

СОВРЕМЕННЫЕ ТЕХНОЛОГИИ ДИСТАНЦИОННОГО УПРАВЛЕНИЯ ОБНАРУЖЕНИЕМ И ОЧИСТКОЙ АВАРИЙНЫХ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ И ЗОН

В. В. Усин¹, А. К. Юшкевич², А. М. Скрыльников¹, Е. Г. Раевская¹, А. В. Роцин¹

¹Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт химической физики им. Н.Н. Семенова Российской академии наук, Москва, *e-mail: usin.v.v@gmail.com

²Академия проблем качества России, Москва

Поступила в редакцию 05.03.2018 г.

Проведен анализ разработок робототехнических средств, предназначенных для обнаружения и ликвидации аварий на химически опасных объектах и прилегающих к ним зонах, исходя из отечественного опыта создания и использования роботизированной техники специального назначения. Дана оценка возможности создания облика подвижного робототехнического комплекса для работ в зонах аварий с участием опасных химически веществ. Приведено обоснование требований к мобильному робототехническому комплексу для обнаружения и оценки опасных химических веществ, а также очистки загрязненных ими территорий. Разработаны предложения по созданию дистанционно управляемого технического комплекса обнаружения и очистки аварийных объектов и зон.

Ключевые слова: робот, робототехника, мобильный робототехнический комплекс, очистка химически опасных объектов и зон, ликвидация аварий.

ВВЕДЕНИЕ

Робототехника является ключевой наукоемкой инженерной отраслью, обеспечивающей инновационное развитие и рост экономики промышленно развитых стран. По данным Международной федерации робототехники [1], за последние 10 лет в мире наблюдается постоянное увеличение темпов роста продаж промышленных роботов (в среднем ежегодный рост объема продаж составляет ~15%). Прогнозируется, что к 2020 г. общее количество уже действующих в мире промышленных роботов превысит 3 млн единиц. Количество проданных сервисных роботов в 2016 г. выросло за год на 24% и составило 59706 единиц.

Диапазон областей применения роботов чрезвычайно широк – роботизация затронула почти все сферы человеческой деятельности – от различных отраслей производства, освоения космоса, земных недр и океана, до военной техники, медицины, сельского хозяйства, образования, науки и многих других. В данной статье рассмотрено актуальное направление развития и применения робототехники в сфере обеспечения химической безопасности [2-6]. Статья посвящена проблеме разработки робототехнических комплексов,

предназначенных для обнаружения и очистки химически опасных объектов и территорий, а также ликвидации аварий с участием опасных химических веществ.

АНАЛИЗ РАЗРАБОТОК РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ

Научно-технические основы разработки роботизированных технических систем специального назначения

Развитию робототехники во многом способствуют достижения зарубежного и отечественного научно-технического прогресса, в частности, развитие системного анализа и теории управления, методология которых неразрывно связана с теорией движения подвижных систем и средств [7-13]. Развитие системы дистанционного управления техникой обязано прикладной науке - мехатронике. Если элементы комплекса, имеющие разную физическую природу, алгоритмически связаны друг с другом и машиной (объектом регулирования) электрическими и электронными приборами, то такая система является мехатронной системой. Силовое приводное устройство подобной системы в теории принято называть мехатронным модулем движения.

Робот - программируемая с определенной степенью универсальности машина для манипулирования предметами и выполнения комплекса различных движений. Большинство отечественных и зарубежных роботов имеет двигающееся основание, которое является носителем самого робота и может быть и само роботизировано, образуя робототехнический многоцелевой комплекс. В приводных устройствах робота, его технологического оборудования и роботизированного носителя применяются гидравлические и гидромеханические механизмы с электрическими и электромеханическими исполнительными устройствами. Под робототехническим комплексом в широком смысле будем понимать подвижное радиотелеуправляемое (дистанционно управляемое) средство, включающее оборудование специального назначения (робот), которое при выполнении технических и технологических задач действует без экипажа и водителя [14-17].

Основная цель создания роботов и робототехнических комплексов - замена человека при выполнении работ в неприемлемых для сохранения здоровья (жизни) условиях. Применение робота (робототехнического комплекса) расширяет возможности (по сравнению с человеческими возможностями) по условиям, точности и скорости смещений объектов управления, продолжительности, стабильности и надежности рабочих циклов в течение непрерывной работы в зонах аварий на промышленных объектах, и прежде всего, на химически опасных объектах (ХОО). Установлено, что из системы факторов, определяющих эффективность работы специальной техники, свыше 70% обусловлено деятельностью человека. На испытаниях и при эксплуатации в звене «человек-машина» до 40% общего количества отказов происходит по причине человеческого фактора.

Специальные машины, используемые в условиях аварий и катастроф на территориях ХОО, целесообразно роботизировать. Скорость и направление движения машины изменяются двигателем, приводными устройствами,

изменяющими скорость прямолинейного движения, механизмом поворота (для гусеничных машин), рулевым механизмом (для колесных машин), системой торможения. Изменения скорости и направления движения происходят при воздействии водителя на системы управления соответствующими механизмами, посредством изменения их характеристик. Такие устройства в совокупности образуют комплекс управления движением. Для использования в качестве носителей робототехнических комплексов среднего класса, в том числе комплекса разведки и очистки территорий, могут быть приспособлены отечественные транспортные колесные и гусеничные машины.

В зависимости от уровня автоматизации, управляющие бортовые системы могут быть ручными, автоматизированными и автоматическими. При этом границы этих классификационных групп достаточно условны. В современных подвижных средствах при ручном управлении современными управляющими элементами используются сервирующие и программные устройства. В автоматизированных системах осуществляется регулирование частоты вращения двигателя, согласованное вращение ведущих колес (в однозвенных гусеничных машинах) или управляемых звеньев машины (для двухзвенных гусеничных машин), применяются противоблокировочные устройства. К автоматизированным системам управления относятся «проселекторные» системы. Автоматическими системами принято называть системы, в которых автоматизированы все или основные операции управления. Ручное управление является начальным уровнем полуавтоматического управления, а полуавтоматическое управление - промежуточной стадией автоматических систем. Следует отметить, что уровень автоматизации бортовой системы управления характеризуется не только числом операций управления, но и степенью участия водителя в процессе управления.

Анализ разработок робототехнических средств (РТС) показывает, что их использование предполагает обязательное наличие не только самого РТС, но и подвижного пункта дистанционного управления им. При этом такой пункт может быть выполнен на самостоятельном самоходном шасси или на «перекатной» тележке. Так, например, при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, использовался роботизированный комплекс «Клин-1» (рис. 1), разработанный в 1986 г. и предназначенный для дозиметрической разведки и выполнения аварийно-восстановительных работ в зонах с высоким уровнем радиации. Он включал в себя «безэкипажную» дистанционно-управляемую машину и машину управления. Дистанционно управляемая машина была оснащена системой дистанционного управления по радиоканалу, приборами контроля радиационной обстановки, а также оборудованием и приспособлениями, расширяющими возможности дозиметрической разведки и проведения аварийно-восстановительных работ. Машина управления с высоким уровнем противорадиационной защиты была оборудована средствами управления машиной-роботом и приборами дозиметрической разведки.



а)

б)

Рис. 1. Роботизизированный комплекс «Клин-1»: а) машина управления, б) дистанционно-управляемая машина разведки и проведения аварийно-спасательных работ.

