

13. Fischler M.A., Bolles R.C. Random sample consensus: A paradigm for model fitting with applications to image analysis and automated cartography, *Communications of the ACM*, 1981, No. 24 (6), pp. 381-395.
14. Konouchine A., Gaganov V., Veznevets V. AMLESAC: A New Maximum Likelihood Robust Estimator, *Graphicon 2005 proceedings*. Available at: <http://www.graphicon.ru/html/2005/proceedings/papers/konouchin.pdf>.
15. Klasing K., Althoff D., Wollherr D., and Buss M. Comparison of Surface Normal Estimation Methods for Range Sensing Applications, *In Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics and Automation (ICRA), Kobe, Japan, May 12-17 2009*.
16. Holz D., Holzer S., Rusu R. B., Behnke S. Real-Time Plane Segmentation using RGB-D Cameras, *In Proceedings of the 15th RoboCup International Symposium, Istanbul, July 2011*.
17. Comaniciu D., Meer P. Mean Shift: A Robust Approach Toward Feature Space Analysis, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence – PAMI*, 2002, Vol. 24, No. 5, pp. 603-619.
18. Berkmann J., Caelli T. Computation of Surface Geometry and Segmentation Using Covariance Techniques, *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)*, November 1994, No. 16 (11), pp. 1114-1116.
19. Niloy J. Mitra and An Nguyen. Estimating surface normals in noisy point cloud data, *In Proc. of The 19th ACM Symposium on Computational Geometry (SCG)*. San Diego, California, USA, June 2003, pp. 322-328.
20. Velizhev A., Shapovalov R., Potapov D., Tret'yak E., Konushin A. Avtomaticheskaya segmentatsiya oblakov tochek na osnove elementov poverkhnosti [Robust LIDAR data segmentation using compact point clusters], *Sbornik «Trudy konfe-rentsii GraphiCon–2009»* [Proc. of “GraphiCon-2009”], 2009, pp. 241-245.

Статью рекомендовал к опубликованию д.ф.-м.н., профессор А.К. Платонов.

Носков Владимир Петрович – Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана; e-mail: noskov_mstu@mail.ru; 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5; тел.: 89166766057; кафедра специальной робототехники и мехатроники; к.т.н.; доцент; НИИ Специального машиностроения; зав. сектором.

Казьмин Вячеслав Николаевич – e-mail: slvk@list.ru; тел.: +79099050702; кафедра специальной робототехники и мехатроники; аспирант; НИИ Специального машиностроения; инженер.

Noskov Vladimir Petrovich – Bauman Moscow State Technical University; e-mail: noskov_mstu@mail.ru; 5, 2nd Baumanskaya street, Moscow, 105005, Russia; phone: +79166766057; cand. of eng. sc.; associate professor; Special robotics and mechatronics department, NIISM sector head.

Kazmin Vyacheslav Nikolaevich – e-mail: slvk@list.ru; phone: +79099050702; the department of special robotics and mechatronics department, postgraduate student; NIISM, engineer.

УДК 681.51: 007.52

В.Ю. Корчак, В.С. Лапшов, И.В. Рубцов

ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ НАЗЕМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ВОЕННОГО И СПЕЦИАЛЬНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Роботизация вооружения и военной техники является одним из важнейших направлений повышения качественного уровня технических средств вооруженной борьбы. В условиях современного общевойскового боя эффективность традиционных человекомашинных систем военного назначения зачастую уступает эффективности роботизированных комплексов. Путем роботизации ВВТ предполагается достичь качественного улучшения параметров эффективности существующих и перспективных образцов ВВТ, расширить их функциональные возможности

сти, а также максимально сократить потери личного состава в ходе ведения боевых действий. 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. Приведена классификация базовых шасси зарубежных РТК по весовым категориям и среды их применения. Выполнен сравнительный анализ некоторых зарубежных и аналогичных отечественных образцов. Рассмотрены вопросы роботизации сухопутных войск силовых ведомств. Приведены состав и характеристики существующих наземных робототехнических комплексов военного и специального назначения. Освещены основные проблемы создания различных перспективных образцов таких комплексов и рассмотрены пути их решения. Описаны основные тактико-технические характеристики (ТТХ) зарубежных специализированных РТК. Рассмотрены некоторые комплексированные СТЗ для дистанционного и автономного управления мобильными РТК. Приведены автономные мобильные РТК СН разработанные в МГТУ им. Н.Э. Баумана для применения в различных средах.

Мобильные роботы; система автоматического управления движением; система технического зрения; РТК военного и специального назначения.

