

УДК 614.842.657

doi: 10.37657/vniipo.avpb.2022.78.22.001

## ПОДХОДЫ К ТАКТИКЕ ПРИМЕНЕНИЯ НАЗЕМНЫХ МОБИЛЬНЫХ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ КОМПЛЕКСОВ ДЛЯ ТУШЕНИЯ ПОЖАРОВ

*Вадим Витальевич Зыков, Андрей Николаевич Гладких, Николай Юрьевич Пивоваров, Алексей Николаевич Петухов*

Всероссийский ордена “Знак Почета” научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

**Аннотация.** В статье рассмотрены вопросы тактического обеспечения действий оперативных должностных лиц на пожаре с применением робототехнических комплексов. Определены типовые задачи, функции и условия для обоснования выбора тактики применения робототехнического комплекса при тушении пожаров. Обоснована необходимость разработки и совершенствования существующих тактических подходов к применению робототехнических комплексов пожарно-спасательными подразделениями. На основе анализа и путем разработки документов предварительного планирования действий пожарно-спасательных подразделений может быть сформирован перечень сценариев применения робототехнических комплексов на тех объектах защиты, охрану от пожаров которых осуществляют подразделения, оснащенные соответствующими робототехническими комплексами.

**Ключевые слова:** робототехнический комплекс, тактические возможности, тактика, тушение пожаров, аварийно-спасательные работы

**Для цитирования:** Зыков В.В., Гладких А.Н., Пивоваров Н.Ю., Петухов А.Н. Подходы к тактике применения наземных мобильных робототехнических комплексов для тушения пожаров // Актуальные вопросы пожарной безопасности. 2022. № 2 (12). С. 6–16. <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2022.78.22.001>.

### APPROACHES TO THE TACTICS OF USING GROUND MOBILE ROBOTIC SYSTEMS FOR FIRE EXTINGUISHING

*Vadim V. Zykov, Andrey N. Gladkikh, Nikolay Yu. Pivovarov, Alexey N. Petukhov*

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.

**Abstract.** The article deals with the issues of tactical support of the operating official actions in a fire with the use of robotic systems. There are defined routine tasks, functions and conditions for justifying the choice of a robotic complex usage tactics in fire extinguishing. The necessity of developing and improving existing tactical approaches to the robotic complexes using by fire and rescue units is substantiated. The list of scenarios for the robotic complexes use can be formed on the basis of analysis and by developing documents for preliminary planning of fire and rescue unit actions of those objects of protection, fire protection of which is carried out by units equipped with appropriate robotic complexes.

**Keywords:** robotic complex, tactical capabilities, tactics, fire extinguishing, emergency rescue operations

**For citation:** Zikov V.V., Gladkikh A.N., Pivovarov N.Yu., Petukhov A.N. Approaches to the tactics of using ground mobile robotic systems for fire extinguishing // Current Fire Safety Issues. 2022:(2):6-16. <https://doi.org/10.37657/vniipo.avpb.2022.78.22.001>.

Стремительное развитие техники и технологий в 21 веке оказывает значительное влияние на все стороны человеческой деятельности. И в России, и за рубежом практически во всех отраслях экономики производственные мощности и цепочки технологических процессов автоматизируются, на сложных, опасных, трудозатратных и требующих выполнения большого количества операций в единицу времени с высокой точностью участках на смену человеку приходят автоматизированные технические системы с заданным алгоритмом работы. Происходит технологическая трансформация общества: большая в процентном соотношении часть профессий сферы обслуживания, не требующая непосредственного участия человека в предоставлении услуги, заменяется компьютерными технологиями, голосовыми помощниками, цифровыми сервисами самообслуживания посредством сети Internet.

В системе МЧС России происходят аналогичные процессы. Практически все направления деятельности, находящиеся в оперативном подчинении и курируемые спасательной службой, относятся к опасным и сопряжены с риском для жизни сотрудников и работников, непосредственно участвующих в выполнении задач по предназначению.

