

**БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ**

УДК 614.8.086.5; 681.572

myrnik@yandex.ru

**ИСПОЛЬЗОВАНИЕ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ПРИ БОРЬБЕ  
С ПОЖАРАМИ НА РАДИАЦИОННО ОПАСНЫХ ОБЪЕКТАХ: ОБОБЩЕНИЕ  
ОПЫТА, ПРОБЛЕМЫ И ПУТИ РЕШЕНИЯ****USE OF ROBOTIC COMPLEXES IN FIGHTING FIRES AT RADIATION  
HAZARDOUS OBJECTS: GENERALIZATION OF EXPERIENCE,  
PROBLEMS AND THEIR SOLUTIONS***Вишняков А. В.<sup>1</sup>, кандидат биологических наук, доцент**Мураев Н. П.<sup>1</sup>, кандидат педагогических наук, доцент**Логинов В. В.<sup>1</sup>, кандидат технических наук, доцент**Дьяков К. В.<sup>2</sup>,**<sup>1</sup>Уральский институт ГПС МЧС России, Екатеринбург**<sup>2</sup>Специализированная пожарно-спасательная часть ФПС ГПС**Главного управления МЧС России по Свердловской области, Екатеринбург**Vishnyakov A., Muraev N., Loginov V., Dyakov K.**<sup>1</sup>The Ural Institute of State Firefighting Service EMERCOM of Russia, Ekaterinburg**<sup>2</sup>Specialized fire and rescue unit of the Federal Fire Service of the State Fire Service  
of the Main Directorate of the EMERCOM of Russia, for the Sverdlovsk Region,  
Ekaterinburg*

Наличие на территории Российской Федерации значительного числа радиационно опасных объектов всегда предполагало возникновение на них различных чрезвычайных ситуаций, в том числе и сопровождающихся пожарами. Настоящее положение несмотря на предпринимаемые усилия компетентных структур разного уровня продолжает оставаться актуальным и в настоящее время. При этом пожар на указанных объектах является фактором, дополнительно усугубляющим масштаб техногенного происшествия за счет увеличения зоны радиоактивного заражения как следствие разноса радиоактивных частиц имеющими место термическими потоками воздуха. В этом случае при борьбе с огнем на радиационно опасных объектах будет иметь место значительный риск переоблучения лиц, участвующих в ликвидации радиационной аварии, вплоть до возникновения у них лучевой болезни различной степени. Указанное обстоятельство определяет использование в рассматриваемом случае различных робототехнических комплексов, позволяющих полностью исключить или свести к минимуму нахождение людей в опасной для жизни и здоровья зоне. В то же время применение подобных технических средств в силу объективных причин, в частности, негативного влияния радиации на конструкционные материалы данных комплексов предполагает предъявление к ним определенных требований. В настоящей статье авторами был проведен анализ различных технических средств с точки зрения возможности их применения для тушения пожаров на радиационно опасных объектах и прилегающих к ним территориям.

*Ключевые слова:* борьба с пожарами, ионизирующее излучение, отказ техники, радиационно опасный объект, дистанционное управление, робототехнический комплекс

The presence on the territory of the Russian Federation of a significant number of radiation-hazardous objects has always meant the occurrence of various emergency situations on them, including those accompanied by fires. This provision, despite the efforts made by the competent structures of various levels, continues to be relevant at the present time. At the same time, a fire at these facilities is a factor that further aggravates the scale of a man-made incident due to an increase in the zone of radioactive contamination as a result of the spread of radioactive particles by the thermal air currents that take place. In this case, when fighting fire at radiation-hazardous objects, there will be a significant risk of overexposure of persons participating in the liquidation of a radiation accident, up to the occurrence of radiation sickness of varying degrees. This circumstance determines the use in the case under consideration of various robotic systems that allow you to completely exclude or minimize the presence of people in a zone dangerous to life and health. At the same time, the use of such technical means due to objective reasons, in particular, the negative effect of radiation on the structural materials of these complexes, implies the presentation of certain requirements to them. In this article, the authors analyzed various technical means from the point of view of the possibility of their use for extinguishing fires at radiation-hazardous objects and territories adjacent to them.