V.Yu. Korchak, V.S. Lapshov, I.V. Rubtsov

PERSPECTIVE OF DEVELOPMENT FOR MILITARY AND SPECIAL GROUND ROBOTS

Robotization of weapons and military equipment is one of the most important areas of improvement in the quality of technical means of armed struggle. In the conditions of modern combined arms combat efficiency of traditional man-machine systems for military use are often inferior to the efficiency of robotic systems. Analysis of the state of robotics in developed countries shows that the main attention is currently given to the creation of robotic tools with increased autonomy. Due to the nature of the tasks solved on the battlefield, they must be able to work in a real situation with partial or total absence of initial information about the environment of operation. The classification of the underlying foreign RTK chassis weight environment their application. A comparative analysis of some domestic and foreign similar samples. Considered are the issues of robotization of the land forces of law enforcement agencies. Given the composition and characteristics of existing ground-based robotic systems for military and special purpose. The main problem of creating a variety of promising models of such systems and discussed their solutions. Describes the basic tactical and technical characteristics (TTX) special foreign RTC. Considered some complexed VS for remote and Autonomous control of mobile RTK. Given Autonomous mobile RTK SN developed in MSTU. N. E. Bauman for use in different environments.

Mobile robots; system of autonomous control for motion; vision system; ground military and special robots.

Введение. За последние десять – пятнадцать лет в области военной робототехники произошли кардинальные изменения, связанные, прежде всего, с массовым производством и испытанием в реальных условиях боевых и обеспечивающих робототехнических комплексов (РТК) вооруженными силами США и их союзников. Существенный прогресс достигнут также и в области интеллектуализации процессов принятия решений в ходе боевой работы и группового управления.

Постановка задачи. Цель данной статьи провести анализ текущего состояние и перспектив развития зарубежных и отечественных мобильных РТК специального и военного назначения. Проанализировать аппаратный и программный состав робототехнических комплексов. Провести оценку перспектив роботизации комплексов специального назначения.

Текущее состояние в области военных РТК. Планами Министерство Обороны (МО) США (Интегрированная Дорожная карта развития безэкипажных систем на период 2009–2034 гг.) предусматривается разработка и внедрение в войска к концу этого срока более 170 типов наземных роботов.

Обеспечение всесторонней интеграции и повышение уровня взаимодействия за счет реализации новых принципов управления и ведения боевых действий с применением РТК военного назначения становится неотъемлемым условием реформирования вооруженных сил стран НАТО.

Высокий уровень оснащения вооружённых сил США роботизированными средствами обеспечивает им возможность ведения современных сетевых войн на основе группового применения РТК.

Основные направления ведущихся в России работ в области развития наземных робототехнических систем и комплексов военного назначения, в основном совпадают с зарубежными [1–4]. Как и за рубежом, российские РТК проектируются и создаются либо путём дооснащения находящихся на вооружении образцов вооружения военной и специальной техники (ВВСТ) модульным встраиваемым или навесным оборудованием, обеспечивающим их безэкипажное применение в режиме дистанционного управления, либо путем создания специализированных дистанционно управляемых, полуавтономных или автономных РТК специального назначения (СН).

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 весу см. табл. 1).

Таблица 1

Основные тактико-технические характеристики (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

Состояние разработок отечественных мобильных роботов характеризуется следующим образом [5, 6]:

- ◆ существующие шасси близки по грузоподъёмности, тяговооруженности, массе, габаритам, как правило, не превышают массу 200 кг;
- ◆ выпускаемые на внутреннем рынке 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 [5, 6] недостаточно реализован в реальных разработках.

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.

Носимые РТК (весовая категория I) в основном применяются для работы в зданиях, в условиях городской среды. За рубежом разработана достаточно большая номенклатура таких РТК (4–12 кг). Гусеничные и колесные шасси обеспечивают диапазон максимальных скоростей от 10 км/ч и более. Они 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, МЧС России и ГК «Росатома», обеспечивают максимальные скорости движения от 2,5–10 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 нужными характеристиками.

Переносимо-возимые РТК (весовые категории II и III) применяются в основном для работы на урбанизированной территории. РТК такого класса являются самыми массовыми в вооружённых силах зарубежных стран и находят самое широкое применение в Афганистане, Ираке и других горячих точках. Несмотря на большую массу, переносимо-возимые РТК обладают приблизительно такими же максимальными скоростями передвижения, что и носимые. По этому параметру отечественные образцы также уступают зарубежным аналогам, что объясняется той же проблемой: отставание отечественной элементной базы от зарубежной.

Возимосамоходные РТК (весовые категории IV и V) в основном применяются в условиях пересечённой местности.

Современные технологии конструирования моторно-трансмиссионной и ходовой частей возимосамоходных РТК позволяют обеспечить их движение со скоростями не ниже, чем у экипажной боевой техники (до 60–70 км/ч на дорогах с твёрдым покрытием и до 25–35 км/ч по пересечённой местности). Реально достижимые скорости РТК ограничены в первую очередь возможностями системы дистанционного управления.

