

Makarov Igor Michailovich – Moscow State Technical University of Radioengineering, Electronics and Automation; e-mail: cpd@mirea.ru; 78, Vernadsky ave., Moscow, 119454, Russia; phone: +74954349232; the department of control engineering; dr. of eng. sc.; professor; Academician of Russian Academy of Science.

Lokhin Valeriy Michailovich – the department of control engineering; dr. of eng. sc.; professor.

Manko Sergey Viktorovich – the department of control engineering; dr. of eng. sc.; professor.

Romanov Michail Petrovich – the department of control engineering; dr. of eng. sc.; professor.

Aleksandrova Rimma Ivanovna – the department of control engineering; leading electronic.

УДК 007.621.865.8

И.В. Рубцов

ВОПРОСЫ СОСТОЯНИЯ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ ОТЕЧЕСТВЕННОЙ НАЗЕМНОЙ РОБОТОТЕХНИКИ ВОЕННОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Рассмотрены некоторые вопросы состояния и перспектив развития наземной мобильной специальной робототехники. Отмечено, что разработка, а в дальнейшем применение роботизированных средств с высокой степенью автономности, является весьма актуальной и зависит, прежде всего, от возможности создания системы автоматического вождения в условиях различных сред (индустриальная среда, городские условия, сеть дорог, пересечённая местность). На основе анализа тенденций развития специальной робототехники за рубежом и состояния отечественного роботостроения сформулированы основные задачи развития отечественной наземной мобильной робототехники.

Мобильный робототехнический комплекс; шасси; система автономного управления.

I.V. Rubtsov

CURRENT SITUATION AND PERSPECTIVE OF DEVELOPMENT FOR GROUND MILITARY AND SPECIAL ROBOTICS

Some questions of current situation and perspectives for ground mobile special robotics are considered in the paper. Design and further using of autonomous robots is very actual problem. The solving of it depends on possibility of creation of automated motion system for different environments (industrial, urbane conditions, roads, cross-country). Main tasks of development for national ground mobile robotics are formulated according to carried out analysis of development trends for foreign special robotics and national robot buildings.

Mobile robotic complex; chassis; autonomous control system.

В настоящее время разработка и внедрение технологий военной робототехники является одним из приоритетных направлений, используемых при создании новых и модернизации существующих на вооружении образцов вооружения и военной техники (ВВТ) [1].

Путем роботизации ВВТ предполагается достичь качественного улучшения параметров эффективности существующих и перспективных образцов ВВТ, расширить их функциональные возможности, а также максимально сократить потери личного состава в ходе ведения боевых действий.

Исследования и разработки в области роботизации ВВТ в интересах Вооруженных сил Российской Федерации проводятся в рамках комплексной целевой программы. Инициатором и одним из основных разработчиков указанной программы являлся МГТУ им. Н.Э. Баумана.

За период с 2000 по 2012 гг. удалось создать существенный научно-технический задел в области ключевых технологий робототехники, а также разработать и изготовить ряд экспериментальных и опытных образцов робототехнических комплексов (РТК) военного и специального назначения.

Это позволило сократить имеющееся отставание в развитии отечественной военной робототехники от наиболее развитых стран мира, которое по состоянию на 2000 год оценивалось в 8–10 лет.

Анализ состояния роботизации ВВТ в развитых странах показывает, что основное внимание в настоящее время уделяется созданию робототехнических средств повышенной автономности. В связи со спецификой задач, решаемой на поле боя, они должны быть способны работать в реальной обстановке при частичном или полном отсутствии исходной информации о среде функционирования [2].

Согласно проведенному американскими военными экспертами анализу, существующие опытные образцы дистанционно-управляемых роботизированных машин по показателям автономности действий не соответствуют требованиям современного боя. Они не обладают достаточной подвижностью на сильнопересеченной местности, насыщенной искусственными заграждениями и водными преградами, а также в городских условиях. Применяемые в них источники энергии не обеспечивают функционирование машины в течение заданного времени и не приспособлены к эксплуатации в различных климатических условиях. Выявлены также значительные недостатки в работе системы автоматического поиска, обнаружения и распознавания неподвижных и движущихся объектов. Кроме того, вследствие несовершенства средств искусственного интеллекта создание полностью автономных машин является сложной научно-технической задачей. Наиболее проблематичными составляющими этой задачи являются: адаптация к изменениям обстановки, координация групповых действий, а также принятие самостоятельного решения на применение оружия (для боевых роботов), в том числе для самообороны.

