

## УТОЧНЕНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К КОНСТРУКЦИИ АВТОНОМНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ДЛЯ ВЕДЕНИЯ АВАРИЙНО-СПАСАТЕЛЬНЫХ РАБОТ

© 2022 С. С. Носков, В. Ю. Солохин, Е. А. Соколова, А. В. Рыбина

ФГБУ «Всероссийский научно-исследовательский институт по проблемам гражданской обороны и чрезвычайных ситуаций» (Федеральный центр науки и высоких технологий),  
(Москва, Россия)

*В статье представлены уточнения требований к конструкции автономных робототехнических средств для ведения аварийно-спасательных работ, которые позволят исключить или существенно снизить риск гибели или травмирования спасателей при выполнении их профессиональных обязанностей в зоне чрезвычайных ситуаций. Сформулированы общие требования к комплексу автономного управления движением и действиями робототехнического средства как к новому элементу (блоку) системы управления роботом. Приведен дополнительный перечень алгоритмов, для осуществления автономного функционирования робототехнического средства при ликвидации чрезвычайных ситуаций. Даны требования безопасности, предъявляемые к автономному робототехническому средству, предназначенному для ведения аварийно-спасательных работ.*

*Ключевые слова: безлюдные технологии, аварийно-спасательные работы, ликвидация чрезвычайных ситуаций, робототехника, автономные робототехнические средства, комплекс автономного управления движениями и действиями.*

Внедрение безлюдных технологий при ведении аварийно-спасательных работ при ликвидации чрезвычайных ситуаций является приоритетным направлением развития аварийно-спасательных средств и технологий [1]. Одна из ветвей безлюдных технологий – робототехника, активно внедряется в деятельность МЧС России еще с 1997 года, когда было образовано первое спасательное робототехническое подразделение – управление робототехнических средств в Центре по проведению спасательных операций особого риска «Лидер» [2].

Развитие робототехники на современном этапе направлено на переход от дистан-

ционно-управляемых машин к автономным робототехническим средствам с супервизорным управлением. К автономным робототехническим средствам разработаны технические требования в рамках научно-исследовательской работы по плану МЧС России [3]. Внедрение новых требований к робототехнике для выполнения задач МЧС России требует уточнения терминов и определений, определенных ГОСТ Р 54344-2011 [4]. Ниже приведены определения робототехнического средства, робототехнического комплекса и автономного робототехнического средства.

Робототехническое средство (РТС) для проведения аварийно-спасательных работ – техническое устройство, способное выполняет аварийно-спасательные работы или отдельные операции их при постоянном или периодическом дистанционном управлении оператором и исключаящем присутствие спасателей в опасной зоне.

Робототехнический комплекс (РТК) для проведения аварийно-спасательных работ – совокупность функционально связанных технических устройств, включающие робо-

---

Носков Сергей Семенович – ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), начальник 6 научно-исследовательского центра, канд. техн. наук, доцент, e-mail: [noskov@vniigochs.ru](mailto:noskov@vniigochs.ru)

Солохин Владислав Юрьевич – ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), научный сотрудник, e-mail: [solohin\\_1992@mail.ru](mailto:solohin_1992@mail.ru).

Рыбина Алена Вячеславовна – ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), младший научный сотрудник, e-mail: [rav.alyna.05@gmail.com](mailto:rav.alyna.05@gmail.com).

Соколова Елизавета Андреевна – ФГБУ ВНИИ ГОЧС (ФЦ), младший научный сотрудник, e-mail: [lizka-sokol@yandex.ru](mailto:lizka-sokol@yandex.ru).

тотехнические средства для проведения аварийно-спасательных работ, сменное рабочее оборудование, средства технического обеспечения (транспортирования, подготовки к применению в условиях ЧС, контроля технического состояния, технического обслуживания, текущего ремонта, специальной обработки и т. д.), средства управления (пункт управления, пульт управления, дополнительные средства увеличения дальности передачи сигнала и ретрансляции, средства отладки программного обеспечения и т. д.).

Автономное робототехническое средство (АРТС) для проведения аварийно-спасательных работ – робототехническое средство, способное выполнять предписанные функции за счёт алгоритма действий, заложенного в комплекс автономного управления движением и действиями робототехнического средства, при отсутствии управления со стороны оператора.

Для обеспечения автономности РТС требуется новый элемент (блок) системы управления роботом – комплекс автономного управления движением и действиями (КАУДД) робототехнического средства.

КАУДД – совокупность аппаратных и программных средств, позволяющих формировать команды управления шасси, манипулятором и рабочим оборудованием для достижения поставленной цели, без дополнительных команд и данных со стороны оператора.