*Keywords:* fire fighting, ionizing radiation, equipment failure, radiation hazardous object, remote control, robotic complex

В настоящее время на территории нашей страны без учета объектов Минобороны России функционирует более 70 организаций, эксплуатирующих радиационно опасные объекты (далее – РОО), включая регионы с высокими демографическими показателями [1]. Указанное обстоятельство подтверждает актуальность вопросов, решение которых направлено на преодоление радиационной опасности, при этом проявление опасных факторов стало приобретать новые формы и условия их реализации [2, 3, 4].

Среди особенностей радиационных аварий и катастроф также можно выделить быстрое распространение опасных факторов на значительное расстояние, определяющее необходимость незамедлительного проведения всего комплекса мероприятий по ликвидации их последствий или снижения проявления данных факторов до какого-либо приемлемого уровня. Статистические материалы по авариям на РОО указывают на то, что в большинстве случаев подобные происшествия сопровождаются пожарами. При этом пожар является при-

чиной возникновения термических потоков воздуха (термиков), содержащих различные радионуклиды, что способствует распространению воздушными массами радиоактивных веществ, высвободившихся при аварии, на значительные расстояния, приводя к возникновению угрозы для жизни и здоровья людей, а также к колоссальному ущербу экологии и экономике [2]. Только справившись с открытым огнем, становится возможным проводить дезактивацию очага радиоактивного заражения и целый ряд иных мер. Важно отметить, что сами источники ионизирующего излучения (далее – ИИ) способны вызывать у людей различные степени лучевой болезни, включая крайне тяжелую, даже находясь на достаточном удалении от них и при малом времени воздействия.

Таким образом, применение робототехнических комплексов (далее – РТК), в том числе и предназначенных для пожаротушения и позволяющих исключить нахождение людей в опасной зоне, является значимой и перспективной составляющей комплекса мер по ликвидации аварий на РОО [5].

В связи с этим целью исследования, отраженного в настоящей статье, стало изучение возможности использования в зонах радиоактивного заражения (далее – ЗРЗ) имеющихся в МЧС России отдельных моделей РТК, предназначенных для пожаротушения. Для достижения поставленной цели в качестве первой целевой задачи было определено рассмотрение опасности радиационного характера от источников ИИ в ЗРЗ для РТК, а в качестве второй – анализ технических возможностей, преимуществ и недостатков некоторых образцов РТК выбранной номенклатуры. Решение указанных задач стало возможным, опираясь на ряд положений:

1. Использование противопожарных РТК в рассматриваемых ситуациях позволяет полностью исключить опасное воздействие радиации на людей, принимающих участие в ликвидации аварии радиационного характера, т. е. в этом случае рассмотрению подлежит только опасность негативного воздействия ИИ на технику, приводящая к ее отказу.

2. Невозможность выполнения поставленной задачи по пожаротушению может быть обусловлена двумя причинами. Первая из них определяется тем, что ИИ могут воспрепятствовать поступлению на приемное устройство РТК радиосигнала, посылаемого с командного пункта, и передаче видеоизображения от РТК на командный пункт для осуществления адекватного управления данным комплексом. Вторую причину можно представить как выход из строя элементной базы системы управления комплексом.

3. Отказ системы управления противопожарных РТК не происходит в первый момент действия ИИ на комплекс, но обязательно наступает по мере накопления факторов, определяющих выход из строя этой системы. Скорость проявления неисправности (наступление события отказа) происходит прямо пропорционально длительности воздействия и мощности источника ИИ на РТК при его работе на зараженной территории.

4. Действие ИИ на РТК следует рассматривать в его максимальном негативном проявлении. К примеру, мощность источников гамма-излучения принимается равной 30 МэВ, также в этом случае действует условие, что ИИ при распространении в направлении РТК не встречают на своем пути каких-либо преград и т. д.

При решении первой задачи, зная, что ИИ имеют разную природу, представляется необходимым рассмотреть негативное воздействие на противопожарные РТК как корпускулярного излучения, так и излучения волнового характера.

При оценке потоков частиц, двигающихся в воздухе, альфа-частицы в случае их максимально регистрируемой скорости, а именно 25000 км/с, способны преодолевать расстояние менее 20 см. Двигаясь с максимальной скоростью в воздухе, равной 298000 км/с, бета-частицы проходят путь, не превышающий 1 метр. Если же, рассматривая ИИ корпускулярного свойства, говорить о нейтронах, то наибольшую длину свободного пробега имеют частицы, относящиеся к энергетической группе быстрых нейтронов, обладающих энергией от 500 КэВ до 20 МэВ, и эта длина не будет превышать 120 метров, т. е., согласно современным знаниям из этой области, будет максимальным свободным пробегом для ИИ, сформированных частицами. Это в первую очередь объясняется тем, что поперечное сечение ядер в миллионы раз меньше сечения атомов, т. е. пробег (проникающая способность) нейтронов значительно больше соответствующих характеристик заряженных частиц, передающих свою энергию прежде всего электронам облучаемой среды.