Одной из отечественных разработок РТС является аварийно-спасательный комплекс, предназначенный для выполнения инженерных работ в зонах с высоким уровнем радиационного и химического заражения [18]. Базовое звено РТС выполнено в виде двух бронированных машин на гусеничном базовом шасси: машины разведки и управления - М-1 и управляемой машины разграждения - М-2. Комплекс может также проводить аварийно-спасательные работы, связанные с авариями на химических производствах, разрушениями, вызванными землетрясениями и другими стихийными бедствиями с возможностью выполнения работы в условиях радиационного заражения территорий. Машина М-2 снабжена исполнительными органами дистанционного управления ее движением и инженерным оборудованием с возможностью работы в «безэкипажном» режиме в зонах неограниченного уровня радиационного заражения. Машина М-1 оборудована средствами управления движением машины М-2 и средствами управления, размещенными на М-2, исполнительными органами инженерного и технологического оборудования. Обе машины снабжены навигационной аппаратурой и средствами радиационной и химической разведки с возможностью передачи данных по радиационной и химической обстановке с одной машины на другую по телеметрическим каналам в автоматическом режиме.

В качестве зарубежного примера приведем опыт применения пунктов дистанционного управления, которые использовались при ликвидации аварии на АЭС «Фукусима» в 2011 г. в Японии (рис. 2.).

При формировании технического облика РТС для ХОО целесообразно учитывать различный характер технологических операций, выполняемых при проведении разведки и выполнении работ по ликвидации последствий заражения химически опасными веществами объектов и территорий. Так, для разведки в помещениях или на территориях с ограниченными проходами и для

преодоления лестниц и завалов в помещениях могут применяться малые роботизированные средства.



Рис. 2. Пункт дистанционного управления робототехническими средствами при ликвидации аварии на АЭС «Фукусима» в Японии в 2011 г.

Для разведки и ликвидации последствий химического заражения территорий могут использоваться роботизированные средства на базе высокопроходимых машин, приспособленных для преодоления водных преград на плаву. Такие комплексы, кроме средств разведки, должны оснащаться инженерным оборудованием (бульдозерный отвал-толкатель, захват, гидронажницы, гидромолот, ковш экскаваторный, ковш грейферный). Исходя из объемов и сложности работ, РТС можно разделить на три следующих группы - сверхлегкие, легкие, средние и тяжелые (табл. 1). Известно значительное количество отечественных и зарубежных разработок по созданию различных групп высококомобильных РТС. Описание и анализ образцов РТС представлены ниже.

Таблица 1. Группы специализированных робототехнических комплексов (СРТК) и их основные характеристики

Группа	Назначение	Мобильность	Особенности конструкции	Оснащение
Сверх- легкие СРТК	Визуальная и акустическая разведка в помещениях и в объектах транспорта; осмотр труднодоступных мест (днища автомобилей)	Перевозка любым видом транспорта в контейнере-чемодане; выгрузка и переноска оператором или доставка с помощью более тяжелых мобильных средств к исследуемому объекту	Шасси гусеничное; колесное или специальное комбинированное с электродвигателем работающим от аккумуляторов; управление по радио, волоконно-оптической линии связи (ВОЛС) или кабелю	Телекамеры; манипулятор со сменным инструментом; комплекты разведывательного оборудования
Легкие СРТК	Разведка на открытой местности; проведение технологических работ	Перевозка грузовым автомобилем; выгрузка своим ходом по аппаратам	Шасси гусеничное, колесное или специальное комбинированное; управление по радио, ВОЛС или кабелю; движение и привод	Телекамеры; комплекты разведывательного оборудования манипулятор со сменным

			рабочего органа от ДВС	инструментом
Сред- ние СРТК	Разведка; проведение технологичес- ких работ	Перевозка на большие расстояния специальным автотранспортом или своим ходом (колесный вариант)	Шасси гусеничное или колесное; управление по радио или кабелю; сохраняется место механика-водителя	Телекамеры; комплект разведыватель- ного оборудования
Тяже- лые СРТК	Разведка; проведение технологическ их работ	Перевозка на большие расстояния специальным автотранспортом или в стандартных транспортных контейнерах; выгрузка своим ходом	Шасси гусеничное или колесное, возможно использование серийно выпускаемых транспортных средств; управление по радио или кабелю; сохраняется место механика-водителя	Телекамеры; комплекты разведыватель- ного оборудования

Анализ отечественного опыта создания и использования роботизированных технических средств

В России в ряде научно-производственных организаций накоплен определенный опыт создания робототехнических систем различного назначения [19].

В Специальном конструкторском бюро прикладной робототехники (СКТБ) МГТУ им. Н.Э. Баумана разработан ряд мобильных робототехнических комплексов (МРК) специального назначения (МРК-01, -02 ВТ, -02 МА, -02 БТ, -15, -25, -26, -27, -27 ВТ, -27 МА, -27 ГП, -27 БТ, -35, -60, -61). Наиболее перспективными по назначению, виду выполняемых операций и основным техническим характеристикам являются следующие комплексы МРК-26, -27, -27, -35, -60, -61. Назначение МРК: проведение инспекционных проверок; погрузочно-разгрузочных; аварийно-спасательных и взрывотехнических работ; работа в помещениях ограниченного объема. Выполняемые операции: визуальная разведка; газовая, химическая, радиационная разведка местности; проведение аварийно-спасательных работ в условиях химического заражения и зонах повышенной радиоактивности; поиск, эвакуация и уничтожение взрывных устройств; транспортирование предметов. Кроме того МРК-61 в составе МРК-60 (рис. 3.) осуществляет проведение дозиметрического контроля местности; обозначение зараженных зон; ликвидацию источников повышенной радиации.

Наиболее перспективным является МРК-60, он предназначен для ведения радиационной и химической разведки; дозиметрического контроля местности; обозначения радиационных зон; ликвидации источников повышенной радиации; проведения аварийно-спасательных работ в условиях химического заражения местности. Состав МРК-60: МРК-61 - 2 шт.; пост управления на шасси автомобиля «КамАЗ»; транспортный прицеп с дизелем и краном для перевозки и обслуживания двух МРК-61; комплект технологического и специального оборудования; комплект дополнительного оборудования (по согласованию с заказчиком).



а)



б)

Рис. 3. Мобильный робототехнический комплекс МРК-60 (а). В его состав входит МРК-61 (б).

Основные технические характеристики наиболее функционально продвинутых мобильных робототехнических комплексов приведены в таблице 2.

Таблица 2. Основные технические характеристики мобильных робототехнических комплексов, разработанных в СКТБ прикладной робототехники МГТУ им. Н.Э. Баумана

Модель	МРК-61	МРК-27	МРК-27 ГП	МРК-27 МА	МРК-35
Масса, кг	800	165	150	165	320
Габаритные размеры, м	1,01×1,15×2,5 5	1,15×0,71×0,6 5	1,15×0,71×0,6 5	1,15×0,71×0,6 5	2,0×0,65×0,8
Скорость передвижения, м/с	0 - 1,25	0 - 0,52	0 - 0,52	0 - 0,52	0 - 0,65
Грузоподъемность манипулятора, кг	100	40	40	40	40
Радиус действия манипулятора: от оси вращения, м	-	1,5	1,5	1,5	-
от крайней передней точки шасси, м	-	0,9	0,9	0,9	-
Радиус действия: по кабелю, м	300	200	200	200	200
по радио, м	600	500	500	500	500
Время работы: по кабелю, ч	-не ограничено	-	-	-	-
по радио, ч	4	4	4	4	4
Количество камер, шт.	4, цвет.	4, цвет.	4, цвет.	4, цвет.	4, цвет.
Микрофон/система освещения	+ / +	+ / +	+ / +	+ / +	+ / +
Система управления/ пост оператора	+ / +	+ / +	+ / +	+ / +	+ / +
Тип манипулятора	5-ти степенной манипулятор	5-ти степенной манипулятор со схватом			

В Государственном научном центре ЦНИИ робототехники и технической кибернетики (ГНЦ ЦНИИ РТК, г. С.-Петербург) разработан ряд

робототехнических комплексов легкого и среднего класса для ведения радиационной разведки, проведения технологических операций в условиях радиационного воздействия и мониторинга [20].