Основными задачами комплекса автономного управления движением и действиями робототехнического средства будет выполнение следующих задач без дополнительных команд и данных со стороны оператора:

а) формирование модели внешней обстановки, определение рациональной траектории движения или технологии действий в соответствии с поставленной задачей;

б) корректировка выбранной траектории или технологии при изменении внешней обстановки;

в) формирование команды управления для шасси, манипулятора и рабочего оборудования для реализации выбранной траектории или технологии;

г) перевод элементов шасси, манипулятора и рабочего оборудования в безопасное (пассивное) состояние при выполнении поставленной задачи, при достижении критического состояния и при появлении людей в зоне действия РТС;

д) приоритетное внесение изменений в команды управления при получении команд или данных от оператора.

Конструктивно КАУДД представляет собой электронно-вычислительную машину с интерфейсом для получения информации о параметрах внешней среды от системы теленаблюдения (машинного зрения), радаров, сканирующих лазерных дальномеров (лидаров), датчиков параметров окружающей обстановки, датчиков состояния и положения РТС и интерфейса для передачи команд управления на исполнительные механизмы РТС (рис. 1).

Программная часть КАУДД включает алгоритмы обработки массивов данных параметров внешней среды для формирования модели внешней обстановки, алгоритмы оптимизации траектории движения и технологии действий в соответствии с поставленной задачей, алгоритмы формирования команд управления, контроля последовательности их выполнения и алгоритма, определяющего необходимость перевода РТС в безопасное (пассивное) состояние при достижении поставленной задачи (цели), достижения критического состояния (по наличию критического отказа, предельному значению поражающего фактора ЧС, максимальному крену, предельной нагрузке и др.) и при появлению в зоне работы РТС людей (рис. 2).

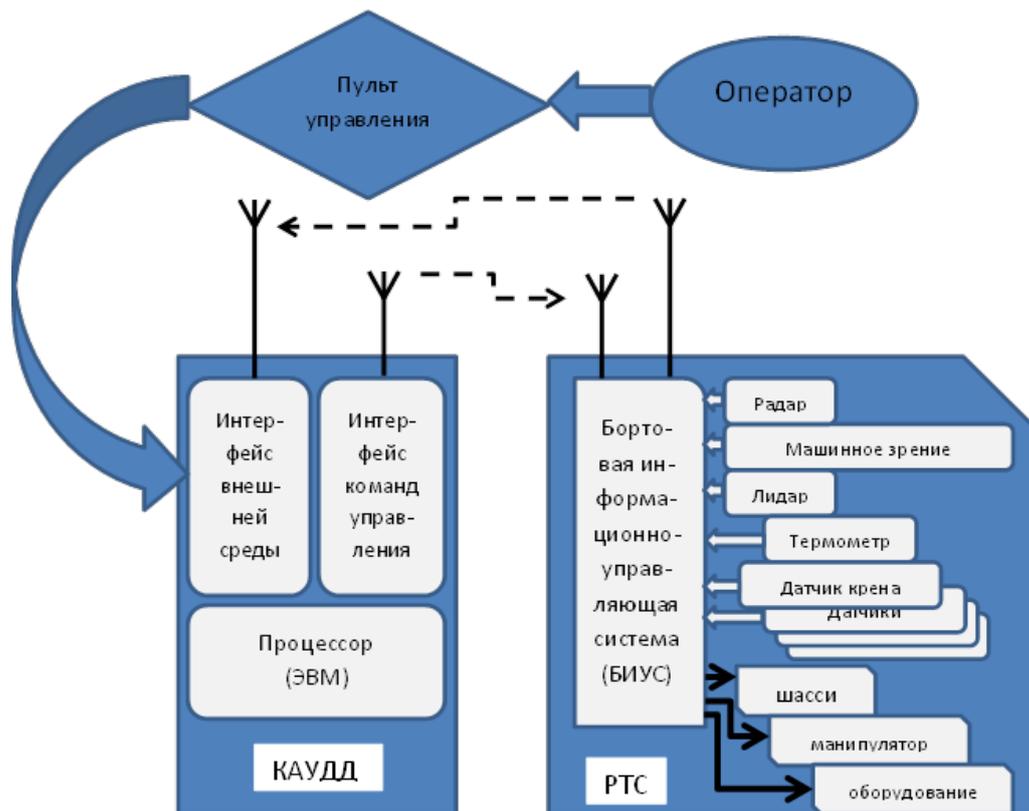


Рисунок 1. Принципиальная конструктивная схема комплекса автономного управления движением и действиями РТС