Федеральная противопожарная служба МЧС России является одной из самых востребованных и опасных в нашей стране. По статистике [1] в России ежегодно происходит большое количество пожаров различной степени сложности с людскими потерями и материальным ущербом. Риск гибели и травмирования сотрудников при выполнении ими действий по тушению пожаров (далее – ТП) и проведению аварийно-спасательных работ (далее – ПАСР) на опасных объектах [2–4] в современных реалиях требует принятия решений по замещению личного состава подразделений на высокотехнологичные технические средства, способные по своим тактико-техническим характеристикам выполнять действия по ТП и ПАСР, исключая при этом риски травмирования и гибели личного состава. Таким решением является применение наземных мобильных робототехнических комплексов (РТК) при ведении действий по ТП.

Опасные участки характеризуются параметрами, оказывающими губительное воздействие на людей, в зависимости от проявления опасных факторов пожара (ОФП).

К ОФП, воздействующим на людей и имущество, относятся:

- 1) пламя и искры;
- 2) тепловой поток;
- 3) повышенная температура окружающей среды;
- 4) повышенная концентрация токсичных продуктов горения и термического разложения;
- 5) пониженная концентрация кислорода;
- 6) снижение видимости в дыму.

К сопутствующим проявлениям ОФП относятся:

1) осколки, части разрушившихся зданий, сооружений, транспортных средств, технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

2) радиоактивные и токсичные вещества и материалы, попавшие в окружающую среду из разрушенных технологических установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

3) вынос высокого напряжения на токопроводящие части технологических

установок, оборудования, агрегатов, изделий и иного имущества;

4) опасные факторы взрыва, происшедшего вследствие пожара;

5) воздействие огнетушащих веществ [5].

На основании этих параметров формируются общие технические требования к конструкции мобильных РТК, которые в соответствии с назначением должны обеспечивать выполнение работ на опасных участках с учетом воздействия одного или нескольких ОФП.

РТК при ТП (ликвидации ЧС) должны использоваться для выполнения следующих типовых задач:

1) разведки (диагностики) опасных зон пожара (аварийных объектов);

2) локализации и ликвидации пожара, подавления источника аварии (ЧС);

3) сборки и разборки конструкций на аварийном объекте;

4) транспортирования, погрузки и разгрузки опасных предметов, материалов и объектов эвакуации;

5) очистки территории опасных зон и аварийных объектов от загрязняющих веществ, переработки опасных материалов.

Дополнительными задачами могут являться:

- поиск людей в зоне пожара и их последующая эвакуация;

- мониторинг и обследование аварийных зон средствами визуального контроля, радиационно-химического контроля;

- определение местоположения объектов и состояния технологического оборудования в зоне аварии;

- выявление мест и характера повреждений аварийного оборудования;

- проведение погрузочно-разгрузочных и транспортных работ по доставке технических средств, оборудования и материалов в зону пожара;

- проведение инженерных работ по расчистке завалов и разборке аварийных конструкций, сбор и транспортировка опасных объектов в район их утилизации;

- расширение спектра манипуляционных технологических работ по монтажу и демонтажу оборудования, нанесению и удалению покрытий, контейнеризованию опасных отходов и веществ, сварке и резке металлоконструкций, сверлению, бурению, разборке строительных конструкций, вскрытию дверей и люков;

- выполнение задач по дезактивации местности, строений и оборудования.

Для выполнения этих задач при ТП на различных объектах конструкция наземного мобильного РТК должна обеспечивать выполнение ряда функций, обеспечивающих ТП, а именно:

- проведение разведки и мониторинг обстановки на пожаре;

- поиск скрытых очагов горения;

- подача огнетушащих веществ в очаг пожара;

- подача огнетушащих веществ на защиту строительных конструкций и оборудования;

- ТП электрооборудования под напряжением;

- ТП в замкнутых объемах;

- подача огнетушащих веществ через оградительные конструкции для ТП в случае, если невозможно подобраться к очагу пожара;

- проведение дополнительных работ в виде резки, разборки и транспортировки строительных конструкций.