Одним из них является робототехнический комплекс легкого класса для ведения радиационной разведки и проведения технологических операций в условиях радиационного воздействия (рис. 4). Комплекс предназначен для ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций техногенного характера, производства работ в зонах с повышенными уровнями радиации, локализации источников гамма-излучения на труднодоступных участках местности, в промышленных и жилых помещениях, объектах транспорта и т.п.



а)



б)



в)

Рис. 4. Робототехнический комплекс легкого класса для ведения радиационной разведки и проведения технологических операций в условиях радиационного воздействия: а) РТС – РР; б) РТС – ТО; в) средство доставки и управления на базе автомобиля

Комплекс состоит из: робототехнического средства радиационной разведки (РТС-РР); робототехнического средства проведения технологических операций (РТС-ТО); средства доставки и управления на базе автомобиля. Основные характеристики комплекса представлены в табл. 3.

Таблица 3. Основные характеристики робототехнического комплекса легкого класса для ведения радиационной разведки и проведения технологических операций в условиях радиационного воздействия

Основные технические характеристики	Робототехнические средства комплекса	
	РТС - РР	РТС - ТО
Габаритные размеры, мм	1410 × 650 × 1200	650 × 430 × 400
Масса, кг	270	30
Максимальная скорость перемещения, м/с	0,5	0,5
Грузоподъемность манипулятора, кг:		
в комплектации радиационной разведки	10	5
в базовом варианте	25	-
Дальность управления, м: по радиоканалу	500	500

по кабельной линии	100	100
Предназначение и выполняемые задачи	Для замены людей при работе в зонах повышенной опасности. Выполняемые задачи: визуальная разведка местности, промышленных и жилых помещений, объектов транспорта при любой освещенности; поиск и визуализация источников ионизирующего излучения; дистанционное исследование радиологической обстановки; выполнение технологических операций; перемещение и укладка в контейнер предметов; снижение дозовой нагрузки оператора. Оснащено манипулятором и приборами радиационной разведки.	Для замены людей при работе в зонах повышенной опасности. Выполняемые задачи: визуальная разведка местности, промышленных и жилых помещений, объектов транспорта при любой освещенности; проведение специальных высокоточных технологических операций; перемещение и укладка в контейнер опасных предметов.

Другая разработка ГНЦ ЦНИИ РТК - это Универсальная робототехническая платформа (рис. 5), которая относится к робототехническим изделиям среднего класса. Области применения: ликвидация последствий крупных аварий и катастроф, разминирование, поисково-спасательные операции, обеспечение охраны и внутренней безопасности, радиационная, химическая, биологическая разведка и мониторинг. Состав изделия: унифицированная мобильная платформа, комплект датчиков для автономной навигации, интеллектуальный манипулятор, сменное навесное оборудование, программное обеспечение. Возможно реконфигурирование изделия под конкретную задачу и наращивание бортового оборудования. Преимущества платформы: унифицированные интерфейсы, модульное исполнение, легкость и удобство в управлении. Возможна работа в условиях сложной радиационной обстановки, навигация в радиационных полях и автономный поиск и эвакуация источников излучения.



Рис. 5. Универсальная робототехническая платформа.

Обобщение свойств отечественных специализированных самоходных высокопроходимых защищенных систем «человек-машина» среднего и тяжелого класса

Для обоснования и формирования облика перспективного технического роботизированного комплекса для оценки степени и масштабов загрязнения, организации работ по очистке ХОО и прилегающих к ним территорий от опасных химических веществ (ОХВ) используется отечественный опыт создания средних и тяжелых самоходных транспортных и специализированных систем управляемых человеком (экипажем). В настоящее время в специализированных подразделениях различных ведомств России эксплуатируется человеко-машинные системы среднего и тяжелого класса: инженерные разведывательные машины; машины разграждения; бульдозеры; экскаваторы; транспортеры; противопожарные машины; машины разминирования; тягачи и др. [21-28].

В целом, в России накоплен определенный опыт разработки, создания и использования самоходных комплексов «человек-машина» для инженерной разведки, разграждения объектов и территорий, разминирования участков местности, аварийно-транспортных систем, телескопических подъемных систем тягачей-транспортеров, самоходных лафетных противопожарных средств, пожарных самоходных средств высокой проходимости и т.п. Образцы различных групп техники имеют различные специфические технические возможности и характеристики, позволяющие системам «человек-машина» успешно осуществлять требуемые действия в труднодоступных и опасных зонах. Примеры отечественных разработок специализированных самоходных комплексов «человек-машина» приведены на рис. 6-11.



Рис. 6. Инженерная машина разграждения ИМР-3.



Рис. 7. Универсальная аварийно-транспортная машина «Неман».



Рис. 8. Гусеничный универсальный тягач ГТУ-1.



Рис. 9. Высокозащищенное транспортное средство «Ладога».



Рис. 10. Мобильная пожарная машина МПМ.



Рис. 11. Гусеничная пожарная машина «Импульс-2М».

Накопленный опыт целесообразно использовать при выборе, обосновании и разработке предложений по компоновке роботизированного комплекса для работы в зонах заражения ОХВ, в частности, по подбору транспортных средств, шасси для роботизированных систем и набора навесного оборудования для обеспечения различных операций в зонах аварий на ХОО.

ОБОСНОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ К МОБИЛЬНОМУ РОБОТОТЕХНИЧЕСКОМУ КОМПЛЕКСУ ДЛЯ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЧИСТКИ АВАРИЙНЫХ ХИМИЧЕСКИ ОПАСНЫХ ОБЪЕКТОВ И ЗОН

Обоснование системы требований к мобильному робототехническому комплексу для обнаружения и оценки опасных химических веществ и очистки объектов и зон следует рассмотреть по основным элементам компоновки мобильного робототехнического комплекса: к малому и среднему роботу, элементам управления комплексом и специальному оборудованию химической лаборатории мобильного робототехнического комплекса.

Основное требование к мобильному робототехническому комплексу для работ в зонах аварий ХОО следующее: комплекс должен выполнять объем работ, связанный с оценкой масштабов заражения и опасности ОХВ для работников и населения территорий, а также ликвидации последствий аварий на ХОО и прилегающих к ним территорий. На наш взгляд, это требование выполнимо при условии, что МРТК должен иметь в составе двух роботов (легкого и среднего класса) для работ в зоне аварии и средство их транспортировки к месту; подвижный пункт управления роботами, лабораторию оценки и контроля ОХВ, технику и материалы для реабилитации объектов и территорий. При создании облика МРТК требования должны быть сформулированы отдельно к каждой основной единице комплекса: к роботизированным транспортным средствам, к системе и организации управления МРТК, а также к специальному оборудованию химической лаборатории МРТК, технике и материалам для реабилитации объектов и территорий.