В то же время, благодаря отсутствию заряда, нейтроны не взаимодействуют с электронами, т. е. эти нуклоны, проходя через вещество, непосредственно не ионизируют атомы и молекулы, как заряженные частицы. Вместе с тем все же в отдельных случаях представляется возможным упомянуть, что при этом взаимодействии бу-

дет происходить смещение атомов из положения равновесия как следствие упругого взаимодействия быстрых нейтронов с ядром, при котором осуществляется передача ядру части кинетической энергии. Однако в подавляющем большинстве данных событий скорость смещенного в результате столкновения атома будет меньше скорости орбитальных электронов, что не приводит атом к ионизации [6].

Таким образом, если говорить о технике, то негативное воздействие от нейтронов на конструкционные материалы РТК практически равно нулю.

При рассмотрении действия радиоактивных частиц на элементную базу следует подчеркнуть, что негативное воздействие может проявляться на полимерных диэлектриках из состава изделий электронной техники, входящих в систему управления. В этом случае имеет место образование заряженных частиц в объеме материала. При этом концентрация носителей заряда в облучаемом полимере резко возрастает, что приводит к появлению радиационной электропроводности, выводящей из строя изделия электронной техники. Активные работы по предупреждению подобных отказов стали проводиться еще в 1970–1980-х годах, и в настоящее время специалистами были предложены определенные технические решения, позволяющие предупредить возникновение радиационной электропроводности, вызванной воздействием быстрых нейтронов в защищенной элементной базе [7–10].

То же можно и сказать и про воздействие нейтронного излучения на принимаемый РТК радиосигнал и передачу от данного комплекса на командный пункт видеосигнала, т. е. негативным действием нейтронного излучения здесь также можно пренебречь.

Последнее в полной мере относится и к иным ИИ, имеющим корпускулярный характер, таким как альфа и бета-излучения.

Если же рассматривать воздействие на противопожарные РТК ИИ волнового характера, то в этом случае будет иметь место обратная картина. Так, гамма-излучение полностью блокирует прохождение радиосигнала, оптимального по своей частоте для передачи информации, обеспечивающей устойчивое управление РТК.

Кроме того, указанный вид ИИ приводит к выходу из строя деталей элементной базы системы управления комплексом, т.к. при этом происходит либо накопление заряда, на полупроводниковых материалах, где этого не должно быть, либо, наоборот, стекание заряда. Кроме того, при воздействии гамма-излучения, когда, в частности, энергия излучения расходуется на смещение атомов облучаемого вещества, имеют место возникновение структурных дефектов решетки у керамических материалов и, как следствие, деградация их свойств. Технические решения по предотвращению этого явления в настоящее время, к сожалению, далеки от совершенства и позволяют лишь отсрочить наступление такого события, как отказ полупроводников.

Проблема защиты изделий электронной техники от воздействия радиации особо остро встала перед наукой и техникой в ходе ликвидации последствий Чернобыльской катастрофы, где имело место первое научно обоснованное использование РТК (рис. 1) [11–14]. К сожалению, эта проблема в полном объеме не решена и в настоящее время. То же в полной мере относится и к зарубежным исследованиям в указанной сфере.



*Рисунок 1. Телеуправляемый робот СТР-1 за работой по удалению радиоактивного графита на крыше машинного зала четвёртого энергоблока ЧАЭС (фото из открытых источников)*

Так, обращаясь к различным видам ИИ, можно говорить, что наибольшую опасность в рассматриваемом техногенном происшествии будут иметь излучения волновой природы, в частности гамма-излучение. Гамма-излучение – это коротковолновое электромагнитное излучение с длиной волны менее 1 нм, что соответствует энергии фотона около 1 кэВ. Последнее может объяснить проявление у указанного вида ИИ отдельных корпускулярных свойств.