РТК соответствующего класса и типа должны отвечать целесообразному комплексу условий применимости, включающему вид опасного участка, характер рабочего пространства, набор выполняемых типовых функций [6, 7].

Исходя из возможных сценариев проявления различных ОФП [5] на конкретном объекте руководитель тушения пожара (РТП) принимает решение о замене личного состава на опасных участках и необходимости применения РТК

для проведения разведки пожара, тем самым повышая его защищенность и обеспечивая выполнение мероприятий по охране труда [8].

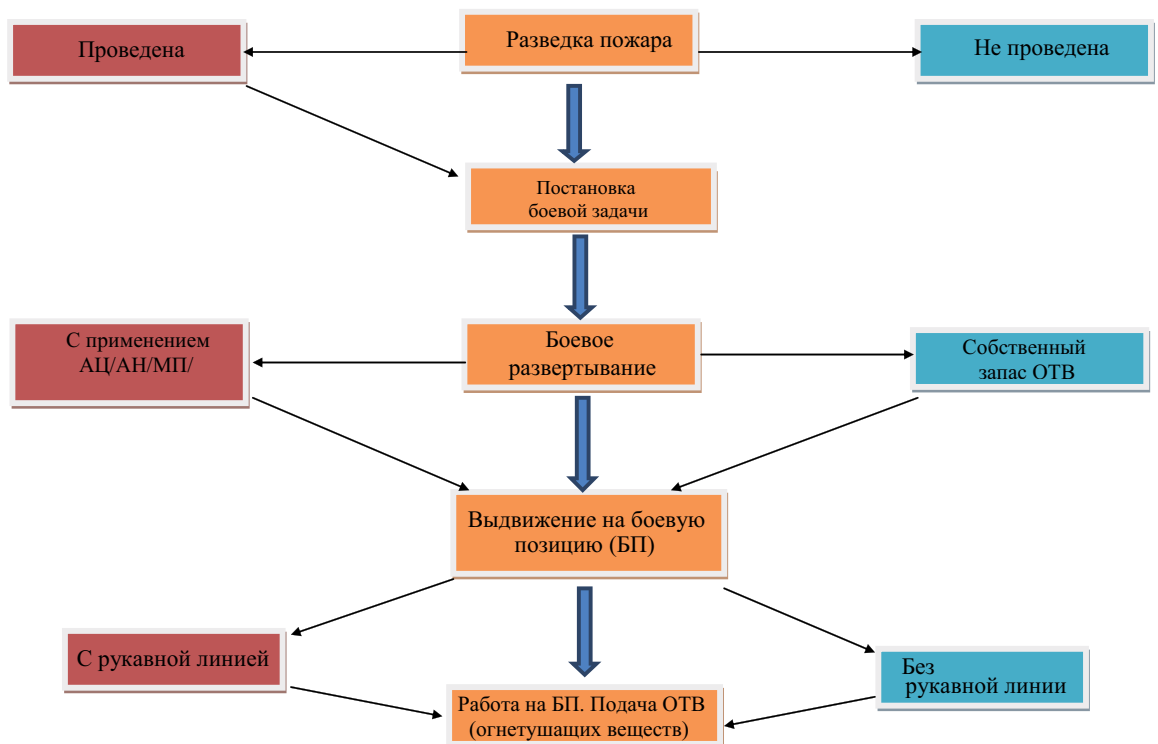
Анализ имеющихся информационных материалов по разработке тактических приемов и сценариев применения РТК показал, что методических рекомендаций по тактическим приемам для наземных РТК в системе МЧС России недостаточно. При создании новых РТК оценка эффективности их применения практически не производится, а совершенствование возможностей осуществляется, прежде всего, за счет улучшения отдельных показателей. Таким образом, использование РТК на пожарах ведет к необходимости разработки новых и совершенствованию существующих тактических подходов к управлению пожарно-спасательными подразделениями.

Рассмотрим тактику и порядок действий РТП при использовании РТК. РТК по своему назначению могут выполнять различные функции на каждом этапе боевых действий по ТП, проводимых на месте пожара, начиная с разведки и заканчивая ликвидацией горения и ПАСР, связанных с ТП и других неотложных работ [9].