Самоходные РТК (Весовая категория VI). 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, прежде всего, при расчистке дорог, преодолении заграждений, разминировании, а также при постановке дымовых завес для обеспечения боевых действий. Первые образцы машин этой категории применялись инженерными подразделениями вооружённых сил США в Боснии, а также в Афганистане и Ираке.

В нашей стране тоже разрабатываются комплексы навесного (встраиваемого) оборудования для оснащения штатных образцов ВВ СТ.

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

Одной из основных тенденцией современного развития наземной военной робототехники является постепенный переход от дистанционно-управляемых к полуавтономным, а в перспективе – к автономным РТК. Это позволит устранить основные недостатки дистанционно-управляемых комплексов.

Разработка, а в дальнейшем и применение роботизированных средств с высокой степенью автономности, зависит прежде всего от возможности создания системы автоматического вождения в условиях различных сред (индустриальная среда, городские условия, сеть дорог, пересеченная местность).

На рис. 1 приведена обобщенная схема системы автономного управления движением (САУД) РТК, которая поясняет смысл технологии дооснащения дистанционно управляемой (СУД) до уровня полуавтономного и автономного управления. Это потребует [1, 7] решения бортовыми средствами ряда сложных научно-технических задач.

Один из основных принципов создания таких систем – сохранение преемственности отработанных технических решений и использование автономных робототехнических комплексов на базе дистанционно-управляемых РТК с сохранением ядра системы дистанционного управления в качестве нижнего (исполнительного) уровня системы автономного управления движением [8–19].

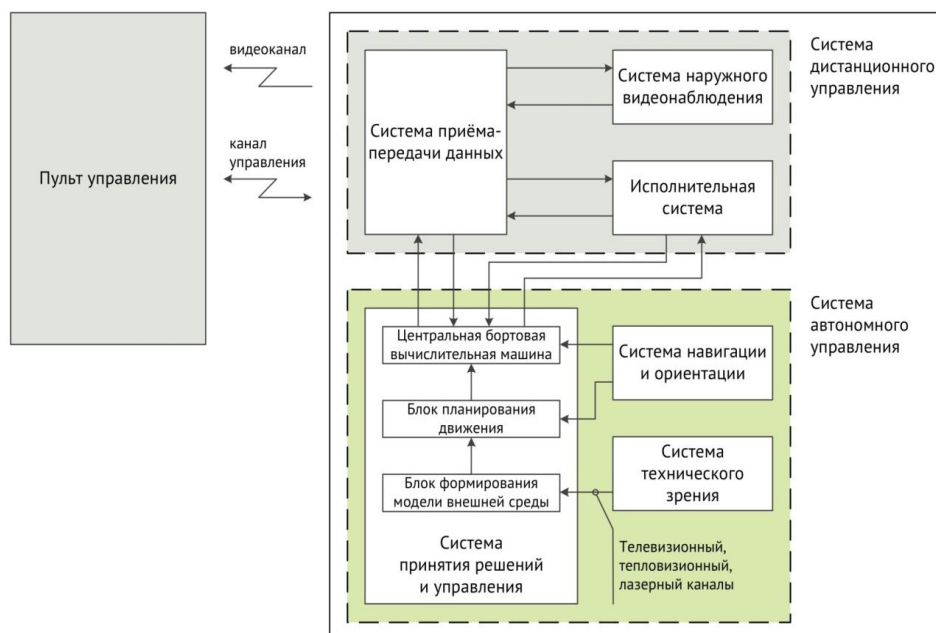


Рис. 1. Обобщенная структурная схема САУД РТК

Важнейшей составляющей РТК является система технического зрения (СТЗ). В подавляющем большинстве случаев СТЗ передает телевизионные (тепловизионные) изображения среды функционирования (в лучшем случае – предварительно обработанные для улучшения качества изображения или стереоизображения).

Однако во многих случаях телевизионной и даже стереотелевизионной информации оказывается недостаточно для эффективного анализа и оценки окружающей обстановки. Кроме того, для эффективного управления РТК в особо сложных условиях функционирования необходимы осмотр рабочей зоны с различных позиций, возможность знания её геометрии вплоть до различных сечений и пространственного расположения как самого РТК, так и его рабочего оборудования.

Это вызывает потребность создания новых форм и технических средств информационного обеспечения, предоставляющих оператору не только телевизионную и телеметрическую информацию о местоположении и статусе РТК в текущий

момент времени, но и подробную информацию о геометрических параметрах окружающей среды с наложением на них результатов обнаружения целевых объектов и распознавания источника опасности. Такая информация должна предоставляться оператору в форме, обеспечивающей трёхмерное моделирование рабочей зоны с возможностью оперативного расчёта и планирования действий в условиях недетерминированной обстановки.