Гамма-лучи вне земной атмосферы могут распространяться на астрономические расстояния, в пределах атмосферы Земли расстояние, которое данные лучи могут преодолеть, составляет несколько километров. Учитывая опыт ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС, когда в зоне аварийных работ, выполняемых на высотах до 100 метров, имело место наличие мощных источников гамма-излучения, стоит отметить, что дальность опасного для рассматриваемых технических средств действия этого вида излучения с гарантированным выходом из строя их системы управления не превышала 50 метров. Несмотря на то, что радиационная катастрофа на японской АЭС «Фукусима-1» произошла почти на 25 лет

позднее Чернобыльской и развитие полупроводниковой техники за этот период было значительным, но при воздействии источников гамма-излучения мощностью 30 МэВ, РТК, находящиеся на расстоянии менее 50 метров от указанных источников, гарантированно выходили из строя в течение времени от нескольких десятков минут до нескольких суток. Последнее обстоятельство в полной мере не может устраивать ни заказчиков, ни разработчиков РТК, относящихся к дорогостоящим изделиям.

Указанный показатель – 50 метров в полной мере можно отнести к условию устойчивой работы устройств передачи и получения радио- и видеосигнала из состава противопожарных РТК.

Таким образом, обращаясь ко второй целевой задаче, при рассмотрении имеющихся в МЧС России образцов РТК, предназначенных для пожаротушения, можно заключить, что основным критерием оценки указанных технических средств стала возможность тушения ими огня в ЗРЗ на расстоянии не менее чем 50 метров до источника ИИ.

Обобщение и анализ материалов, связанных с чернобыльским опытом примене-

ния РТК, свидетельствуют о том, что большая часть использовавшихся в тех условиях комплексов по своим техническим возможностям не отвечала поставленным задачам по целому ряду таких критериев, как, например, управляемость, надежность, стойкость к воздействию негативных разрушительных факторов и т. д. Если рассматривать эффективность лучших РТК, с помощью которых проводились специальные работы в зоне ЧАЭС, то этот важный показатель по вероятности выполнения операций не достиг значения 0,6 [15].

Использовавшаяся в последующие годы робототехника при ликвидации различных чрезвычайных ситуаций показала более высокую эффективность за счет повышенной оперативно-технической подготовленности и улучшенных ТТХ, в первую очередь мобильности и надежности. Эффективность применения РТК при ликвидации радиационной аварии в г. Сарове по вероятности выполнения задачи составила уже около 0,7 [16], что можно понимать как достаточно значимое достижение в развитии рассматриваемой номенклатуры технических средств.

Разработанные в середине 90-х гг. XX в. отечественные РТК и поступившие на оснащение аварийно-спасательных подразделений МЧС России зарубежные изделия хотя и имели по сравнению с РТК первого поколения заметные преимущества по ряду свойств (мобильность, надежность, дальность управления, автономность), но в целом не полностью соответствовали требованиям ведения аварийно-восстановительных и других работ в условиях ЧС. Указанное несоответствие, исходя из опыта применения РТК, сводилось к следующему:

недостаточная мобильность в зонах ЧС, обусловленная ограниченными проходимостью и скоростью маневрирования и, что немаловажно, дефицитом видеоинформации о месте и процессе работ;

недостаточная производительность из-за низкой скорости поиска источников

ЧС, отсутствия необходимого для данной ситуации технологического оснащения (рабочего оборудования, измерительного инструмента, выносных телекамер высокой четкости и др.);

недостаточная надежность по причине нестойкости к воздействию ионизирующих излучений телекамер и других элементов систем управления, а также относительно низкого уровня безотказности роботов в целом.

В целом опыт применения наземных РТК в рассмотренных случаях и возможность их использования в различных чрезвычайных ситуациях и опасных зонах свидетельствуют о потребности в мобильных робототехнических комплексах всех классов и типов [15].

Так в рамках решения задачи по пожаротушению в ЗРЗ были созданы и находят применение такие противопожарные РТК, как МРУП 112 ВР, «ЕЛЬ-4», «ЕЛЬ-10» и многие другие, но в настоящей статье авторами будут оценены только указанные. Все эти изделия являются средствами разных классов, поэтому в представляемом исследовании в интересах объективности не рассматриваются отдельные технические характеристики, имеющие значительное расхождение в цифровых показателях, например, объем возимого запаса воды для тушения пожара или использование воды из внешних источников, наличие или отсутствие инженерного вооружения и т. д. Определяющим критерием оценки возможности применения РТК при борьбе с пожарами в ЗРЗ, как уже было указано ранее, будет приниматься такой показатель, как дальность действия водяной пушки при подаче воды и пены.