Действия по применению РТК подразделяются на следующие этапы:

1. Проведение разведки.
2. Оценка обстановки, принятие решения.
3. Определение маршрутов движения РТК, отработка тактики действий пожарных РТК и организации взаимодействия с расчетами аварийно-спасательных РТК.
4. Техническая адаптация РТК.
5. Проведение инженерных работ.
6. Вывод РТК на установленные позиции.
7. Локализация и ликвидация пожара.
8. Сбор и вывоз радиоактивных (химически опасных) веществ и материалов.
9. Вывод РТК из опасной зоны. Проведение дезактивации.

На рис. 1 приведен типовой сценарий применения наземного РТК для ТП [10–13].



**Рис. 1. Типовой сценарий применения наземного (колесный / гусеничный) РТК для тушения пожаров**

Разведка пожара с использованием РТК должна установить:

- наличие и характер угрозы людям, их местонахождение, пути, способы и средства спасения (защиты) людей, а также необходимость защиты (эвакуации) имущества;
- объект пожара, место и размер пожара (площадь, объем), пути распространения огня;
- возможность использования технических систем (видеонаблюдения, пожарной автоматики) объекта для детального установления очага пожара РТК;
- возможные пути и направления ввода РТК для проведения боевых действий по ТП;
- опасность взрыва, радиоактивного заражения, отравления, обрушения, наличие легковоспламеняющихся и взрывчатых веществ на объекте;
- наличие и возможность вторичных проявлений ОФП, в том числе обусловленных особенностями технологических процессов на объекте;
- необходимость эвакуации имущества и материальных ценностей, а также возможность их защиты от ОФП непосредственно на объекте;
- наличие и возможность использования систем и средств противопожарной защиты объекта совместно с РТК;
- местонахождение ближайших водоисточников и возможные способы их использования совместно с применением РТК;
- наличие электроустановок под напряжением, способы и целесообразность их отключения;
- состояние и поведение строительных конструкций здания (сооружения), необходимость и места их вскрытия и разборки с использованием РТК;
- иные данные, необходимые для выбора типа РТК и решающего направления ввода РТК на ТП.

При проведении разведки оператор, управляющий РТК, должен выбирать наиболее оптимальные пути следования к очагу пожара. За счет наличия системы технического зрения, а также при помощи систем видеонаблюдения объекта и систем пожарной автоматики область поиска очага должна быть максимально сужена. Зная место очага пожара, разведку при помощи РТК целесообразно проводить с собранной рукавной линией, чтобы при обнаружении очага осуществить подачу огнетушащих веществ в требуемом количестве. На рис. 2 приведены критерии выбора тактики применения (способов и приемов решения задач) с помощью РТК [10–13].

Постановка боевой задачи тактического применения РТК включает в себя:

- а) общую оценку обстановку на пожаре, степень угрозы воздействия опасных факторов пожара на соседние объекты, экологическое загрязнение и прогноз развития пожара на протяжении периода времени, необходимого для доставки РТК к месту пожара;
- б) определение рациональных условий применения РТК по результатам анализа тактических возможностей РТК и технических средств, сосредоточенных на месте пожара, а также других доступных средств пожаротушения;
- в) постановку задач для РТК на основе оценки складывающейся обстановки и тактических возможностей РТК;
- г) определение набора типовых тактических приемов действий РТК для всех участков работ, а также определение порядка действий в случае потери управления РТК и возникновения непредвиденных ситуаций.