Требования к легкому роботизированному транспортному средству

Легкий РТС (ЛРТС) должен представлять собой набор механизмов, устройств и приспособлений, предназначенных для выполнения оперативно-тактических задач в зоне аварии. Базой должно быть самоходное, управляемое дистанционно, гусеничное транспортное средство. Внутри базы должны

размещаться: отсек управления с блоками системы управления, бортовая часть канала связи и система энергообеспечения - аккумуляторный отсек, а на корпусе транспортного средства должен монтироваться манипулятор и сменное технологическое оборудование, которое должно подключаться на панелях управления. ЛРТС должен быть оснащен телевизионной системой, системой освещения и каналом акустической связи. Исполнительные механизмы должны быть электромеханического типа с двигателями постоянного тока. ЛРТС должен управляться в командном режиме с поста дистанционного управления. В состав базы легкого роботизированного технического средства должны входить: корпус; ведущие мотор-звездочки; полиуретановые гусеницы с изменяемой геометрией; балансирные тележки; механизмы натяжения; поступательные электромеханизмы. Бортовая система дистанционного управления ЛРТС должна выполнять следующие задачи: прием управляющих команд; передачу по каналу телеметрии информации о состоянии боевой цепи срабатывания спецсредств, величине зарядки аккумуляторов, углах крена и дифферента; управление скоростью движения и поворота ЛРТС, приводами манипулятора; включение-выключение телевизионных камер, осветителей, светового маяка и звукового сигнала; выдачу команд на включение дополнительного оборудования и инструмента.

Манипулятор ЛРТС должен состоять из опорно-поворотного устройства, плеча, предплечья и кисти. ОПУ должен состоять из неподвижного основания и поворотной части. Манипулятор должен иметь несколько степеней свободы. Комплект дополнительного оборудования должен включать: средства радиационной разведки и гамма-поиска, приборы химической разведки (газосигнализаторы и газоанализаторы); комплект пробоотборников; средства деkontаминации, дегазации, пожаротушения, тепловой защиты и охлаждения; специализированные захваты и аварийно-спасательный инструмент; специальные контейнеры и транспортная тележка со сцепным устройством; тепловизор, штангу-удлинитель, выносной механизм наведения, держатели разрушителя, штангу обзорной телекамеры.

Кроме того, должны быть обоснованы требования к:

- системе дистанционного управления ЛРТС; телевизионным системам ЛРТС и МРК; автономному источнику питания; к дополнительному оборудованию и инструменту; панели управления выносного пульта управления; видам расчетов и системе расчетных показателей;
- организации работ с применением ЛРТС; мерам безопасности эксплуатации ЛРТС; типовым режимам работы ЛРТС; частным требованиям МРК-61 по назначению, операциям, техническим характеристикам и базе для установления оборудования.

Требования к среднему роботизированному транспортному средству

Для специальных подвижных средств среднего и тяжелого класса предъявляются концептуальные требования к их конкретному виду. Это относится как к технологическому оборудованию, так и к подвижному носителю. Общими концептуальными требованиями к образцу подвижного средства

являются требования по подвижности, эксплуатационным свойствам и техническим характеристикам, в том числе по надежности. Именно эти требования определяют состав и характеристики элементов шасси. Под шасси понимается совокупность систем и механизмов, обеспечивающих движение машины, и части корпуса для их установки. Ориентируясь на создание семейств гусеничных или колесных средних роботизированных транспортных средств (СРТС), которые для каждой модификации могут иметь разные корпуса (в зависимости от технологического оборудования), должен быть создан базовый образец СРТС на шасси высокого уровня унификации. Для него должны быть определены технические и эксплуатационные характеристики при полной нагрузке и при управлении машиной водителем.

Для разработки СРТС выдвигаются требования к:

- построению роботизированного транспортного средства и составу комплекса управления его движением; корпусу и шасси СРТС; комплекту бортового оборудования; характеристикам силовых приводных устройств роботизированного транспортного средства;
- расчетным характеристикам, моделям и допущениям; синхронизированному объемногидромеханическому механизму передачи и поворота (МПП); унифицированным передачам трансмиссий колесных и гусеничных машин, рассматриваемых в качестве базы СРТС;
- бортовой системе управления роботизированным транспортным средством; органам управления, датчикам и исполнительным элементам управления комплекса управления движением; алгоритмическим связям мехатронного модуля движения роботизированного транспортного средства; алгоритмам автоматического управления; алгоритмам ограничения процессов функционирования энергоемких объемных гидropередач.

Таким образом, выработаны обобщения по требованиям к СРТС:

1. В общем виде структура СРТС должна включать: носитель (штатное легкобронированное шасси), технологическое оборудование, а также комплекс управления движением и технологическим оборудованием, состоящим из модулей. Модули должны иметь энергетическую, кинематическую или электронно-процессорную физическую природу.
2. Для обеспечения свойства дистанционного управления СРТС (по радиоканалу) и выполнения требований по подвижности целесообразно использовать электрообъемногидромеханический мехатронный модуль движения.
3. В силовой части мехатронного модуля движения гусеничных машин может быть использован несинхронизированный механизм передач и поворота с механической коробкой передач - модернизированный механизм передач и поворота МТ-ЛБ М1. Однако наиболее перспективно применение в СРТС мехатронного модуля движения с синхронизированным объемногидромеханическим механизмом передач и поворота, который, благодаря присущим ему свойствам (бесступенчатому изменению передаточного числа во всем скоростном диапазоне прямолинейного движения и при повороте), позволит

обеспечить наивысшую производительность СРТС и упростить процесс дистанционного управления.

Требования по построению, принципам взаимодействия, организации и техническому облику элементов управления мобильным робототехническим комплексом

Требования по построению, системе и организации и техническому облику управления мобильным робототехническим комплексом выработаны и систематизированы в четырех направлениях: к построению подвижного пункта управления; к принципам взаимодействия элементов управления; к организации управления роботизированным транспортным средством; к техническому облику элементов управления роботизированным транспортным средством.

Требования к построению подвижного пункта управления.

Подвижный пункт управления должен быть создан на базе отечественного многоцелевого полноприводного автомобиля, оснащенного оборудованием и рабочими местами для дистанционного управления мобильными РТС на расстоянии не менее 1 км, средствами связи и химической лабораторией с лабораторным и аналитическим оборудованием оценки и контроля ОХВ и биологических веществ в районе аварии.

Требования к принципам взаимодействия элементов управления

Должен быть организован учет основополагающих принципов взаимодействия подвижного пункта дистанционного управления (ППДУ) и РТС. Основным принципом управления РТС является принцип передачи сигнала по радиоканалам с рабочей станции автоматизированного рабочего места, установленной на ППДУ. Необходимо предусмотреть техническую возможность организации резервных каналов управления. Целесообразна реализация принципа дистанционного управления элементами. В проекте следует предусмотреть возможность управления РТС с переносного (выносного) пульта дистанционного управления.

Требования к организации управления роботизированным транспортным средством

Требования к организации управления роботизированным транспортным средством выработаны и систематизированы в направлениях формирования групп требований:

- к задачам системы управления РТС последовательности и особенностям функционирования РТС; к системе управления МРТК;
- к структуре системы управления движением робота и ее основным компонентам;
- к составу и структуре системы управления движением робота; к технологическим операциям, осуществляемым роботом; к структуре подсистемы программных траекторий движения робота; к структуре отслеживания программных траекторий движения робота.

Требования к техническому облику элементов управления роботизированным транспортным средством

Требования к техническому облику элементов управления роботизированным транспортным средством выработаны и систематизированы в направлениях формирования групп требований: к техническому облику системы управления комплексом; к микроконтроллерной системе управления дистанционно-управляемой эвакуационной машины; к пульта управления и контроля (пульт оператора) и автоматизированному рабочему месту; к системам телевидения и радиосвязи.