Данная информация должна использоваться в бортовом вычислительном комплексе для обеспечения высокоточной навигации и позиционирования мобильного РТК при его автономном перемещении и выполнении сложных технологических операций в труднодоступных местах, помещениях и залах без привязки к спутниковым навигационным системам, а также при движении по сложной пересечённой местности.

В настоящее время в МГТУ им. Н.Э. Баумана разрабатываются технологии виртуальной реальности.

В частности они позволяют уже строить визуально подробные цифровые модели внешней среды в реальном времени, которые могут существенным образом повысить уровень ситуационной осведомленности и эффективность деятельности операторов дистанционного управления, а также лиц, принимающих решения.

Полученные результаты могут иметь практическое значение уже в настоящее время.

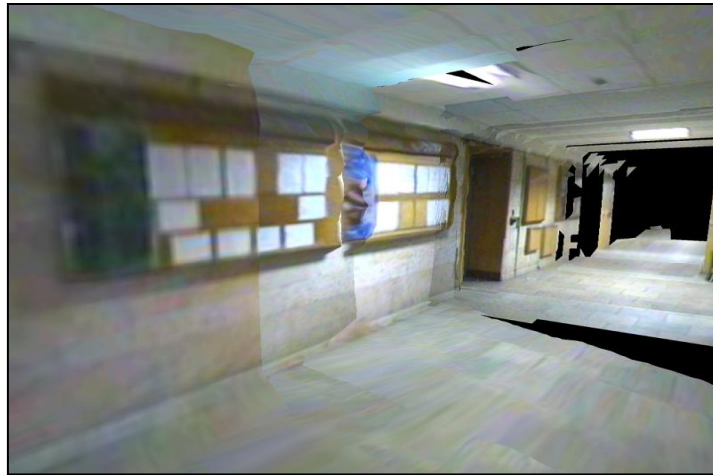
На рис. 2 приведены некоторые комплексированные СТЗ для дистанционного и автономного управления мобильными РТК. Такие СТЗ позволяют получать оператору (в режиме дистанционного управления (ДУ) необходимую информацию для планирования действий (рис. 3), а в режиме автономного управления РТК самостоятельно осуществляет планирование траекторий движения и управление наземным оборудованием.



Рис. 2. Комплексированные системы технического зрения для управления наземными РТК: а – комбинированная СТЗ ближнего и дальнего действия; б – СТЗ на базе телевизионной и дальнометрической информации ближнего действия; в – СТЗ на базе телевизионной и дальнометрической информации дальнего действия



а



б

*Рис. 3. Результаты комплексирования видео- и дальнометрической информации:
а – вид справа; б – вид слева*

В МГТУ им. Н.Э. Баумана была разработана система автономного управления движением, обеспечивающая автоматическую маршрутную навигацию и управление движением наземных РТК.

Навигационная подсистема, обеспечивающая ориентацию, местоположение РТК и привязку текущих моделей внешней среды к цифровой карте местности (базе данных) с точностью, необходимой для автономного движения РТК в условиях индустриально-городских сред, сети дорог и пересечённой местности. Основные элементы навесного оборудования системы автоматического управления движением САУД приведены на рис. 4. На рис. 5 показаны примеры работы комплексированной СТЗ в составе системы управления движением автономного РТК в различных средах функционирования, построение автономным роботом глобальной и планирование локальных траекторий движения.

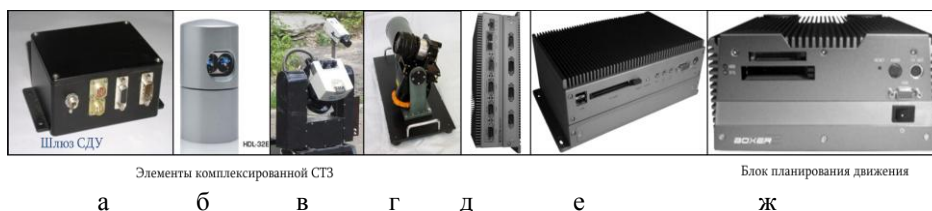


Рис. 4. Основные элементы системы автономного управления движением:
 а – шлюз системы дистанционного управления; б – лазерный сканатор;
 в – СТЗ на базе телевизионной и дальнометрической информации ближнего действия; г – СТЗ на базе телевизионной и дальнометрической информации дальнего действия; д – блок обработки информации; е – блок формирования модели внешней среды; ж – блок планирования движения