В качестве первого образца будет рассматриваться мобильная радиоуправляемая установка пожаротушения МРУП 112 ВР (рис. 2). Этот РТК представляет собой самоходное транспортное средство и содержит установленные на ходовую часть корпус, на котором смонтированы бортовая система дистанционного управления

и радиотелеметрии, система пожаротушения, бортовая система видеонаблюдения,

а также лафетный пожарный ствол с дистанционным управлением.



Рисунок 2. Мобильная радиоуправляемая установка пожаротушения МРУП 112 ВР (фото авторов и фото из открытых источников)

Видеосистема данного РТК имеет в своем составе две водонепроницаемые телекамеры высокого разрешения с инфракрасной подсветкой. Установка дистанционно управляется с расстояния более 200 метров.

Данное техническое средство при пожаротушении может использовать водяную струю на дальности в 45, а пенную – на 15 метров. Малые габариты (длина – 85, а высота – 59 см) позволяют применять данный РТК, по утверждению разработчиков, в труднодоступных местах.

В то же время данный РТК имеет целый ряд недостатков, обнаруженных при практической работе с изделием специалистами Специализированной пожарно-спасательной части ФПС ГПС Главного управления МЧС России по Свердловской области.

Так, МРУП 112 ВР имеет в своей конструкции башню-надстройку над корпусом, выполненную из пластика. Данная надстройка является базой для лафетного ствола, формирующего струю воды или пены, кроме того, во внутреннем объеме надстройки размещаются провода электро-

проводки, передающей сигнал для управления гидравлической системой и видеокамерами РТК.

Воздействие высоких температур в условиях пожара, по мнению специалистов, может привести к деструкции пластика, что приведет к разрушению указанной надстройки, обуславливающей невозможность проведения пожаротушения и потерю управления установкой.

Кроме того, ходовая часть МРУП 112 ВР имеет колесное исполнение, что также негативно сказывается на маневренности установки. Так, к примеру, РТК не может преодолеть подъем даже в две ступеньки. При этом установка позиционируется разработчиками как устройство, способное действовать именно в труднодоступных местах, что в полной мере коррелируется с ее габаритными размерами. Помимо этого, РТК не может устойчиво двигаться в условиях пересеченной местности или вязкого грунта, например, при распутице. Также установка не может устойчиво передвигаться и при работе с более чем двумя рукавами диаметром 66 мм.

Продолжая рассматривать недостатки РТК МРУП 112 ВР, стоит отметить,

конструкционные материалы, из которых изготовлена червячная передача, посредством которой осуществляется движение башни-надстройки с лафетным стволом, имеют ненадлежащее качество. Указанная передача практически сразу после начала эксплуатации вышла из строя по причине разрушения штифта крепления червяка.

Кроме этого, РТК имеет достаточно сложное управление (рис. 3). Выполняя

действия с джойстиком управления лафетом при подаче струи, одновременно оператору при осуществлении перемещения установки также приходится работать еще двумя дополнительными джойстиками, т. к. повороты РТК в ходе его движения осуществляются при работе двух электродвигателей, передающих усилия на две полуоси с левой и правой сторон корпуса.



*Рисунок 3. Пульта управления радиоуправляемой установки пожаротушения МРУП 112 ВР (фото авторов)*

Помимо этого, две видеокамеры РТК расположены на одном уровне, разнесение этих устройств на разные уровни могло бы существенно повысить обзор для оператора при управлении устройством. Также отмечается проблемная составляющая транспортировки установки к месту пожара.

Рассматривая критерий оценки работы в условиях ЗРЗ с мощными источниками ИИ, определяемый как возможность пожаротушения при удалении 50 метров и выше от этих источников, то возвращаясь к техническим характеристикам данной

установки, можно с высокой долей вероятности предположить, что при воздействии источника мощностью 30 МэВ за счет утраты сигналов управления, а также деструкции материала башни-надстройки с последствиями, описанными выше, установка проводить пожаротушение не сможет.

Противопожарный РТК «ЕЛЬ-4» (рис. 4) является комплексом пожаротушения среднего класса. Комплекс предназначен для разведки, разборки завалов, спасательных работ и тушения огня в условиях

современных техногенных аварий, которые в том числе могут сопровождаться повышенным уровнем радиации.



