

*К.С. Власов<sup>1</sup>, А.Н. Денисов<sup>2</sup>, А.А. Порошин<sup>1</sup>, С.В. Стебунов<sup>3</sup>*  
(ВНИИПО МЧС России, Академия ГПС МЧС России,  
ДКП МЧС России; e-mail: vlasov-k@yandex.ru)

## **МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ТАКТИЧЕСКИХ ВОЗМОЖНОСТЕЙ РОБОТОТЕХНИЧЕСКИХ СРЕДСТВ ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРА**

*Предлагается методика сравнительной оценки тактических возможностей робототехники для выполнения работ на пожаре.*

*Ключевые слова: тактические возможности, пожарные подразделения, робототехнические средства.*

*K.S. Vlasov, A.N. Denisov, A.A. Poroshin, S.V. Stebunov*

## **TECHNIQUE OF ASSESSMENT OF TACTICAL OPPORTUNITIES OF ROBOTIC MEANS IN CASE OF FIRE EXTINGUISHING**

*The technique of comparative assessment of tactical opportunities of robotics for performance of works on the fire is offered.*

*Key words: tactical opportunities, fire divisions, robotic means.*

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 19 февраля 2016 г.

**Робототехническое средство (РТС)** выполняет функции, предписанные виды работ или операции в опасной зоне без непосредственного участия человека [1].

Сама идея создания механизма, обладающего возможностью самостоятельно предпринимать действия, адекватные складывающимся обстоятельствам, далеко не нова. В практике борьбы с пожарами довольно успешным начинанием в этом направлении можно считать **автоматические установки пожаротушения (АУП)**. Современные АУП выполняют практически весь комплекс необходимых действий до прибытия пожарно-спасательных подразделений – обнаружение горения, оповещение персонала объекта, сообщение в дежурную службу, организацию эвакуации людей и тушение пожара.

Применение робототехнических средств контроля для управления АУП позволило существенно повысить эффективность действий последних. При помощи лафетного ствола, смонтированного на магистральном трубопроводе и управляемого роботом, возможно подавать **огнетушащие вещества (ОТВ)** с оптимальным расходом точно в очаг пожара, а не по всей защищаемой площади и прекратить их подачу сразу после ликвидации горения [2].

Поэтому появление мобильного РТС на базе транспортного средства является закономерным явлением эволюционного развития технических средств пожаротушения (рис. 1).

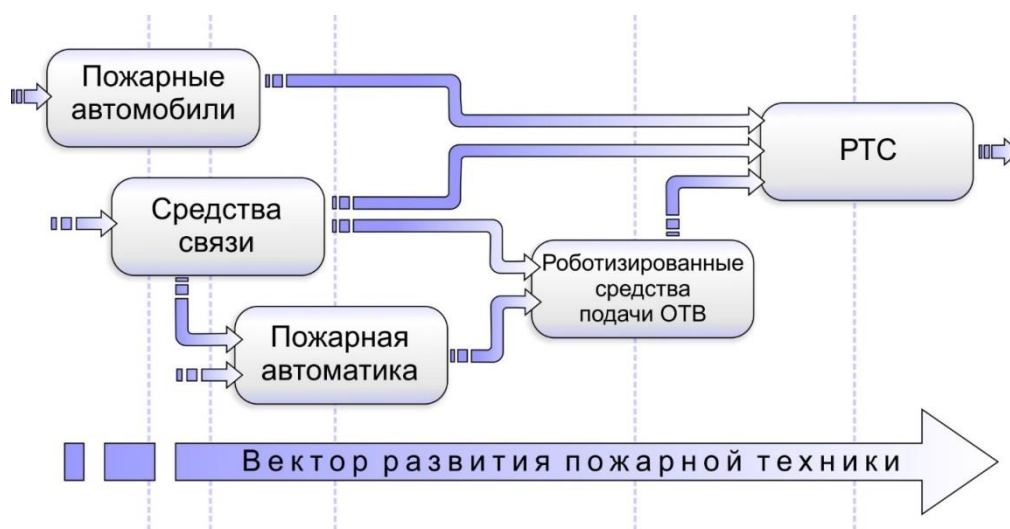


Рис. 1. Общая схема процесса развития технических средств пожаротушения

Прогрессивное развитие технических возможностей РТС, наблюдаемое за последнее время, даёт основания для разработки тактических приёмов применения робототехники для выполнения действий на пожаре, которые традиционно выполнялись только с использованием людей. Перечень таких действий постоянно расширяется.

По сравнению с человеком-пожарным, у существующих роботов-пожарных можно выделить следующие преимущества:

- возможность обеспечения более высокой степени защиты от опасных факторов пожара без существенных ограничений двигательных способностей;
- сохранение возможности ориентирования в пространстве в условиях ограниченной видимости;
- более высокая скорость реакции на события окружающей среды, обеспечиваемая разнообразными средствами контроля как смонтированными на борту РТС, так и внешними, рассредоточенными по территории района проведения работ;
- высокая точность выполнения заданной последовательности действий, в совокупности с возможностью стабильного поддержания установленных рабочих параметров на протяжении всего времени выполнения действий.