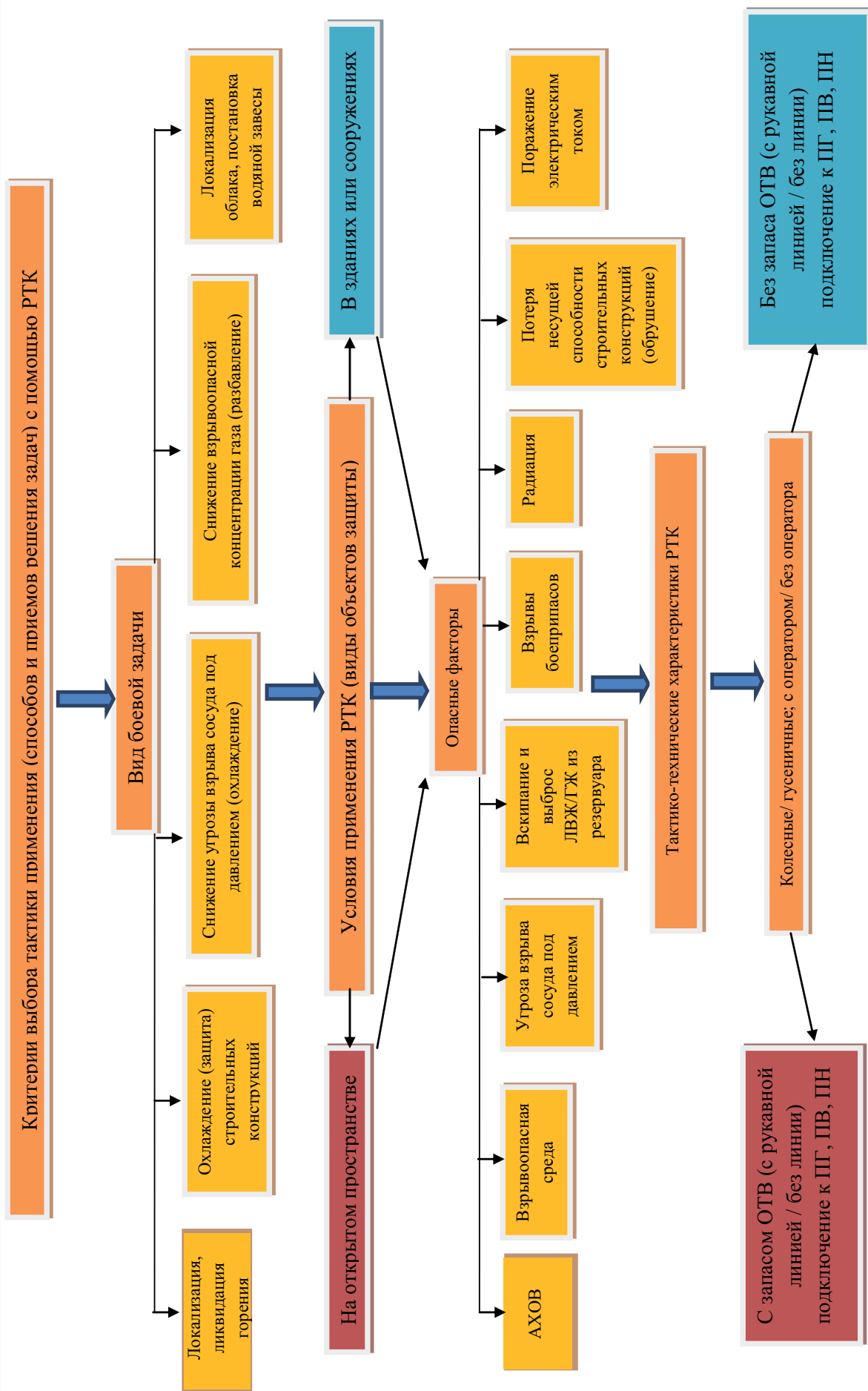


Рис. 2. Факторы, влияющие на выбор тактики применения РТК

Примечание. ПГ – пожарный гидрант; ПВ – пожарный водоем; ПН – пожарный насос.

В соответствии с типовыми задачами, выполняемыми при проведении пожарно-спасательных операций, РТК должны иметь техническое оснащение, приведенное в таблице [10–13].

