2013, vol. 3, no. 6, pp. 356—360 (in Russ.).