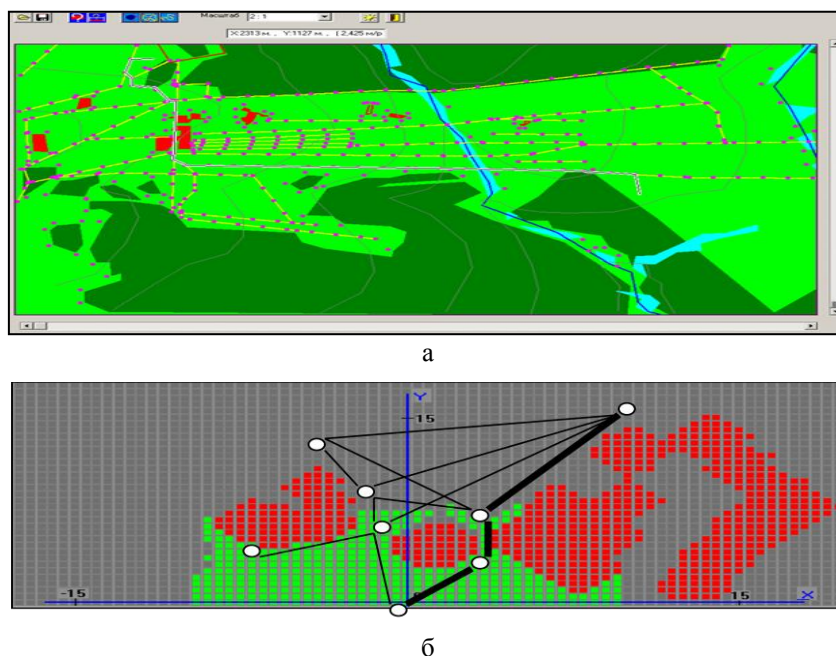


Рис. 5. Примеры работы СТЗ РТК: а – построение глобальной траектории движения РТК; б – построение локальной траектории движения РТК

Для штатных мобильных роботов, применяемых для тушения пожаров (типа РТК-РП, Ель-4 и т.д.), был разработан комплект модулей интеллектуального управления. Используются встраиваемые в штатные системы управления наземными РТК, входящие в состав мобильной роботизированной группировки МЧС России в целях повышения эффективности работы операторов в дистанционном режиме управления и обеспечения режимов автономного управления движением (см. рис. 6).

Разработанный комплект модулей интеллектуального управления обеспечивает:

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

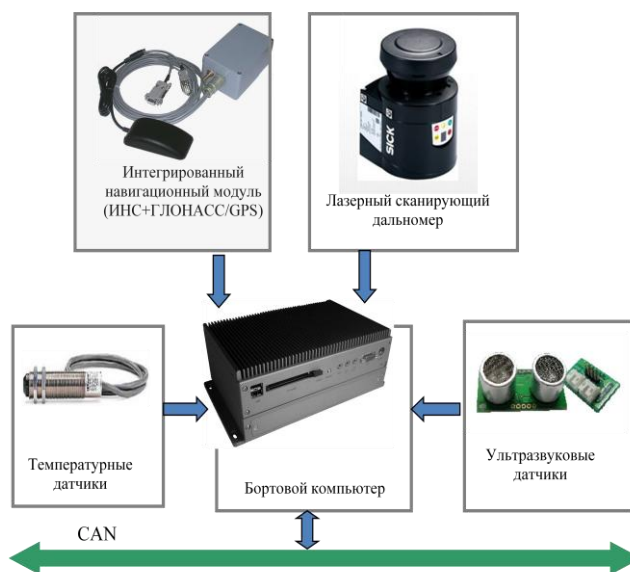


Рис. 6. Комплект модулей интеллектуального управления для РТК МЧС: а – навигационный модуль; б – лазерный сканирующий дальномер; в – температурные датчики; г – бортовой компьютер; д – ультразвуковые датчики

На рис. 7 приведены автономные мобильные РТК СН, разработанные в МГТУ им. Н.Э. Баумана, для применения в различных средах. Испытания разработанных РТК подтвердили правильность выбранных технических решений.



Рис. 7. Разработанные в МГТУ им. Н.Э. Баумана автономные роботы: а – РТК «Клавир»; б – РТК «Алиса»; в – «МРК-АУ»; г – робот «Volvo»; д – РТК «ПП»; е – РТК «Проход»

Исследования в области роботизации ВВСТ у нас в стране направлены на поэтапное наращивание возможностей дистанционно управляемых машин с постепенным исключением функций управления и контроля со стороны оператора. Основными направлениями развития РТК СН являются:

- ◆ повышение автономности РТК, дальности действия и помехозащищенности каналов управления и связи;
- ◆ совершенствование СТЗ;
- ◆ решение проблем автоматического распознавания целей, анализа ситуаций, опознавания по принципу «свой-чужой»;
- ◆ групповое применение РТК совместно со штатными образцами ВВТ.