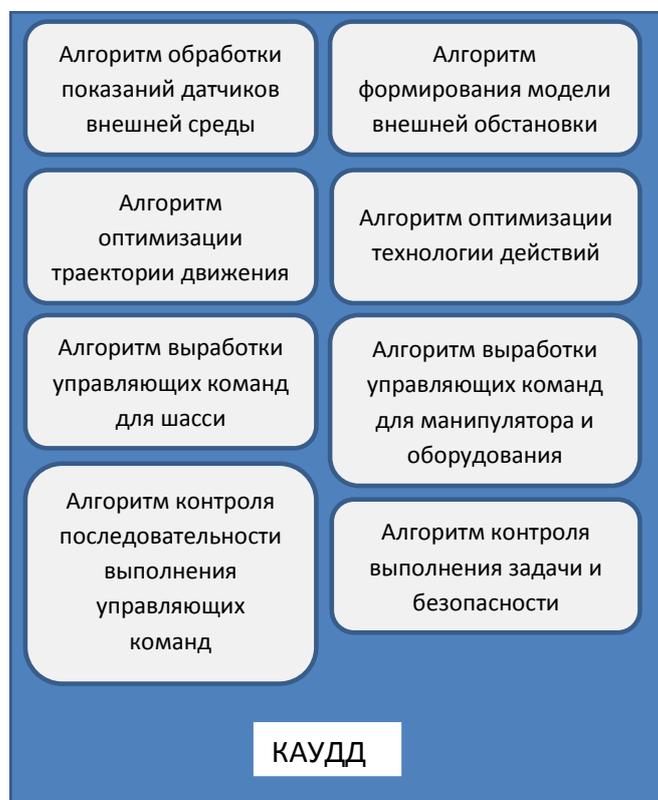


Рисунок 2. Состав программной части комплекса автономного управления движением и действиями РТС

Значения функциональных и эксплуатационных свойств автономных наземных РТС для ведения аварийно-спасательных работ должны обеспечивать выполнение отдельных операций или комплекса аварийно-спасательных работ, предписанных техническим заданием.

При выполнении операций или их комплекса автономное РТС должно обеспечивать постоянную передачу на пульт управления информации:

а) о текущих координатах своего нахождения и ориентации в пространстве шасси РТС (положение осей РТС);

б) об ориентации в пространстве манипулятора и сменного рабочего оборудования;

в) о состоянии внешней среды и дорожно-грунтовых условий в зоне ведения АСР;

г) о выполняемых или планируемых к выполнению действий в автономном режиме;

д) о техническом состоянии шасси и оборудования, диагностика программно-аппаратных средств БИУС.

В недетерминированных и быстрменяющихся условиях ЧС комплекс автономного управления движением и действиями в составе системы управления автономного РТС должен обеспечивать решение следующих задач:

а) дистанционное определение дорожно-грунтовых условий, преодолимых и непреодолимых препятствий на маршруте выдвижения АРТС в зону ЧС;

б) формирование моделей внешней среды и планирование рациональной траектории движения АРТС, включая возврат в исходную точку;

в) дистанционное определение характеристик опорной поверхности и геометрических параметром места (площадки) остановки и приведения в рабочее положение сменного оборудования;

г) формирование модели зоны выполнения аварийно-спасательных работ и планирование рациональной технологии выполнения операций;

д) определение факторов ЧС, представляющих опасность для спасателей;

е) определение максимального и минимального запаса ресурса (максимального

и минимального времени) работы АРТС в условиях ЧС.

Исходя из перспективы оснащения МЧС России образцами автономных РТС, анализа опытных данных по применению, техническому обслуживанию, ремонту, транспортированию и хранению робототехнических средств, в качестве общих требований следует выделить следующие:

1) пульты управления (включая расположенные на борту АРТС) должны отвечать требованиям эргономики (обеспечивать эффективное функционирование эргатической системы);

2) автономные робототехнические средства должны иметь световую и звуковую сигнализацию начала и прекращения движения, поворотов, выполнения технологических операций при ведении АСР;

3) иметь световую и звуковую сигнализацию об опасных и аварийных режимах функционирования и отказе составных частей АРТС;

4) иметь органы ручного экстренного выключения АРТС, ручного включения тормозной системы; органы ручного управления должны располагаться снаружи образца в легкодоступных местах и иметь поясняющие надписи;

5) иметь основные и дублирующие каналы связи для передачи информации мониторинга зоны ЧС и получения управляющих инструкций (команд).

Функциональные требования к АРТС определяются исходя из основного назначения (инженерные, саперно-инспекционные, радиационной, химической и биологической защиты, противопожарные). При этом объемы работ, условия и методы оценки эффективности применительно к конкретным образцам АРТС задаются в ТУ на изготовление и ТЗ на разработку.