Министерством обороны США принято решение о поэтапном наращивании возможностей дистанционно-управляемых машин с постепенным исключением функций управления и контроля со стороны оператора и обеспечением частичной автономности робота в рамках общей поставленной задачи.

В настоящее время наряду с совершенствованием существующих образцов малоразмерных РТК в ведущих странах НАТО проводятся широкомасштабные работы по созданию боевых и обеспечивающих РТК категории от 500 кг до 12 т.

Основные направления ведущихся в России работ в области развития наземных робототехнических систем и комплексов военного назначения в основном совпадают с зарубежными [3, 4, 5]. Как и за рубежом, российские РТК создаются либо путем дооснащения находящихся на вооружении образцов ВВСТ модульным встраиваемым или навесным оборудованием, обеспечивающим их безэкипажное применение в режиме дистанционного управления, либо путем создания специализированных дистанционно управляемых, полуавтономных и автономных РТК ВН.

Современные достижения отечественных разработчиков наземных боевых и обеспечивающих РТК значительно скромнее зарубежных. Особенно заметно отставание в области создания малоразмерных РТК в категории свыше 200 кг (IV, V и VI категории по массе в табл. 1).

На наш взгляд с целью оптимизации номенклатуры базовых шасси, предназначенных для создания РТК данной категории, целесообразно провести разработку унифицированных базовых шасси РТК, массой 700–800 кг и 2000–2500 кг.

Таблица 1

Основные достигнутые ТТХ зарубежных специализированных РТК

Весовая категория (группа)	Масса, кг	Целевая нагрузка, кг	Дальность ДУ, км	Способ доставки	Основная среда применения
Специализированные РТК					
I	до 12	до 10	до 0,5	Носимые (забрасываемые)	Здания и помещения
II	12–50	до 8–35	до 1,0	Переносные	Городская среда
III	50–200	до 35–150	до 1,5	Возимые	Урбанизированная территория
IV	200–800	до 150–600	до 2,0	Возимые, самоходные	Поле боя, пересечённая местность
V	800–2500	до 600–2000	до 3,0	Возимые, самоходные	Поле боя, пересечённая местность
VI	2500–12000	до 1500–3500	до 3,0	Самоходные	Поле боя, пересечённая местность
РТК на базе штатных образцов ВВТ					

Большинство основных задач, решаемых РТК ВН, может быть решено с применением данных РТК.

Состояние разработок отечественных мобильных роботов характеризуется следующим образом:

- ◆ существующие шасси близки по грузоподъёмности, тяговооруженности, весам и габаритам и, как правило, не превышают массу 200 кг;
- ◆ выпускаемые на внутренний рынок мобильные роботы имеют низкий уровень интеллектуализации и являются по существу дистанционно-управляемыми аппаратами, требующими устойчивой радио- и телевизионной связи с оператором;
- ◆ имеющийся значительный задел в области фундаментальных и поисковых исследований по различным проблемам искусственного интеллекта [6, 7] недостаточно реализован в реальных разработках.

Рассмотрим более подробно вопрос создания шасси РТК. В табл. 1 приведена классификация базовых шасси зарубежных РТК по весовым категориям и среды их применения. Проведём сравнительный анализ некоторых зарубежных и аналогичных отечественных образцов носимых, переносимо-возимых и возимосамоходных РТК.

1. Носимые РТК (до 12 кг) в основном применяются для работы в зданиях, в условиях городской среды. За рубежом разработана достаточно большая номенклатура таких РТК (от 4 до 12 кг). Гусеничное и колесное шасси обеспечивают диапазон максимальных скоростей от 10 до 20 км/ч. Применяются для ведения разведки, доставки грузов и обеспечения дымовой маскировки, картографирования и обеспечения целеуказания. Отечественные РТК (весом от 8 до 15 кг), разработанные в интересах ФСБ, МВД и МЧС России и ГК «Росатом», обеспечивают макси-

мальные скорости движения от 2,5 до 10 км/ч, что не в полной степени удовлетворяет требованиям к носимым РТК военного назначения. Следует отметить, что в настоящее время в нашей промышленности не налажен выпуск необходимой элементной базы для создания носимых РТК с требуемыми характеристиками.