Решение этих и многих других вопросов, связанных с развитием и совершенствованием средств военной робототехники различного класса и назначения, предусматривается в разрабатываемой в настоящее время комплексной целевой программе (КЦП) «Роботизация ВВТ».

Выводы. Полученные результаты позволили создать отечественный инновационный научно-технический задел, необходимый для разработки в интересах силовых ведомств Российской Федерации РТК нового поколения [20].

В заключении стоит отметить, что широкомасштабное внедрение роботов и технологий робототехники безусловно изменит способы ведения боевых действий, технический облик перспективных образцов вооружения, повысит эффективность их применения, а также обеспечит сокращения потерь личного состава.

Авторам в качестве основных приоритетных направлений дальнейших исследований представляется:

Исследования по разработке технических средств военной робототехники для автоматизации и интеллектуализации образцов ВВСТ:

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

Фундаментально-поисковые исследования по разработке перспективных технологий военной робототехники:

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

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.* 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 С.А., Рубцов И.В.* Роботизированная система охрана и обороны специальных объектов и участков границы // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Спец. выпуск «Специальная робототехника и мехатроника». – 2012. – С. 5-14.
6. *Лапишов В.С., Носков В.П., Рубцов И.В.* Опыт создания автономных мобильных робототехнических комплексов специального назначения // Вестник МГТУ им. Н.Э. Баумана. Спец. выпуск «Специальная робототехника и мехатроника». – 2011. – С. 7-24.
7. Интеллектуальные системы автоматического управления / под ред. И.М. Макарова, В.М. Лохина. – М.: Физматлит, 2001. – 576 с.
8. *Носков В.П., Рубцов И.В. и др.* Решение целевых задач комплексом РТК-выносной пункт СТЗ // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2015. – № 1 (162). – С. 121-132.
9. *Рубцов И.В., Машков К.Ю., Наумов В.Н.* 185 лет МГТУ им. Н.Э. Баумана – состояние и перспективы развития специальной робототехники // Сб. материалов Десятой Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления». – 2015. – № 1. – С. 247-255.
10. *Рубцов И.В., Машков К.Ю., Наумов В.Н.* Модернизация устаревших ВВТ как один из путей развития современной робототехники // Избранные труды Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления». – 2015. – Т. 1. – С. 51-59.
11. *Рубцов И.В.* Вопросы состояния и перспективы развития отечественной наземной робототехники военного и специального назначения // Избранные труды Всероссийской научно-практической конференции «Перспективные системы и задачи управления. – 2015. – Т. 2. – С. 64-71.
12. *Носков В.П., Рубцов И.В. и др.* Ключевые вопросы создания интеллектуальных мобильных роботов // Вестник МГТУ. Серия «Машиностроение». – 2013. – С. 107-118.
13. *Машков К.Ю., Рубцов В.И., Федоренков А.П.* Логика развития и обоснования тактико-технических характеристик наземных мобильных робототехнических средств обеспечения боевых действий Сухопутных войск // Вестник МГТУ. Серия «Машиностроение». – 2013. – С. 93-99.
14. *Крайнюк А.Д., Комченков В.И., Ивлев А.А., Юрин А.Д.* Основы концепции развития робототехники военного назначения до 2030 г. // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2009. – № 3. – С. 10-16.
15. *Агамалян В.А., Калинина Е.С., Симанов С.Е., Цариченко С.Г.* О создании единой системы группового управления робототехническими комплексами // Робототехника и техническая кибернетика. – 2014. – № 2 (3). – С. 37-39.
16. *Лапишов В.С.* Технологии виртуальной реальности для боя в городе с применением наземных мобильных робототехнических комплексов // Известия ЮФУ. Технические науки. – 2013. – № 3 (140). – С. 63-70.
17. *Каляев И.А., Капаян С.Г.* Групповое управление роботами: проблемы, решения // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. Специальный выпуск «Специальная робототехника и мехатроника». – 2011. – С. 7-13.
18. *Станкевич Л.А., Юревич Е.И.* Перспективы создания искусственного разума в робототехнике // Известия высших учебных заведений. Машиностроение. Специальный выпуск «Специальная робототехника и мехатроника». – 2011. – С. 13-17.
19. *Буренок В.М.* Основные направления и перспективы создания автоматизированных систем управления развитием вооружения, военной и специальной техники // Мехатроника, автоматизация, управление. – 2009. – № 3. – С. 4-10.
20. *Александров А.А., Рубцов И.В., Фёдоров И.Б.* Состояние и перспективы развития специальной робототехники. Оружие наследия победы. – М.: Издательский дом «Оружие и технологии», 2015. – С. 976-989.