### **Типовые задачи при проведении пожарно-спасательных операций с применением РТК и их оснащение**

№ п/п	Виды работ	Наименование задач (работ), которые может выполнять группировка РТК	Оснащение РТК
1	Мониторинг аварийной обстановки	1. Радиационный контроль 2. Химический контроль 3. Разведка пожара 4. Контроль пожарной безопасности	Оборудование для измерения радиационного излучения и химического загрязнения. Тепловизоры, видеокамеры и др. оборудование для поиска и обнаружения очагов пожара
2	Локализация и ликвидация пожара	1. Тушение очагов пожара 2. Прокладка рукавных линий 3. Устройство защитных противопожарных полос 4. Подача огнетушащих веществ 5. Охлаждение зоны горения огнетушащими веществами	Оснащение для прокладки рукавных линий в автоматическом режиме. Комплексное оборудование пожаротушения
3	Проведение специальной обработки	1. Работы по дезактивации 2. Работы по дегазации	Оборудование по дезактивации и дегазации
4	Проведение разградительных работ	1. Разборка завалов конструкций из кирпичных и железобетонных элементов 2. Продельывание проходов в завалах 3. Разборка висячих конструкций	Комплексное инженерное оборудование в составе наземных робототехнических комплексов
5	Проведение поисково-спасательных работ	1. Поддержка поисково-спасательных работ 2. Поиск пострадавших, опасных объектов 3. Эвакуация пострадавших, опасных объектов	Тепловизоры, видеокамеры; манипуляторы с различным числом степеней свободы; электрический и гидравлический инструмент

На этапе выдвижения на боевую позицию должны отрабатываться вопросы тактики ТП и ПАСР при проведении пожарно-спасательных операций с использованием РТК:

- последовательность выполнения всех технических элементов прохождения маршрута, места выполнения необходимых инженерных работ;
- определение и оборудование мест боевых позиций;
- действия операторов РТК при возникновении нештатных ситуаций.

Маршрут движения РТК для их вывода на боевые позиции должен учитывать влияющие факторы местности прохождения маршрута.

Основные тактические свойства местности:

- а) проходимость – способность местности быть преодоленной мобильными техническими средствами в зависимости от дорожного покрытия, наличия технологических аппаратов и коммуникаций, строений и других препятствий;
- б) досягаемость зоны горения для различных приборов подачи огнетушащих средств, в зависимости от расположения позиций ствольщиков;

в) обеспеченность огнетушащими средствами – возможность обеспечения пожарных подразделений огнетушащими веществами и материалами с требуемым расходом и напором;

г) защитные свойства – естественные преграды, искусственные сооружения, технические средства противопожарной защиты, понижающие интенсивность воздействия опасных факторов пожара на людей и пожарную технику;

д) обзор – возможность контролировать развитие пожара и действия пожарных подразделений в районе ТП как непосредственным визуальным наблюдением, так и с помощью специальных технических средств.

Определение маршрутов движения РТК для их вывода на боевые позиции выполняется на основе:

- оперативных данных разведки;
- технических возможностей РТК по прохождению и преодолению препятствий;
- досягаемости по управляемости РТК и возможности подачи огнетушащих веществ по магистральной рукавной линии;
- уровня отрицательного воздействия ионизирующего излучения на оборудование РТК и возможности его измерения;
- обеспечения безопасности операторов.

Конечной целью вывода РТК на боевую позицию является достижение максимальной эффективности применения РТК по ТП и ПАСР.

Локализация и ликвидация пожара

Выполнение задач по локализации и ликвидации пожара определяется возможностями РТК.

Тактические возможности РТК определяются их тактико-техническими характеристиками и являются одним из слагаемых общего объема работ, выполняемых на месте проведения действий по ТП. Тактические возможности РТК складываются из следующих показателей:

- возможная продолжительность времени работы РТК в зоне повышенной опасности;
- возможная площадь ТП;
- возможные объемы ТП;
- схемы подачи огнетушащих веществ.

Согласно работам [14, 15], основными способами прекращения горения веществ и материалов являются:

- охлаждение зоны горения огнетушащими веществами или посредством перемешивания горючего;
- разбавление горючего или окислителя (воздуха) огнетушащими веществами;
- изоляция горючего от зоны горения или окислителя огнетушащими веществами и (или) иными средствами;
- химическое торможение реакции горения огнетушащими веществами.