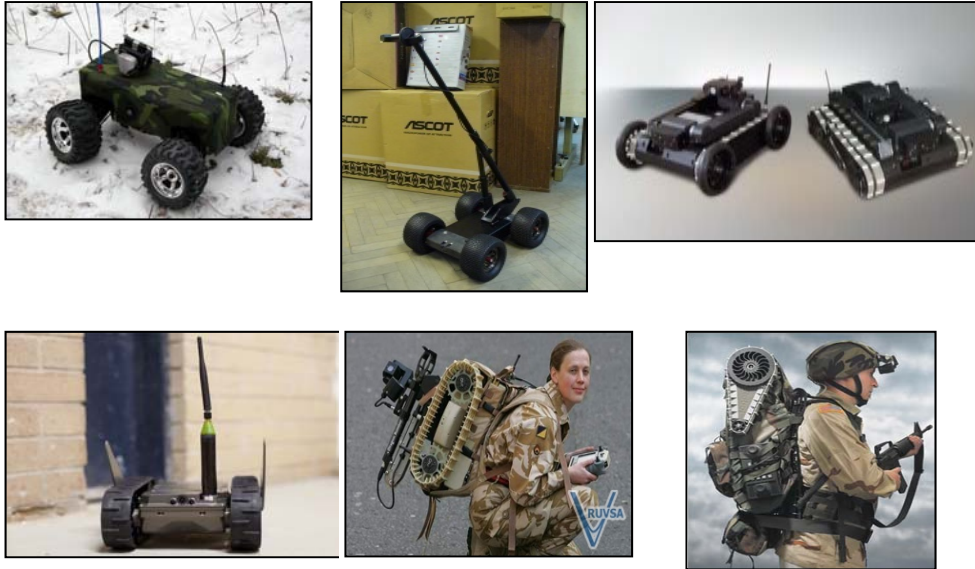


Рис. 1. Носимые РТК

2. Переносимо-возимые РТК (12–200 кг) применяются в основном для работы на урбанизированной территории.

РТК такого класса являются самыми массовыми в ВС зарубежных стран и, хотя типов таких РТК немного, они находят самое широкое применение в Афганистане, Ираке и других «горячих точках». Несмотря на большую массу переносимо-возимых РТК по сравнению с носимыми, они обладают приблизительно такими же максимальными скоростями передвижения. Отечественные образцы также уступают по этому параметру зарубежным аналогам, что связано с той же проблемой отставания отечественной элементной базой от зарубежной.

3. Возимо-самоходные РТК (от 200 до 2500 кг.) в основном применяются в условиях пересечённой местности.

Современные технологии конструирования моторно-трансмиссионной и ходовой части возимо-самоходные РТК позволяют обеспечить их движение со скоростями не ниже чем у экипажной боевой техники (до 60–70 км/ч на дорогах с твёрдым покрытием, до 25–35 км/час по пересечённой местности). При этом следует подчеркнуть, что реально достижимые скорости РТК ограничены в первую очередь возможностями системы дистанционного управления и, в первую очередь, системами наружного видеонаблюдения.

Не имея возможности проведения полноценных испытаний РТК данной весовой категории и проверки функционирования их подсистем в условиях приближенных к боевым, разработчики в нашей стране вынуждены проводить, в основном, теоретические исследования и иногда – разработку отдельных экспериментальных образцов РТК.



Рис. 2. Переносимо-возимые РТК

На рис. 3 приведены отечественные и зарубежные образцы РТК данного класса



Рис. 3. Возимо-самоходные РТК

Применительно к вопросу создания РТК на базе штатных экипажных образцов ВВТ следует отметить, что в настоящее время за рубежом разработаны унифицированные комплекты навесного (встраиваемого) оборудования для оснащения колесных или гусеничных машин с целью перевода их в класс дистанционно-управляемых образцов. Такие машины уже находят применение при работах в опасных зонах и с опасными предметами, в первую очередь, при расчистке дорог, преодолении заграждений, разминировании, а также при постановке дымовых завес для обеспечения боевых действий. Первые образцы машин этой категории применялись войсками США в Боснии (инженерными подразделениями), а также в ходе боевых действий в Афганистане и Ираке.