Требования по специальному оборудованию химической лаборатории мобильного робототехнического комплекса

Система технических требований по специальному оборудованию химической лаборатории мобильного робототехнического комплекса должна включать требования к: функциям лабораторий, работающих в зонах аварий; методам и средствам анализа ОХВ; задачам лабораторий, работающих в зонах аварий; возможностям лабораторий, работающих в зонах аварий; комплектации лабораторий работающих в зонах аварий [29-39].

Требования к мобильной химической лаборатории

Лаборатория должна быть способна проводить изучение состава атмосферного воздуха; изучение и определение гидрохимических и гидробиологических показателей качества воды; оценку показателей техногенных химических факторов загрязнения водоемов и почв; ведение химической и неспецифической биологической разведки в зонах заражения (загрязнения), а также контроль заражения (загрязнения) окружающей среды в зонах чрезвычайных ситуаций.

Контроль и оценка ОХВ в зоне аварии должны быть дискретными и осуществляться с использованием средств, позволяющих эффективно оценивать обстановку на территории ХОО. Необходимо определять уровни загрязнений и их распространенность (границы), контролировать динамику, оценивать возможность трансформации веществ, учитывать их миграцию. При этом необходимо соблюдать основное требование - быстрое и точное получение информации. Специалисты должны быть оснащены необходимыми и достаточными для оценки ситуации техническими средствами обнаружения и определения ОХВ: иметь автономную лабораторию, имеющую возможности оперативного получения информации и определенную скорость ее обновления, исходя из фактической физической близости к месту аварии. Выбор пробоотборной и химико-аналитической аппаратуры и комплектация лаборатории должны определяться предполагаемым перечнем ОХВ для региона, территории или объекта.

Требования к методам и средствам анализа ОХВ

Экспрессность методов: анализ в режиме реального времени или в течение нескольких минут; портативность методов; охват максимального диапазона измеряемых концентраций ОХВ, начиная от 0,5 ПДК; аппаратное обеспечение высокой селективности анализа ОХВ. Система технических требований к

средствам химического контроля веществ и территорий должна включать требования к средствам для отбора проб, аппаратуре для анализа, каналам передачи данных и центрам их обработки, составу и квалификации обслуживающего персонала, условиям его работы, необходимому запасу реактивов и запасных частей систем жизнеобеспечения. Контроль веществ и территорий должен осуществляться портативными анализаторами. Наиболее распространенные портативные анализаторы токсичных веществ должны быть основаны на спектральных, фотоколориметрических, электрохимических, фотоионизационных, хроматографических и хромато-масс-спектрометрических методах измерения концентраций веществ. В состав лаборатории должны входить анализаторы периодического и непрерывного действия, различные ленточные детекторы, линейно-колористические трубки и средства дистанционного контроля окружающей среды. Лаборатория должна быть метрологически аттестована и оснащена системой связи для координации работ и передачи получаемых аналитических данных руководству.

Требования по задачам лабораторий, работающих в зонах аварий ХОО

К ним относятся: ведение радиационной, химической и неспецифической биологической разведки в зонах заражения; отбор проб; проведение радиационного и химического контроля в зонах аварий; определение полноты дегазации и дезактивации; проведение демеркуризационных работ.

Требования к возможностям лабораторий, работающих в зонах аварий ХОО

- Проведение радиационной, химической и биологической разведки местности; проведение гамма-съемки при движении автомобиля с определением геодезических координат местности и отображения данных на носителях информации; отбор радиоактивных, химических и биологических проб из различных сред;
- проведение на месте качественного химического анализа проб; определение аварийно химически опасных веществ и отравляющих веществ в различных средах; проведение дегазации зараженной местности;
- проведение демеркуризации зараженных участков местности; определение метеорологических характеристик окружающей среды; обозначение границ заражения местности; оперативная обработка данных с выводом результатов в электронном и печатном виде; бесперебойное питание 220 в до 6 ч; жизнеобеспечение до 2-х суток.

Требования к комплектации лабораторий, работающих в зонах аварий на ХОО

К ним относятся: приборы химической разведки; приборы радиационной разведки; средства специальной обработки; метеорологические приборы; поверочные установки; приборы лабораторного испытания средств индивидуальной защиты; знаки ограждения; средства для отбора проб; средства индивидуальной защиты; средства транспортировки радиоактивных веществ; средства связи; оборудование химической лаборатории; специальная техника.

ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО СОЗДАНИЮ ОБЛИКА ДИСТАНЦИОННО УПРАВЛЯЕМЫХ РОБОТИЗИРОВАННЫХ СРЕДСТВ ОБНАРУЖЕНИЯ И ОЧИСТКИ ОБЪЕКТОВ И ЗОН

Система обоснованных требований позволила выдвинуть технические предложения по созданию облика мобильного робототехнического комплекса для обнаружения и ликвидации аварий на ХОО и прилегающих территориях. МРТК должен включать в себя системы: управления; транспортировки; материального, энергетического и информационного обеспечения. МРТК состоит из: легкого дистанционно управляемого транспортного модуля; среднего дистанционно управляемого транспортного модуля; подвижного пункта управления; низкорамного прицепа с техникой и материалами; автомобиля-дегазатора. Учитывая специфику работ, связанных с организацией разведки и ликвидацией последствий загрязнения, обоснованы две группы технических предложений: по техническим средствам разведки обстановки в зоне аварии; по технологическому оборудованию для ликвидации последствий аварий в зонах с ОХВ.

Предложения по структуре мобильного робототехнического комплекса для проведения разведки и ликвидации последствий в зонах аварий с химически опасными веществами

На основе анализа отечественного и зарубежного опыта по созданию и использованию специальных мобильных комплексов в зонах, опасных для жизни людей, а также учитывая имеющиеся в России научные и конструкторско-технологические возможности, предложен следующий состав МРТК (рис. 12.):

- легкое робототехническое средство на базе малых роботов с гусеничным движителем (ЛРТС) и необходимым оборудованием для проведения разведки и определения типа ОХВ, обозначения границ заражения и проделывания проходов (доступа) к источнику заражения;
- среднее робототехническое средство (СРТС) на базе многоцелевой плавающей гусеничной машины легкой категории с технологическим оборудованием для определения типа и концентрации ОХВ, границ заражения и передачи данных на пункт управления. СРТС оснащается необходимым инженерным оборудованием для ликвидации последствий аварий в зонах с ОХВ;
- подвижный пункт управления для: доставки (в качестве тягача) ЛРТС, СРТС и экипажа в район работ; размещения двух рабочих мест операторов по дистанционному управлению ЛРТС и СРТС; размещения химико-аналитической лаборатории; размещения и обеспечения работы в автономном режиме экипажа (не менее 4 чел.)
- низкорамный прицеп, закрытый тентом, грузоподъемностью не менее 15 т для транспортировки, размещения и доставки в район работы: ЛРТС и СРТС и дополнительного сменного оборудования к ним; малой дизель-генераторной установки; необходимых запасов топлива и расходных материалов к химико-аналитической лаборатории; контейнеров

с образцами ОХВ из района аварии; оборудования для проведения дегазации местности, объектов и РТС.



Рис. 12. Мобильный робототехнический комплекс: 1 - ЛРТС; 2 - СРТС; 3 - ППУ; 4 - блочно-модульная установка для очистки воды; 5 - автомобиль-дегазатор ОВ; 6 - низкорамный прицеп.