Выбор подаваемого огнетушащего вещества определяется физико-химическими свойствами горючего, поставленной основной боевой задачей, применяемым способом прекращения горения.

Количество и расход подаваемых огнетушащих веществ, необходимых для выполнения основной задачи, обуславливаются особенностями развития пожара и организации его тушения, тактическими возможностями подразделений пожарной охраны и тактико-техническими характеристиками применяемых РТК.

Для применения РТК должен создаваться отдельный участок ТП и (или) ПАСР.



Применение РТК должно планироваться с составлением необходимых схем и расчетов. Выполнение специальных работ на боевом участке с применением РТК должно быть обеспечено необходимым количеством техники и личного состава.

Участники боевых действий по применению РТК должны быть обеспечены необходимыми средствами индивидуальной защиты, пожарно-техническим и аварийно-спасательным вооружением и оборудованием.

Оперативное должностное лицо на месте пожара указывает операторам РТК и их помощникам:

- действия по применению;
- используемое огнетушащее вещество и способ его подачи для пожарных РТК, сменное оборудование для инженерных РТК;
- маршрут следования;
- позиции; порядок применения РТК.

Оперативное должностное лицо на месте пожара указывает личному составу, выполняющему специальные работы:

- вид, место выполняемых работ и действия по ним;
- источники наружного противопожарного водоснабжения;
- направление, способы прокладки и места присоединения рукавных линий к РТК;
- место установки разветвлений при их применении;
- боевые позиции и условные сигналы для отхода с них;
- необходимое для использования пожарно-техническое, аварийно-спасательное вооружение и оборудование.

Подводя итоги, стоит отметить, что использование РТК при ТП или ПАСР не является панацеей. По статистике [1] в России ежедневно происходят десятки и сотни «рядовых» пожаров, где использование штатного оснащения (пожарной техники и пожарно-технического вооружения) личным составом пожарно-спасательных подразделений наиболее эффективно и оперативно помогает решить основную задачу по спасению людей и имущества, организации и осуществлению ТП и ПАСР. Однако для проведения указанных работ на объектах энергетической промышленности, нефтехимической промышленности, предприятиях газового комплекса, складах боеприпасов и других опасных объектах с наличием взрывчатых веществ, АХОВ, радиоактивных веществ [2–4], представляющих особую опасность для личного состава, необходимо в комплексе с обычными техническими средствами предусматривать применение РТК.

Таким образом, в данной статье рассмотрены вопросы тактического обеспечения действий оперативных должностных лиц на пожаре с применением РТК. Внедрение практического использования РТК на пожарах должно сопровождаться разработкой и совершенствованием существующих тактических подходов к их применению пожарно-спасательными подразделениями, а также разработкой положений методических и нормативных документов по пожарной безопасности.

Наиболее полный перечень вариантов и сценариев применения наземных РТК может быть сформирован на основе анализа и разработки документов предварительного планирования действий пожарно-спасательных подразделений по ТП и ПАСР тех объектов защиты, охрану от пожаров которых осуществляют специальные подразделения ФПС, оснащенные РТК.