*Рисунок 4. Робототехнический комплекс «ЕЛЬ-4» при тушении лесного пожара (фото из открытых источников)*

В качестве инженерного вооружения у РТК применяется комбинированный бульдозерный нож с гидравлическим схватом и трехзвенная рука-манипулятор, которая смонтирована в передней части комплекса. Важно отметить, что при проектировании данного манипулятора был предложен ряд новых конструкторских, не имеющих аналогов решений, позволяющих более функционально действовать указанным приспособлением.

Управление РТК выполняется по радиосигналу на расстоянии до 2000 м. Это расстояние из опыта работ в данном направлении считается оптимальным и достаточным при тушении пожаров. Дальность действия водяной пушки при подаче на пламя воды составляет 70, а пены – 50 метров.

Противопожарный РТК «ЕЛЬ-10» (рис. 5) также, как и ранее указанные комплексы, предназначен для работы в зонах повышенной опасности.

Комплекс выполняет разведку, разборку завалов, спасательные работы и, в частности, тушение огня в условиях радиационного заражения местности. Управление РТК реализуется с помощью радиосигнала от машины управления, которая может находиться на удалении от данного комплекса до 1500 м. Дальность действия водяной пушки при подаче на пламя воды составляет 90, а пены 70 метров.

Успешное применение комплексов «ЕЛЬ-4» и «ЕЛЬ-10» имело место при борьбе с крупными пожарами в санитарно-защитной зоне Российского федерального ядерного центра – Всероссийского научно-исследовательского института экспериментальной физики (г. Саров) [17], входящего в Перечень организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты [1].

Таким образом, из анализа представленной технической информации следует,

что РТК «ЕЛЬ-4» и «ЕЛЬ-10» в полной мере могут быть использованы как средства пожаротушения при авариях на РОО, приведших к образованию ЗРЗ с присутствием на ней мощных источников ИИ.

В то же время технические решения, реализованные на установке пожаротушения МРУП 112 ВР, ставят под сомнение возможность ее использования в ЗРЗ, образованной мощными источниками гамма-излучения.



*Рисунок 5. Робототехнический комплекс «ЕЛЬ-10»  
(фото из открытых источников)*

Для решения проблемы, связанной с возможностью использования РТК МРУП 112 ВР при пожаротушении в ЗРЗ следует пересмотреть ее конструкцию с заменой отдельных конструкционных материалов, используемых при производстве указанного технического средства пожаротушения.

В заключении представляется возможным сделать следующие выводы:

1. В настоящее время в силу объективных причин на территории Российской Федерации сохраняются достаточно высокие риски возникновения радиационных аварий и катастроф. Подобные аварии и катастрофы с высокой вероятностью могут сопровождаться пожарами, при этом приступать к реализации целого ряда мероприятий по ликвидации последствий данных чрезвычайных ситуаций представляется возможным только после завершения пожаротушения.

2. Применение робототехнических комплексов при борьбе с огнем в зонах радиоактивного заражения позволяет полностью исключить негативное воздействие радиации на сотрудников МЧС России, участвующих в пожаротушении в указанных зонах.

3. Противопожарные робототехнические комплексы, являясь эффективными средствами пожаротушения, при определенных условиях и обстоятельствах могут не выполнить поставленные задачи в случае выхода из строя устройств передачи и получения радио- и видеосигнала, а также полупроводниковых деталей, входящих в систему управления данных комплексов. С целью исключения отказов эксплуатация робототехнических комплексов возможна только на определенном удалении от мощных источников ионизирующих излучений.

4. В настоящее время в распоряжении специализированных частей МЧС России имеются технические средства, способные эффективно бороться с огнём в зонах радиоактивного заражения, данным изделям, в частности, относятся комплексы

«ЕЛЬ-4» и «ЕЛЬ-10». Мобильная радиоуправляемая установка пожаротушения МРУП 112 ВР нуждается в определённых конструктивных доработках, в полной мере учитывающих опасности, исходящие от мощных источников ионизирующих излучений.