*Предложение по техническим средствам разведки обстановки в
зоне аварии*

Анализ технической информации о штатных отечественных и зарубежных машинах химической разведки позволил определить типовой состав технических средств химической разведки. Для определения типа и концентрации химических опасных веществ ЛРТС и СРТС оборудуются манипуляторами с устройствами, позволяющими проводить отбор проб во всех средах. При необходимости пробы транспортируются в специальных контейнерах к ППУ для проведения анализа. РТС оснащаются техническими средствами, позволяющими производить отбор и экспресс-анализ проб ОХВ и грунта по определению типа и концентрации ОХВ в автоматическом режиме в зоне заражения. Комплектация приборов: газоанализатор автоматический; прибор химической разведки; полуавтоматический газоопределитель; комплект приспособлений для отбора проб; универсальный прибор газового контроля.

Для обеспечения оперативного управления РТС и принятия решений ЛРТС и СРТС оборудуются устройствами для обозначения на местности границ заражения; навигационной аппаратурой с GPS-навигатором, средствами связи и персональным компьютером с программным обеспечением, позволяющим в режиме реального времени производить передачу данных на ППУ с нанесением обстановки на электронную карту и передачей данных через радиомодем. При

установке автоматического комплекта прогнозируется динамика развития обстановки средствами оповещения населения об аварии, передачи световых и звуковых сигналов выдачи команд и сообщений в радиусе до 500 м, в т.ч. установкой для запуска сигналов химической тревоги.

На СРТС монтируется комплекс с лазерным локатором для дистанционного обнаружения зараженности приземного слоя атмосферы аэрозолями отравляющих веществ. Комплекс обеспечивает обнаружение и определение координат и линейных размеров облаков аэрозолей на расстоянии 500-1500 м с точностью определения координат до 30 м с выдачей сигналов тревоги и передает их в систему оповещения.

На ЛРТС применяется малогабаритный автоматический газоанализатор, выдающий световой и звуковой сигналы оповещения. Быстродействие прибора - 5 сек, масса - 0,4 кг.

Техническое предложение по легкому робототехническому средству (ЛРТС)

В качестве транспортной базы для ЛРТС для комплекта оборудования предлагается использовать мобильный робот МРК-61 с прицепом для выполнения необходимых малых технологических и транспортных работ в зоне заражения. Технические характеристики, внешний вид и описание возможностей МРК-61 приведены выше. ЛРТС оборудован краноманипулятором, захватопогрузчиком, бульдозерным оборудованием, механическим кормовым люком, выдвижной платформой. База МРК-61 позволяет устанавливать на ней:

- 5-степенной манипулятор грузоподъемностью до 10 0 кг, что дает возможность использовать с ним комплект сменных рабочих органов для выполнения различных операций; малый бульдозерный отвал для разграждения завалов и прокладки прохода к источнику ОХВ;

- универсальный прибор газового контроля, позволяющего проводить оперативный контроль ОХВ в воздухе, а также зараженной почвы, поверхности, спецодежды и воды непосредственно в зоне работ; аппаратно-программное оборудование для обеспечения дистанционного управления ЛРТС из ППУ; источник энергии (аккумуляторы) для обеспечения автономной работы ЛРТС не менее 4 часов; пробоотборник жидкости; пробоотборник грунта.

Использование МРК-61 с малогабаритным транспортным прицепом позволяет разместить на нем, при необходимости, специальный контейнер для забора образцов зараженного грунта, воды и пр.; обеспечить вывоз из зоны заражения небольших необходимых элементов с ОХВ для дальнейшей оценки опасности и нейтрализации. Для уменьшения габаритов прицепа и, как результат, компактной и удобной транспортировки используется его разборная модификация.

Техническое предложение по среднему робототехническому средству (СРТС)

В качестве транспортной базы для СРТС предлагается использовать многоцелевой гусеничный плавающий транспортер-тягач легкой категории (к примеру, разработки СКБМ (г. Курган, Россия) по многоцелевым транспортерам рис. 13.). Опыт использования машин данного класса свидетельствует об их наибольшей приспособленности по техническим характеристикам к монтажу и

обеспечению функционирования необходимого разведывательного и специального технологического оборудования для проведения первоочередных мер по ликвидации последствий в зоне аварий с ОХВ. СРТС целесообразно укомплектовывать специальным технологическим оборудованием: внешняя краноманипуляторная установка (КМУ); захватнопогрузочное устройство (ЗПУ); установка внешнего манипулятора с ЗПУ на шасси СРТС; выдвижная платформа и механизированные двери кормового люка; электрогидравлическая система управления КМУ с ЗПУ, выдвижной платформой и механизмом открытия кормовых дверей; бульдозерное оборудование СРТС. Обоснованы и отработаны предложения по специальному технологическому оборудованию.



Рис. 13. Многоцелевой гусеничный плавающий транспортер-тягач легкой категории.



Рис. 14. ППУ на базе автомобиля БАЗ-69501. Шасси Брянского автомобильного завода.

Техническое предложение по подвижному пункту управления

В качестве транспортной базы ППУ предлагается использовать автомобиль БАЗ-69501 (рис. 14).

Транспортная база имеет кабину управления для 4-х человек экипажа МРК и кузов-фургон, в котором можно разместить:

- пункт управления сверхлегким робототехническим средством; пункт управления средним робототехническим средством; комплекты специальной защитной одежды для выхода, при необходимости, на зараженную территорию;
- средства приема-передачи телерадиосигналов управления ЛРТС и СРТС; химико-аналитическую лабораторию; средства связи с центром управления работой и местной администрацией; необходимые средства для обеспечения автономной жизнедеятельности экипажа (спальные места, ФВУ, кондиционер, отопитель, холодильник, запас продовольствия и питьевой воды, биотуалет). Автомобиль БАЗ-69051 способен также буксировать прицеп общей массой 15 т, что позволяет обеспечить транспортировку к месту работы ЛРТС, СРТС и другое необходимое оборудование.

Предложения по составу экипажа МРК. Экипаж МРК предлагается иметь следующего состава:

- механик-водитель БАЗ-69051 (ППУ) с обязанностями управления тягачом, обеспечением электроэнергией РТК в качестве электромеханика малой

дизель-генераторной установки и поддержания в технически исправном состоянии тягача и прицепа;

- оператор ЛРТС с обязанностями управления им в дистанционном режиме и поддержания в технически исправном состоянии; оператор СРТС с обязанностями управления им в экипажном и безэкипажном режиме и поддержания в технически исправном состоянии;
- начальник (химик-аналитик) и химик-лаборант химико-аналитической лаборатории с обязанностями проведения анализов ОХВ, подготовки и доведения до операторов ЛРТС и СРТС рекомендаций по технологии их использования в зависимости от реальной ситуации в районе заражения. Начальник лаборатории может назначаться в качестве руководителя экипажа РТК или, при необходимости, может назначаться пятый член экипажа - руководитель работ или специалист по специальной обработке (дегазации).

Технические предложения по постам управления ЛРТС и СРТС в составе ППУ.

Посты управления ЛРТС и СРТС (рис. 15) оборудуются самостоятельными рабочими местами. Принципиально по аппаратной части они идентичны и состоят из пульта управления; видеомонитора; блока электроснабжения; блока радиоканала передачи данных.

Конструкции рабочего места в СРТС и постов управления ЛРТС и СРТС идентичны. Это необходимо для сохранения навыков механика-водителя при управлении машиной в экипажном варианте и дистанционного управления СРТС. Бригада специалистов обеспечивается мобильной связью. Для работы без спутниковой связи ППУ и командный пункт должны быть оснащены радиостанциями. При этом роль оператора-радииста может быть возложена на начальника химико-аналитической лаборатории.