REFERENCES

1. *Kalyaev I.A., Rubtsov I.V.* Boevym robotam nuzhna programma [Combat robots need a program], *Natsional'naya oborona* [National Defense], 2012, No. 8 (77), pp. 34-48.
2. Unmanned Ground Systems Roadmap, *Robotics Systems Joint Project Office*, 2011.
3. *Sheremet I.B., Rudianov N.A., Ryabov A.V., Khrushchev V.S., Komchenkov V.I.* Obosnovanie semeystva boevykh i obespechivayushchikh robotov dlya boya v gorode [The rationale of the family fighting and supporting robots for combat in the city], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2012, No. 3 (128), pp. 37-41.
4. *Lapshov V.S., Noskov V.P., Rubtsov I.V., Rudianov N.A., Ryabov A.V., Khrushchev V.S.* Boevye i obespechivayushchie roboty v usloviyakh urbanizirovannoy territorii [the Combat and support robots in the conditions of urbanized territories], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2011, No. 3 (116), pp. 142-146.
5. *Ivanenkov V.V., Kutuzov A.N., Pankov S.A., Rubtsov I.V.* Robotizirovannaya sistema okhrana i oborony spetsial'nykh ob"ektov i uchastkov granitsy [Robotic system protection and defense of special objects and parts of the boundary], *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Spets. vypusk «Spetsial'naya robototekhnika i mekhatronika»* [Vestnik MGTU im. N.E. Bauman, "Special robotics and mechatronics"], 2012, pp. 5-14.
6. *Lapshov V.S., Noskov V.P., Rubtsov I.V.* «Opyt sozdaniya avtonomnykh mobil'nykh robototekhnicheskikh kompleksov spetsial'nogo naznacheniya» [the Experience of creating Autonomous mobile robotic systems for special purposes], *Vestnik MGTU im. N.E. Baumana. Spets. vypusk «Spetsial'naya robototekhnika i mekhatronika»* [Vestnik MGTU im. N.E. Bauman, "Special robotics and mechatronics"], 2011, pp. 7-24.
7. *Intellektual'nye sistemy avtomaticheskogo upravleniya* [Intellectual systems of automatic control], edited by I.M. Makarova, V.M. Lokhina. Moscow: Fizmatlit, 2001, 576 p.
8. *Noskov V.P., Rubtsov I.V. i dr.* Reshenie tselevykh zadach kompleksom RTK-vynosnoy punkt STZ [the decision targets the complex RTK-remote item STZ], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2015, No. 1 (162), pp. 121-132.
9. *Rubtsov I.V., Mashkov K.Yu., Naumov V.N.* 185 let MGTU im. N.E. Baumana – sostoyanie i perspektivy razvitiya spetsial'noy robototekhniki [The 185 years of the Bauman MSTU. N.E. Bauman – the state and prospects of development of special robotics], *Sbornik materialov Desyatoy Vse-rossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Perspektivnye sistemy i zadachi upravleniya»* [Collection of materials of the Tenth all-Russian scientific-practical conference "Advanced systems and control problems"], 2015, No. 1, pp. 247-255.
10. *Rubtsov I.V., Mashkov K.Yu., Naumov V.N.* Modernizatsiya ustarevshikh VVT kak odin iz putey razvitiya sovremennoy robototekhniki [the Modernisation of outdated IWT as one of the ways of development of modern robotics], *Izbrannye trudy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Perspektivnye sistemy i zadachi upravleniya»* [Selected works of all-Russian scientific-practical conference "Advanced systems and control problems"], 2015, Vol. I, pp. 51-59.
11. *Rubtsov I.V.* Voprosy sostoyaniya i perspektivy razvitiya otechestvennoy nazemnoy robototekhniki voennogo i spetsial'nogo naznacheniya [the state and prospects of development of Russian surface robotics military and special purpose], *Izbrannye trudy Vserossiyskoy nauchno-prakticheskoy konferentsii «Perspektivnye sistemy i zadachi upravleniya* [Selected works of all-Russian scientific-practical conference "Advanced systems and control problems"], 2015, Vol. 2, pp. 64-71.
12. *Noskov V.P., Rubtsov I.V. i dr.* Klyuchevye voprosy sozdaniya intellektual'nykh mobil'nykh robotov [Key issues in the creation of intelligent mobile robots], *Vestnik MGTU. Ceriya «Mashinostroenie»* [Vestnik MGTU, series "Engineering"], 2013, pp. 107-118.
13. *Mashkov K.Yu., Rubtsov V.I., Fedorenkov A.P.* Logika razvitiya i obosnovaniya taktiko-tekhnicheskikh kharakteristik nazemnykh mobil'nykh robototekhnicheskikh sredstv obespecheniya boevykh deystviy Sukhoputnykh voysk [the Logic of the development and justification of the performance of the terrestrial mobile robotic tools for combat operations of Ground troops], *Vestnik MGTU. Ceriya «Mashinostroenie»* [Vestnik MGTU, series "Engineering"], 2013, pp. 93-99.