## Список литературы

1. Пожары и пожарная безопасность в 2020 году: статист. сб. / П.В. Полевин, М.А. Чебуханов, А.А. Козлов, А.Г. Фирсов, В.И. Сибирко, В.С. Гончаренко, Т.А. Чечетина. Балашиха, 2021.
2. Савчук А.А., Ефименко В.Л. Характеристика энергетических объектов и обстановка на пожаре // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 2 (6). С. 378–385.
3. Таранцев А.А., Шидловский Г.Л., Пивоваров Н.Ю. Оценка экономического ущерба и обоснование риска возникновения крупных пожаров на предприятиях нефтехимической и нефтеперерабатывающей промышленности // Проблемы управления рисками в техносфере. 2016. № 3 (39). С. 38–44.
4. Закономерности возникновения чрезвычайных ситуаций на объектах хранения боеприпасов / В.А. Злобин, И.Т. Севрюков, В.В. Ильин, Н.Н. Кузьмин // Перспективные направления развития артиллерийского вооружения, методов его эксплуатации и ремонта: сб. трудов XV Всерос. науч.-практ. конф. Пермь, 21 мая 2021 года. Пермь: Федеральное государственное казенное военное образовательное учреждение высшего образования «Пермский военный институт войск национальной гвардии Российской Федерации», 2021. С. 33–42.
5. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности [Электронный ресурс]: Федер. закон Рос. Федерации от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ: принят Гос. Думой Федер. Собр. Рос. Федерации 4 июля 2008 г.: одобр. Советом Федерации Федер. Собр. Рос. Федерации 11 июля 2008 г. (в ред. Федер. закона от 30 апр. 2021 г. № 117-ФЗ). Доступ из справ.-правовой системы «Консультант-Плюс».
6. Технологии применения робототехнических средств для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: учеб. пособие / А.В. Матюшин, С.Г. Цариченко, А.А. Порошин, Е.В. Павлов, К.С. Власов, А.Н. Денисов. М.: ВНИИПО, 2016.
7. Применение робототехнических средств для тушения пожаров на объектах энергетики: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Гусев Иван Александрович. М., 2018. 168 с.
8. Об утверждении Правил по охране труда в подразделениях пожарной охраны: приказ Минтруда России от 11.12.2020 № 881н. URL: <http://consultant.ru/document/> (дата обращения: 07.02.2022 г.).
9. Об утверждении Боевого устава подразделений пожарной охраны, определяющего порядок организации тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: приказ МЧС России от 16.10.2017 № 444. URL: <http://consultant.ru/document/> (дата обращения: 07.02.2022 г.).
10. Способ тушения пожара с использованием группировки робототехнических средств / С.Г. Цариченко, С.Е. Симанов, В.Н. Казаков, Е.А. Емельянов, О.П. Гойдин, Д.А. Чижов // Патент на изобретение RU 2680131 С1, 15.02.2019. Заявка № 2018120855 от 05.06.2018.
11. Организация тушения крупных пожаров с совместным использованием робототехнических средств и технологий термовизуального мониторинга / С.Г. Цариченко, Е.В. Павлов, К.С. Власов, А.В. Рожков // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. 2016. № 3. С. 31–36.
12. Власов К.С., Тачков А.А., Данилов М.М. Групповое применение наземных робототехнических комплексов при тушении пожаров в резервуарных парках // Пожарная и техносферная безопасность: проблемы и пути совершенствования. 2020. № 1 (5). С. 131–136.

13. Методические рекомендации по тактике применения наземных робототехнических средств при тушении пожаров / А.В. Матюшин, С.Г. Цариченко, А.А. Порошин и др. // М., 2015.

14. Решетов А.П., Башаричев А.В., Ключ В.В. Пожарная тактика: учеб. пособие; под общ. ред. В.С. Артамонова. СПб.: Санкт-Петербургский Университет ГПС МЧС России, 2011. 324 с.

15. Повзик Я.С. Справочник руководителя тушения пожара. М.: ЗАО «Спецтехника», 2000. 361 с.

**Статья поступила в редакцию 25.02.2022;  
одобрена после рецензирования 09.03.2022;  
принята к публикации 23.03.2022.**

**Зыков Вадим Витальевич** – начальник отдела; **Гладких Андрей Николаевич** – заместитель начальника отдела; **Пивоваров Николай Юрьевич** – кандидат технических наук, начальник сектора; **Петухов Алексей Николаевич** – начальник сектора.

Всероссийский ордена "Знак Почета" научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий (ФГБУ ВНИИПО МЧС России), г. Балашиха, Московская область, Россия.

**Vadim V. Zykov** – Head of Department; **Andrey N. Gladkikh** – Deputy Head of Department; **Nikolay Yu. Pivovarov** – Candidate of Technical Sciences, Head of Sector; **Alexey N. Petukhov** – Head of Sector.

All-Russian Research Institute for Fire Protection (VNIIPPO), the Ministry of the Russian Federation for Civil Defence, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters (EMERCOM of Russia), Balashikha, Moscow region, Russia.