В нашей стране также разрабатываются комплекты навесного (встраиваемого) оборудования для оснащения штатных образцов БТВТ.

Тактико-технические характеристики РТК существенным образом определяются реализованной системой управления.



Рис. 4. РТК на базе штатных образцов ВВТ

Одной из основных тенденцией современного развития наземной военной робототехники является постепенный переход от дистанционно-управляемых к полуавтономным (в перспективе к автономным) РТК. Это позволит устранить основные недостатки дистанционно-управляемых РТК, такие как:

- ◆ ограниченность радиуса действия при управлении по радио или кабельным линиям связи;
- ◆ необходимость непрерывного участия операторов в процессе управления как комплексом в целом, так и его подсистемами;
- ◆ возможность нарушения устойчивой работы каналов передачи информации и команд управления путем применения противником средств радиоэлектронного противодействия.

Необходимо отметить, что разработка, а в дальнейшем и применение роботизированных средств с высокой степенью автономностью зависит прежде всего от возможности создания системы автоматического вождения в условиях различных сред (индустриальная среда, городские условия, сеть дорог, пересеченная местность), что потребует решения бортовыми средствами ряда сложных научно-технических задач, таких как [8]:

- ◆ дистанционное определение геометрических и опорных характеристик в зоне движения;
- ◆ высокоточное определение текущих координат и ориентации объекта управления;
- ◆ формирование моделей внешней среды и планирование текущих траекторий движения с учетом характеристик объекта управления;
- ◆ отработка планируемых траекторий движения, включая выход/возврат образца в заданный/исходный район, с выдерживанием заданного маршрута движения и обходом препятствий;
- ◆ контроль и диагностика программно-аппаратных средств бортовой системы управления и двигательной установки.

Одним из основных принципов создания таких систем является сохранение преемственности отработанных технических решений и создание автономных робототехнических комплексов на базе дистанционно-управляемых РТК, используя ядро системы дистанционного управления в качестве нижнего (исполнительного) уровня системы автономного управления движением (САУД).

Учитывая вышесказанное можно сформулировать основные направления дальнейших исследований, представленных ниже.

1. Комплекс исследований по разработке технических средств военной робототехники для автоматизации и интеллектуализации образцов ВВСТ, включающий:

- ◆ НИОКР по разработке методов и средств, обеспечивающих скоростное движение РТК в неопределенных и динамически изменяемых средах на основе применения адаптивно-управляемых подвесок и гибридных трансмиссий.
- ◆ НИОКР по разработке комплектов встраиваемых аппаратно-программных модулей для обеспечения режимов супервизорного и автономного управления наземных РТК различного назначения.
- ◆ НИОКР по разработке многоканальной системы объемного технического зрения для освещения дорожно-тактической обстановки и управления наземных РТК в любое время суток и в сложных погодных условиях.

2. Комплекс фундаментально-поисковых исследований по разработке перспективных технологий военной робототехники:

- ◆ НИР по повышению эффективности автономного управления движением РТК на основе дистанционного и тактильного определения характеристик профильной и опорной проходимости.
- ◆ НИР по разработке методов и средств интерпретирующей навигации на основе выделения геометрических и семантических объектов, распознавания образов с помощью комплексированных систем технического зрения.
- ◆ НИР по разработке новых методов и средств информационного обеспечения боевых действий на основе технологий виртуальной реальности, формируемой с применением наземных РТК и БЛА.
- ◆ НИР по разработке интеллектуальных распределенных систем управления координированными действиями наземных РТК и БЛА в группах при решении боевых и обеспечивающих задач.
- ◆ НИР по разработке принципов построения и алгоритмов функционирования интеллектуальных систем автономного управления технологическим оборудованием наземных РТК, функционирующих в неопределенных и динамически изменяемых средах.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Каляев И.А., Рубцов И.В.* Боевым роботам нужна программа // Национальная оборона». – 2012. – № 8 (77). – С. 34-48.
2. *Unmanned Ground Systems Roadmap.* // Robotics Systems Joint Project Office, 2011.
3. *Шеремет И.Б., Рудианов Н.А., Рябов А.В., Хрущев В.С., Комченков В.И.* Обоснование семейства боевых и обеспечивающих роботов для боя в городе // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2012. – № 3 (128). – С. 37-41.
4. *Лапишов В.С., Носков В.П., Рубцов И.В., Рудианов Н.А., Рябов А.В. Хрущев В.С.* Бой в городе. Боевые и обеспечивающие роботы в условиях урбанизированной территории // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2011. – № 3 (116). – С. 142-146.
5. *Иваненков В.В., Кутузов А.Н., Панков В.А., Рубцов И.В.* Роботизированная система охрана и обороны специальных объектов и участков границы // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. «Специальная робототехника и мехатроника». – 2012. – С. 5-14.
6. *Интеллектуальные системы автоматического управления / Под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина.* – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.
7. *Интеллектуальные роботы / Под ред. Е.И. Юревича.* – М.: Машиностроение, 2007.
8. *Лапишов В.С., Носков В.П., Рубцов И.В.* Опыт создания автономных мобильных робототехнических комплексов специального назначения // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. «Специальная робототехника и мехатроника». – 2011. – С. 7-24.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н., профессор Г.О. Котиев.

Рубцов Иван Васильевич – МГТУ им. Н.Э. Баумана; e-mail: noskov_mstu@mail.ru; 105005, Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, тел.: 84992636019; кафедра «Специальная робототехника и мехатроника»; зав. кафедрой; к.т.н.; доцент.

Rubtsov Ivan Vasil'evich – Bauman Moscow State Technical University; e-mail: noskov_mstu@mail.ru; 5, 2-ya Baumanskaya street, Moscow, 105005, Russia; phone: +74992636019; the department "Special robotics and mechatronics"; head the department; cand. of eng. sc.; associate professor.

УДК 007.52

И.Б. Шеремет, Н.А. Рудианов, А.В. Рябов, В.С. Хрущев

ПРОБЛЕМЫ РАЗВИТИЯ РОБОТИЗИРОВАННОГО ВООРУЖЕНИЯ СУХОПУТНЫХ ВОЙСК

Рассматриваются проблемные вопросы роботизации вооружения и военной техники Сухопутных войск на ближайшую и дальнюю перспективу. На основе анализа требований, предъявляемых к робототехническим комплексам военного назначения для применения в составе комплекта вооружения СВ, сформулированы наиболее острые проблемы создания и применения РТК СВ. Для повышения качества роботизированного вооружения и сокращения сроков разработки и освоения РТК предложен ряд технических и организационных мер, включая вопросы разработки типового ряда базовых шасси, модулей навесного оборудования, а также подготовки кадров всех уровней.

Боевые и обеспечивающие роботы; перспективная система общевойсковых формирований.

I.B. Sheremet, N.A. Rudianov, A.V. Ryabov, V.S. Khrushchev

JUSTIFICATION OF COMBAT AND SUPPORT A FAMILY OF ROBOTS TO FIGHT IN

The article deals with the problematic issues of robotic weapons and equipment the Army in the near and long term. Based on analysis of the requirements for robot systems for military applications within the set of arms E, formulated the most acute problems of creation and application of RTC North. To improve the quality of robotic arms and reduce development time and development RTC offers a number of technical and organizational measures, including the development of a model set of basic chassis, modules, attachments, as well as training at all levels.

Combat and support robots; advanced system of combined arms formations.

Основными областями применения роботизированных образцов военной техники [1] Сухопутных войск РФ, обеспечивающих решение различных задач боевого, технического и тылового обеспечения являются:

- ◆ прорыв заранее подготовленной обороны противника;
- ◆ обеспечение оборонительных действий тактических формирований путем создания системы роботизированных огневых точек в полосе прикрытия подразделений для ведения борьбы с живой силой и бронированными целями противника;
- ◆ обеспечение огневой поддержки наступающих частей и подразделений и подавление огневого противодействия за счет применения мобильных робототехнических комплексов (РТК), оснащенных автоматическим оружием и противотанковыми средствами;
- ◆ артиллерийская разведка и обслуживание стрельбы наземной артиллерии;