14. *Kraylyuk A.D., Komchenkov V.I., Ivlev A.A., Yurin A.D.* Osnovy kontseptsii razvitiya robototekhniki voennogo naznacheniya do 2030 g. [the foundations of the concept of development of robotics for military purposes up to 2030], *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie* [Mechatronics, Automation, Control], 2009, No. 3, pp. 10-16.
15. *Agamalyan V.A., Kalinina E.S., Simanov S.E., Tsarichenko S.G.* O sozdanii edinoi sistemy gruppovogo upravleniya robototekhnicheskimi kompleksami [On creation of unified system of group control robotic systems], *Robototekhnika i tekhnicheskaya kibernetika* [Robotics and technical Cybernetics], 2014, No. 2 (3), pp. 37-39.
16. *Lapshov V.S.* Tekhnologii virtual'noy real'nosti dlya boya v gorode s primeneniem nazemnykh mobil'nykh robototekhnicheskikh kompleksov [Virtual reality Technologies for combat in the city with the use of terrestrial mobile robotic systems], *Izvestiya YuFU. Tekhnicheskie nauki* [Izvestiya SFedU. Engineering Sciences], 2013, No. 3 (140), pp. 63-70.
17. *Kalyaev I.A., Kapustyayn S.G.* Gruppovoe upravlenie robotami: problemy, resheniya [Group control robots: problems, solutions], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie. Spetsial'nyy vypusk «Spetsial'naya robototekhnika i mekhatronika»* [News of higher educational institutions. Engineering. A special edition of "Special robotics and mechatronics"], 2011, pp. 7-13.
18. *Stankevich L.A., Yurevich E.I.* Perspektivy sozdaniya iskusstvennogo razuma v robototekhnike [the prospects of creating artificial intelligence in robotics], *Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedeniy. Mashinostroenie. Spetsial'nyy vypusk «Spetsial'naya robototekhnika i mekhatronika»* [News of higher educational institutions. Engineering. A special edition of "Special robotics and mechatronics"], 2011, pp. 13-17.
19. *Burenok V.M.* Osnovnye napravleniya i perspektivy sozdaniya avtomatizirovannykh sistem upravleniya razvitiem vooruzheniya, voennoy i spetsial'noy tekhniki [the Main directions and prospects of creation of automated systems of management of development of armament, military and special engineering], *Mekhatronika, avtomatizatsiya, upravlenie* [Mechatronics, Automation, Control], 2009, No. 3, pp. 4-10.
20. *Aleksandrov A.A., Rubtsov I.V., Fedorov I.B.* Sostoyanie i perspektivy razvitiya spetsial'noy robototekhniki. Oruzhie naslediya pobedy [the State and prospects of development of special robotics", 2015, "the Weapons legacy of the victory]. Moscow: Izdatel'skiy dom «Oruzhie i tekhnologii», 2015, pp. 976-989.

Статью рекомендовал к опубликованию д.т.н. И.Л. Ермолов.

Корчак Владимир Юрьевич – МГТУ им. Н.Э. Баумана; e-mail: korchak.v@mail.ru; г. Москва, госпитальный переулок, 10; тел.: 84992612733; председатель Секции прикладных проблем при Президиуме Российской академии наук; д.э.н.; действительный член Академии военных наук; советник Российской академии ракетных и артиллерийских наук.

Лапшов Владимир Сергеевич – e-mail: lapvs@rambler.ru; зав. сектором специальной робототехники и мехатроники; зав. сектором НИИСМ.

Рубцов Иван Васильевич – e-mail: rubtsov@mail.ru; к.т.н.; зав. кафедрой специальной робототехники и мехатроники; зав. отделом НИИСМ; руководитель центра Робототехнических систем и комплексов.

Korchak Vladimir Urevich – Bauman Moscow State Technical University; e-mail: korchak.v@mail.ru; 10, hospital lane, Moscow, Russia; phone: +74992612733; Chairman of Section of applied problems under the Presidium of the Russian Academy of Sciences; dr. of ec. sc.; full member of the Academy of military Sciences; Advisor of Russian Academy of missile and artillery Sciences.

Lapshov Vladimir Sergeevich – e-mail: lapvs@rambler.ru; head of sector of Research Institute for Special Mechanical Engineering.

Rubtsov Ivan Vasil'evich – e-mail: address rubtsov@mail.ru; cand. of eng. sc.; head of "Special Robotic and Mechatronics" department; head of department of Research Institute for Special Mechanical Engineering; head of the center for Robotic systems and complexes.