#### Литература

1. Перечень организаций, эксплуатирующих особо радиационно опасные и ядерно опасные производства и объекты (с изм. на 24 июня 2022 г.), утв. Распоряжением Правительства Российской Федерации от 14.09.2009 № 1311-р.
2. Владимиров В. А., Измалков В. И., Измалков А. В. Радиационная и химическая безопасность населения. М., 2005. 544 с.
3. Вишняков А. В., Мураев Н. П. Отдельные вопросы в области радиационной безопасности, решаемые в ходе исследований в Уральском институте ГПС МЧС России // Сб. материалов XVII Междунар. науч.-практ. конф. «Пожарная и аварийная безопасность». Иваново, 2022. С. 684–688.
4. РБК: Минобороны привело силы в готовность из-за «провокации с «грязной бомбой». URL: <https://www.rbc.ru/politics/24/10/2022/635673a49a79475581b62249> (дата обращения: 29.12.2022).
5. Логинов В. В. и др. Формирование перспективного технического облика робототехники, предназначенной для проведения аварийно-спасательных работ // Техносферная безопасность. 2022. № 4. С. 153–160.
6. Коршунов Ф. П., Богатырев Ю. В., Вавилов В. А. Воздействие радиации на интегральные микросхемы. Минск, 1986. 234 с.
7. Сидоров Н. Н., Князев В. К. Радиационная стойкость материалов радиотехнических конструкций. М., 1986. 590 с.
8. Безродных И. П., Тютнев А. П., Семенов В. Т. Радиационные эффекты в космосе. Ч. 3. Влияние ионизирующего излучения на изделия электронной техники. М., 2017. 64 с.
9. Вологдин Э. Н., Лысенко А. П. Радиационные эффекты в некоторых классах полупроводниковых приборов. М., 2001. 70 с.
10. Харламов М. С. и др. Деградиационные процессы устройств микросистемной техники // Ракетно-космическое приборостроение и информационные системы. 2018. № 3. С. 87–96.
11. Горбань Ю. И., Синельникова Е. А. Автоматические установки пожаротушения на базе роботизированных пожарных комплексов АУП РПК для защиты машинных залов АЭС, ТЭЦ и ГЭС // Пожарная безопасность. 2012. № 3. С. 136–142.
12. Шишкин П. Л., Вишняков А. В., Иванов Е. В. Опыт применения группировки сил гражданской обороны в ходе противоаварийных учений на Белоярской АЭС. Использование материалов учений в образовательном процессе // Техносферная безопасность. 2016. № 4. С. 3–10.
13. Сарипов И. М., Носков С. С. Применение робототехнических средств при ликвидации последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Применение робототехнических комплексов специального назначения: сборник трудов XXVIII Междунар. науч.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». Новгород, 2018. С. 80–87.
14. Шобохов М. В., Гудошников А. А. Применение робототехнических комплексов при ликвидации чрезвычайных ситуаций на атомных электростанциях // Применение робототехнических комплексов специального назначения: сборник трудов XXXII Междунар. науч.-практ. конф. «Предотвращение. Спасение. Помощь». Новгород, 2022. С. 182–185.
15. Годосейчук С. П., Самойлов К. И., Климачева Н. Г. Эффективность применения и перспективы развития наземных робототехнических средств // Технология гражданской безопасности. 2006. № 1 (7). С. 61–65.
16. Грязнов С. Н., Малышев В. П. Обоснование предложений по дальнейшему развитию системы технического оснащения спасательных сил МЧС России на долгосрочный период // Стратегия гражданской защиты: проблемы и исследования. 2015. № 1. С. 34–50.
17. ИНТЕРФАКС-ПОВОЛЖЬЕ: Лес в Сарове тушат робототехнические комплексы, обстановка остается сложной. URL: <https://www.interfax-russia.ru/volga/news/les-v-sarove-tushat-robototekhnicheskie-kompleksy-obstanovka-ostaetsya-slozhnoy> (дата обращения: 30.12.2022).