К числу типовых видов работ для АРТС для проведения аварийно-спасательных работ следует отнести следующие:

а) ведение разведки и мониторинга зоны ЧС;

б) локализации и утилизация разлива жидких сред, в том числе и опасных химических веществ;

в) разборки различного рода завалов и их фиксации;

г) обрушения и закрепления неустойчивых элементов;

д) откопки входов в заваленные жилые и другие помещения, проделывание лазов, тоннелей и т.п.;

е) обеспечения подачи воздуха, воды, тепла пострадавшим, блокированным в убежищах, подвалах и др. сооружениях;

ж) эвакуации пострадавших в ЧС в безопасные места;

з) поиск, извлечение, перемещение и утилизация взрывоопасных предметов, источников ионизирующего излучения, радиоактивных отходов.

При формировании требований безопасности и охраны окружающей среды для автономных робототехнических средств необходимо руководствоваться требованиями Технического регламента таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» [5].

Однако требуется уточнение ряда положений безопасности для автономных робототехнических средств, которые могут формировать команды управления на движение или выполнение действий посредством алгоритма принятия решения без участия оператора даже на этапе принятия решения.

Автономные робототехнические средства должны быть оборудованы неотключаемой световой и звуковой сигнализацией, оповещающей о начале движения, повороте, остановке, перемещении манипулятора.

Автономные робототехнические средства должны иметь предупредительную звуковую сигнализацию, которая должна включаться при появлении человека или машины на траектории движения АРТС ближе 10 метров или в пределах радиуса работы манипулятора со сменным рабочим оборудованием. Отключение предупредительной сигнализации возможно только при проведении операций ТО и текущего ремонта с одновременным отключением комплекса автономного управления движением и действиями.

В системе управления автономным робототехническим средством безусловный приоритет имеют команды управления, поступающие от оператора через органы управления пульта. При вмешательстве оператора в управление АРТС все команды,

сформированные в КАУДД, блокируются и запрещены к выполнению.

В автономных робототехнических средствах должна быть предусмотрена передача информации (сигнализация) оператору о достижении критических значений внешних воздействий (нагрузок, природно-климатических факторов, факторов ЧС и т. д.). Однако, эта информация не может препятствовать движению или действиям АРТС, если такие действия не санкционированы оператором.

Таким образом, выполнение представленных требований в конструкции робототехнических средств для ведения аварийно-спасательных работ позволит исключить или существенно снизить риск гибели или травмирования спасателей при выполнении их профессиональных обязанностей в зоне чрезвычайной ситуации. Общие технические требования будут уточняться и конкретизироваться при составлении технических заданий на выполнение опытно-конструкторских работ по созданию конкретных образцов робототехники для ведения аварийно-спасательных работ.

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Решение Коллегии МЧС России от 10 августа 2016 г. №16/III «О концепции развития робототехнических комплексов (систем) специального назначения в системе МЧС России до 2030 года» (документ не опубликован).

2. Управление робототехнических средств ФГКУ «ЦСООР «Лидер» [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://csoor.organizations.mchs.gov.ru/ocentre/upravleniya-centra-fgku/upravlenie-robototehnicheskih-sredstv> (дата обращения 01.08.2022).

3. Разработка общих технических требований к созданию образцов автономных наземных робототехнических средств для проведения аварийно-спасательных работ: заключительный отчет о СЧ НИР «Исследования в области создания автономных робототехнических средств для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения» / научный руководитель СЧ НИР Носков С.С. ответственный исполнитель СЧ НИР Ткаченко Д.О., Химки: АГЗ МЧС России, 2018 – 86 с.

4. ГОСТ Р 54344-2011 «Техника пожарная. Мобильные робототехнические комплексы для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний» [Электронный ресурс]. Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/1200085791>

(дата обращения 01.08.2022).

5. Технический регламент таможенного союза ТР ТС 010/2011 «О безопасности машин и оборудования» [Электронный ресурс], Режим доступа: <https://docs.cntd.ru/document/902307904> (дата обращения 01.08.2022).

## **CLARIFICATION OF REQUIREMENTS FOR THE DESIGN OF AUTONOMOUS ROBOTICS FOR MANAGEMENT EMERGENCY RESCUE**

© S. S. Noskov, V. Iu. Solokhin, E. A. Sokolova, A. V. Rybina

*FSBI «All-Russian Research Institute for Civil Defense and Emergencies»  
(Federal Center for Science and High Technologies)*

*The article presents clarifications of the requirements for the design of autonomous robotic means for conducting emergency rescue operations, which will eliminate or significantly reduce the risk of death or injury to rescuers in the performance of their professional duties in the emergency zone. The general requirements for the complex of autonomous control of the movement and actions of a robotic tool as a new element (block) of the robot control system are formulated. An additional list of algorithms for the autonomous operation of a robotic tool in emergency situations. The safety requirements for an autonomous robotic vehicle designed for emergency rescue operations are given.*

*Keywords: unmanned technologies, rescue operations, emergency response, robotics, autonomous robotic means, a complex of autonomous motion and action control.*