Рис. 15. Вариант оборудования постов управления ЛРТС и СРТС.

Техническое предложение по химико-аналитической лаборатории

Создаваемая химико-аналитическая лаборатория предназначена для определения химических и биологических веществ в различных пробах, отбираемых робототехническими устройствами. Ее обслуживают 2 человека:

химик-лаборант и химик-аналитик. Она размещается в кузове-фургоне подвижного пункта управления. В состав специального оборудования лаборатории целесообразно включить:

- бокс (вытяжной шкаф) для проведения работ по подготовке и анализу проб, оснащенный вытяжной вентиляцией; приточную фильтро-вентиляцию, обеспечивающую очистку воздуха, поступающего внутрь бокса при работе на загрязненной территории;
- отопитель для работы в условиях пониженных температур; емкость для чистой воды и систему канализации для слива воды после мытья химической посуды; химическую посуду для отбора, хранения и подготовки проб для анализа.

Кроме того, в состав лаборатории предлагается включить следующее аналитическое и специальное оборудование:

- газожидкостной хроматограф с тремя модулями (пламенно-ионизационный/электронно-захватный/пламенно-фотометрический детектор). Предпочтительнее включение в состав лаборатории вместо хроматографа отечественного хромато-масс-спектрометра; пробоотборник; дозатор равновесного пара; универсальный экстрактор; ванна ультразвуковая стандартная; мини-центрифуга лабораторная; весы калибровочные;
- рН-метр с набором калибровочных реактивов; милливольтметр с функцией термометра; переносный компьютер с программным обеспечением, сопряженный с хроматографом или хромато-масс-спектрометром; холодильник автомобильный для хранения проб; мобильная ПЦР-лаборатория (ПЦР - полимеразная цепная реакция) для качественного биологического анализа проб; универсальный прибор газового контроля для обнаружения и определения вредных химических веществ в воздухе.

Техническое предложение по автоприцепу

В качестве транспортной базы предлагается прицеп 83402Т-S15 (рис. 16) производства ОАО «Тверьстроймаш» (г. Тверь, Россия) с тентовым покрытием на каркасной основе.

Предлагается оборудовать груз на низкорамном прицепе:

- СРТС (ЛРТС целесообразно разместить внутри СРТС); откидные аппарели для погрузки и выгрузки своим ходом СРТС; малая дизель-генераторная установка; комплект сменного рабочего оборудования для манипуляторов ЛРТС и СРТС;
- изолированные емкости с запасом топлива; комплект средств специальной обработки для дегазации средств защиты, наружных поверхностей и внутренних объемов техники, зданий и сооружений; емкости с дегазирующими растворами и средствами для их приготовления; фары-прожекторы для освещения в темное время суток района расположения ППУ и прицепа. Для облегчения погрузки и выгрузки СРТС и ЛРТС прицеп оснащается гидравлическими тралами двойного сложения с шириной 850 мм или 1050 мм и углом въезда 6° и 8° (вместо 15° в стандартной комплектации).



Рис. 16. Прицеп 83402Т-S15 с тентом на каркасной основе. Разработчик ОАО «Тверьстроймаш».

В состав лаборатории мобильного робототехнического комплекса входят: автомобиль-дегазатор ОВ; разработанные в ИХФ РАН [40-44] блочно-модульная установка для очистки воды и капельно-сканерный колориметр для определения ОХВ в воде; дегазирующие реагенты - биокаталитические нейтрализаторы на иммобилизованных клетках бактерий *Escherichia coli* SG или на ферментах His6-ОРН, размещаемые и транспортируемые на автоприцепе (рис. 17-22).

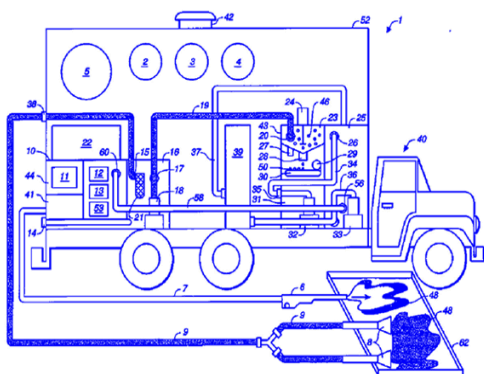


Рис. 17. Технический облик системы дегазации, установленной на автомобиле-дегазаторе ОВ.



Рис. 18. Автомобиль-дегазатор ОВ в походном положении.



Рис. 19. Дегазирующие реагенты - биокаталитические нейтрализаторы.



Рис. 20. Многоканальный капельно-сканерный колориметр.

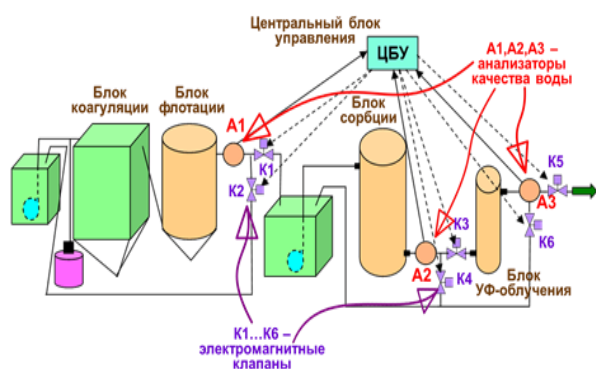


Рис. 21. Технологический облик блочно-модульной очистки воды.



Рис. 22. Блочно-модульная установка очистки воды.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведен анализ разработок роботизированных технических систем специального назначения и дана оценка необходимости и возможности создания роботизированного технического средства для работы в зонах аварий химически опасных объектов. Показано, что для использования в районах, опасных для жизни человека, требуется создание роботизированного комплекса специальных машин для выполнения всего объема работ по оценке масштабов заражения и степени опасности ОХВ и реабилитации ХОО и территорий.

Проанализирован и обобщен отечественный опыт создания роботизированных технических средств особого назначения на базе разработок специального конструкторского бюро прикладной робототехники МГТУ им. Н.Э. Баумана (г. Москва) и ГНЦ ЦНИИ РТК (г. Санкт-Петербург), имеющих многолетний научный и конструкторский опыт создания роботов.

Дано обоснование требований к мобильному робототехническому комплексу для обнаружения и оценки содержания опасных химических веществ, а также для очистки объектов и зон. Требования систематизированы по основным элементам компоновки, элементам управления комплексом и специальному оборудованию химической лаборатории мобильного робототехнического комплекса. Сформулированы требования к роботизированным специальным средствам для работы в зонах аварий на ХОО, в частности к легкому и среднему РТС и подвижному пункту управления.

Разработаны технические предложения по созданию мобильного робототехнического комплекса для обнаружения и ликвидации последствий загрязнения опасными химическими веществами. Предложения сделаны по структуре мобильного робототехнического комплекса для проведения разведки и ликвидации последствий в зонах аварий с ОХВ; созданию и использованию дистанционно управляемого транспортного модуля для размещения средств обнаружения ОХВ и средств очистки объектов и зон от ОХВ, а также определен состав МРТК.

Предложен состав химико-аналитической лаборатории с возможностями определения опасных химических и биологических веществ в различных пробах, отбираемых робототехническими устройствами. В состав лаборатории включено

современное аналитическое и специальное оборудование, в том числе разработанное в ИХФ РАН.

Работа выполнена в рамках Программы фундаментальных исследований ИХФ РАН № 46.15. Номер темы ФАНО 0082-2014-0005. Номер государственной регистрации ЦИТИС: АААА-А17-117091220076-4.