#### References

1. Perechen' organizacij, ekspluatiruyushchih osobo radiacionno opasnye i yaderno opasnye proizvodstva i ob"ekty (s izm. na 24 iyunya 2022 g.), utverzhdyonnyj Rasporyazheniem Pravitel'stva Rossijskoj Federacii ot 14.09.2009 № 1311-р.
2. Vladimirov V. A., Izmailov V. I., Izmailov A. V. Radiacionnaya i himicheskaya bezopasnost' naseleniya. M., 2005. 544 s.
3. Vishnyakov A. V., Muraev N. P. Otdel'nye voprosy v oblasti radiacionnoj bezopasnosti, reshaemye v hode issledovanij v Ural'skom institute GPS MCHS Rossii // Sbornik materialov XVII mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Pozharnaya i avarijnaya bezopasnost'». Ivanovo, 2022. S. 684–688.
4. RBK: Minoborony privelo sily v gotovnost' iz-za «provokacii s «gryaznoj bomboj». URL: <https://www.rbc.ru/politics/24/10/2022/635673a49a79475581b62249> (data obrashcheniya: 29.12.2022).
5. Loginov V. V. i dr. Formirovanie perspektivnogo tekhnicheskogo oblika robototekhniki, prednaznachennoj dlya provedeniya avarijno-spatatel'nyh rabot // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2022. № 4. S. 153–160.
6. Korshunov F. P., Bogatyryov YU. V., Vavilov V. A. Vozdejstvie radiacii na integral'nye mikroskhemy. Minsk, 1986. 234 s.
7. Sidorov N. N., Knyazev V. K. Radiacionnaya stojkost' materialov radiotekhnicheskikh konstrukcij. M., 1986. 590 s.
8. Bezrodnih I. P., Tyutnev A. P., Semyonov V. T. Radiacionnye efekty v kosmose. CH. 3. Vliyanie ioniziruyushchego izlucheniya na izdeliya elektronnoj tekhniki. M., 2017. 64 s.
9. Vologdin E. N., Lysenko A. P. Radiacionnye efekty v nekotoryh klassah poluprovodnikovyh priborov. M., 2001. 70 s.
10. Harlamov M. S. i dr. Degradacionnye processy ustrojstv mikrosistemnoj tekhniki // Raketno-kosmicheskoe priborostroenie i informacionnye sistemy. 2018. № 3. S. 87–96.
11. Gorban' YU. I., Sinel'nikova E. A. Avtomaticheskie ustanovki pozharotusheniya na baze robotizirovannyh pozharnyh kompleksov AUP RPK dlya zashchity mashinnyh zalov AES, TEC i GES // Pozharnaya bezopasnost'. 2012. № 3. S. 136–142.
12. SHishkin P. L., Vishnyakov A. V., Ivanov E. V. Opyt primeneniya gruppirovki sil grazhdanskoj oborony v hode protivooavarijnnyh uchenij na Beloyarskoj AES. Ispolzovanie materialov uchenij v obrazovatel'nom processe // Tekhnosfernaya bezopasnost'. 2016. № 4. S. 3–10.
13. Saripov I. M., Noskov S. S. Primenenie robototekhnicheskikh sredstv pri likvidacii posledstvij avarii na CHernobyl'skoj AES // Primenenie robototekhnicheskikh kompleksov special'nogo naznacheniya. Sbornik trudov HKHVIII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii. «Predotvrashchenie. Spasenie. Pomoshch'». Novogorsk, 2018. S. 80–87.
14. Shobohov M. V., Gudoshnikov A. A. Primenenie robototekhnicheskikh kompleksov pri likvidacii chrezvyčajnyh situacij na atomnyh elektrostanciyah // Primenenie robototekhnicheskikh kompleksov special'nogo naznacheniya. Sbornik trudov HKHXII Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoj konferencii «Predotvrashchenie. Spasenie. Pomoshch'». Novogorsk, 2022. S. 182–185.
15. Todosejchuk S. P., Samojlov K. I., Klimacheva N. G. Effektivnost' primeneniya i perspektivy razvitiya nazemnyh robototekhnicheskikh sredstv // Tekhnologiya grazhdanskoj bezopasnosti, 2006. № 1 (7). S. 61–65.
16. Gryaznov S. N., Malyshev V. P. Obosnovanie predlozhenij po dal'nejshemu razvitiyu sistemy tekhnicheskogo osnashcheniya spatatel'nyh sil MCHS Rossii na dolgosrochnyj period // Strategiya grazhdanskoj zashchity: problemy i issledovaniya. 2015. № 1. S. 34–50.
17. INTERFAKS-POVOLZHE: Les v Sarove tushat robototekhnicheskije komplekisy, obstanovka ostaetsya slozhnoj. URL: <https://www.interfax-russia.ru/volga/news/les-v-sarove-tushat-robototekhnicheskije-komplekisy-obstanovka-ostaetsya-slozhnoj> (data obrashcheniya: 30.12.2022).