Список литературы:

1. International Federation of Robotics. <https://ifr.org/> (дата обращения 5.03.2018).
2. Ермолов И.Л. Робототехника: автономность роботов. Информационно-аналитический обзор. Итоги науки и техники. М.: ВИНТИ РАН, 2017. С. 5.
3. Trevelyan J., Hamel W.R., Kang S.C. Robotics in Hazardous Applications. In: Siciliano B., Khatib O. (eds) Springer Handbook of Robotics. Springer, Cham, 2016. P. 1521.
4. Ishida H., Tanaka H., Taniguchi H. et al. // Auton. Robot. 2006. V. 20. No. 3. P. 231. DOI: 10.1007/s10514-006-7100-5.
5. Qian K., Song A., Bao J., Zhang H. // Int. J. Advanced Robotic Systems. 2012. V. 9. P. 1. DOI: 10.5772/50720.
6. Kawatsuma S., Fukushima M. // Industrial Robot: An Int. J. 2012. V. 39. No. 5. P. 428. DOI: 10.1108/01439911211249715.
7. Иванов В.А., Медведев В.С. Математические основы теории оптимального и логического управления. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2011.
8. Крейг Д. Введение в робототехнику. Механика и управление. Изд-во Институт Компьютерных исследований, 2013.
9. Ковальчук А.К., Кулаков Д.Б., Кулаков Б.Б. Основы теории исполнительных механизмов шагающих роботов. М.: Изд-во Рудомино, 2010.
10. Каргинов Л.А., Ковальчук А.К., Кулаков Д.Б. Проектирование систем приводов шагающих роботов с древовидной кинематической системой. Уч. пособие для вузов. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2013.
11. Мачульский И.И. Робототехнические системы и комплексы. М.: Транспорт, 1999.
12. Зенкевич С.Л., Ющенко А.С. Основы управления манипуляционными роботами: учебник для вузов. 2-е изд. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2004.
13. Ноф Ш. Справочник по промышленной робототехнике. Т. 1. М.: Машиностроение, 1989.
14. Бурдаков С.Ф., Дьяченко В.А., Тимофеев А.Н. Проектирование манипуляторов промышленных роботов и роботизированных комплексов. М.: Высшая школа, 1986.
15. Шахинпур М. Курс робототехники: учебник для вузов. Под ред. С.Л. Зенкевича. М.: Мир, 1990.
16. Воротников С.А. Информационные устройства робототехнических систем. М.: Изд-во МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2005.
17. Пупков К.А., Коньков В.Г. Интеллектуальные системы. М.: МГТУ им. Н.Э. Баумана, 2003.
18. Патент 2087364 РФ, 1997.
19. Зубов В.Н. // Научный альманах. 2015. № 10-3(12). С. 104. DOI: 10.17117/na.2015.10.03.104.
20. Лопота А.В., Николаев А.Б. Наземные робототехнические комплексы военного и специального назначения. <http://www.rtc.ru/images/docs/book/nazemnie.pdf> (дата обращения 5.03.2018).
21. Казмиренко В.Ф. Электрогидравлические мехатронные модули движения: Основы теории и системное проектирование. М.: Радио и связь, 2001.
22. Кондаков Л.А., Никитин Г.А., Прокофьев В.Н. Машиностроительный гидропривод. М.: Машиностроение, 1978.

23. Антонов А.С., Запругаев М.М. Гидрообъемные передачи транспортных и тяговых машин. М.: 1968.
24. Красеньков В.И., Вашец А.Д. Проектирование планетарных механизмов транспортных машин. М.: Машиностроение, 1986.
25. Никонов А.И., Кожевников В.С., Сухоруков А.К. // Тракторы и сельскохозяйств. машины. 1996. № 8. С. 20.
26. Печенкин В.А., Кожевников В.С. // Тракторы и сельскохозяйств. машины. 2001. № 1. С. 17.
27. Кожевников В.С., Матанский В.В., Печенкин В.А. и др. // Тракторы и сельскохозяйств. 2004. № 9. С. 22.
28. Смоляницкий Э.А., Вагнер Е. // Строительные машины. 2009. № 12. С. 12.
29. Другов Ю.С., Родин А.А. Экологическая аналитическая химия. СПб.: Анатолия, 2002.
30. Израэль Ю.А. Экология и контроль состояния природной среды. М.: Гидрометеоздат, 1984.
31. Майстренко В.Н., Хамитов Р.З., Будников Г.К. Эколого-аналитический мониторинг супертоксикантов. М.: Химия, 2006.
32. Золотов Ю.А., Кузьмин Н.М., Кимстач В.А. и др. // Журн. Рос. химич. об-ва им. Д.И. Менделеева. 1993. № 4. С. 8.
33. Кузьмин Н.М., Нейман Е.Я., Попов А.А.. Системы эколого-аналитического контроля в действии. М.: Фолиум, 1994. С. 6.
34. Лайтинен Г.А., Харрис В.Е. Химический анализ. Пер. с англ. под ред. Ю.А. Клячко. 2-е изд., перераб. М.: Химия, 1979. С. 13.
35. Гильманишина С.И. Основы аналитической химии. Курс лекций. 2-е изд.. СПб.: Питер, 2006.
36. Основы аналитической химии. Учеб. для вузов. В 2 кн. Под общ. ред. Ю.А. Золотова. 2-е изд. М.: Высш. школа, 2002.
37. Харитонов Ю.Я. Аналитическая химия. М.: Высш. школа, 2001.
38. Коренман И.М. Методы количественного химического анализа. М.: Химия, 1989.
39. Контроль химических и биологических параметров окружающей среды. Под ред. Исаева Л.К. СПб.: Эколого-аналитический центр «Союз», 1998.
40. Патент 2446394 РФ, 2012.
41. Патент 2472717 РФ, 2013.
42. Усин В.В., Кумпаненко И.В., Павлов А.В. и др. // Рос. хим. журнал (Ж. Рос. хим. об-ва им. Д.И. Менделеева). 2013. № 1. Том LVII. С. 42.
43. Кумпаненко И.В., Роцин А.В., Марченко Д.Ю. и др. // Хим. физика. 2012. № 10. С. 52.
44. Кумпаненко И.В., Роцин А.В., Усин В.В. и др. // Хим. физика. 2012. № 10. С. 74.

MODERN TECHNOLOGIES FOR REMOTE CONTROL OF DETECTION AND DETOXIFICATION OF EMERGENCY CHEMICALLY HAZARDOUS OBJECTS AND ZONES

*V. V. Usin¹, A. K. Yushkevich², A. M. Skryl'nikov¹,
E. G. Raevskaya¹, and A. V. Roshchin¹*

¹Semenov Institute of Chemical Physics, Russian Academy of Sciences, Moscow, Russia,

*e-mail: usin.v.v@gmail.com

²Academy of Quality Problems, Moscow, Russia

Received March 5, 2018

Abstract – The technical research studies on robotic facilities designed for detection and elimination of accidents at chemically hazardous objects and adjacent areas are analyzed, basing on domestic experience in creating and using special-purpose robotic equipment. A possibility of creating a mobile robotic complex operating in accident zones involving hazardous chemicals is evaluated. The requirements for a mobile robotic complex aimed at detection and evaluation of hazardous chemicals are justified, including those for cleaning up contaminated areas. A series of proposals are suggested for creating a remotely controlled technical system for detecting and cleaning up chemically hazardous facilities and zones.

Keywords: robot, robotics, mobile robotic system, cleaning up chemically hazardous objects and zones, emergency response.