Однако при этом не следует забывать об особенностях РТС, затрудняющих либо вообще не позволяющих выполнить некоторые действия. Это особенно важно учитывать при разработке планов применения РТС в экстремальных условиях пожара, когда переоценка возможностей робототехники может привести к трагическим последствиям.

**Основным недостатком РТС** является отсутствие возможности в полной мере запрограммировать набор адекватных действий в различных нестандартных ситуациях, что в психологии человека обозначается понятием "здравый смысл". Впрочем, возможно, что это временный недостаток. В насто-

ящее время уже существуют разработки [3], позволяющие РТС оценить физическую возможность выполнения поставленных задач, определить компетенцию лица, отдавшего распоряжение, и предложить альтернативные варианты действий. Однако, например, такое, чисто человеческое качество как "интуиция" к роботам пока не применимо.

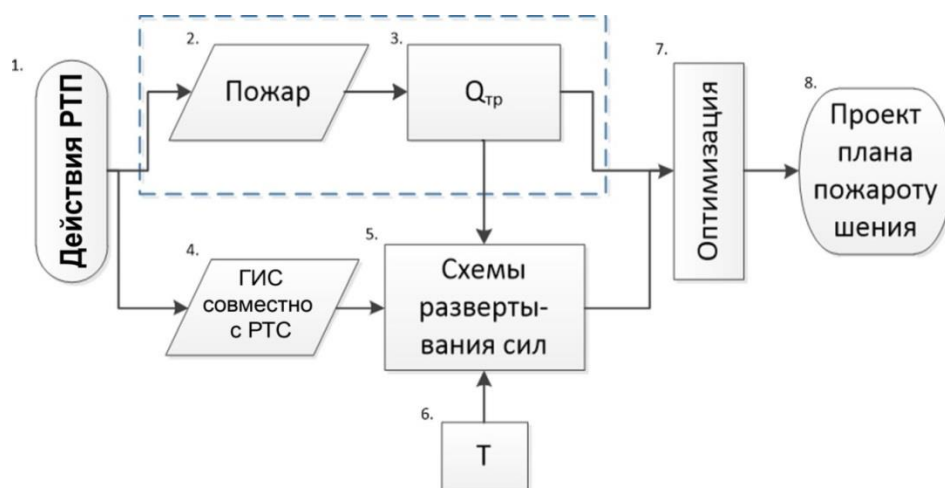
Другие недостатки в большей мере связаны с конструктивными особенностями конкретных моделей РТС. Например, для тушения крупных пожаров на производственных объектах в настоящее время наиболее перспективно применение РТС тяжёлого класса типа "Ель-10", "Уран-14", РТС на базе инженерной машины разграждения ИМР-2 и др. Но габаритные размеры и другие тактико-технические характеристики техники данного класса накладывают свои ограничения по возможностям маневрирования и выполнения работ в условиях ограниченного пространства.

Одной из основных проблем для пожарной робототехники, используемой при тушении пожара, является обеспечение необходимого запаса ОТВ на весь период работы. Пока существует только два приемлемых решения данной проблемы: транспортировка запаса ОТВ на борту РТС и подача ОТВ от удалённого водоисточника по магистральной линии. В обоих случаях есть определённые преимущества и недостатки.

С большой степенью достоверности можно предположить, что наиболее рациональным решением вопроса применения РТС на пожаре является совместное использование людей-пожарных, обычной и роботизированной пожарной техники в соотношениях, зависящих от конкретных обстоятельств, складывающихся на месте проведения работ.

Традиционный подход в определении видов технических средств и сил, необходимых для выполнения поставленных задач на пожаре, предполагает, что **руководитель тушения пожара (РТП)**, руководствуясь своими знаниями, опытом, рекомендациями штаба пожаротушения, а также вышеупомянутыми здравым смыслом и интуицией, принимает решение – какие силы и средства и как будут использоваться. Однако, когда приходится выбирать между техническими средствами принципиально разного типа, но способными выполнять одинаковые задачи, процесс поиска оптимального решения значительно усложняется.

Для решения данной проблемы специалистами ВНИИПО МЧС России была разработана математическая модель с условным названием "Р-Т" [4], сокращённо от названия основных используемых расчётных параметров – "расход ОТВ" и "трудозатраты". В общем виде схема модели "Р-Т" показана на рис. 2.



**Рис. 2.** Схема модели "Расход – Трудозатраты" (Р-Т):  
 пунктиром выделена существующая часть расчётной методики разработки тактики тушения пожара;  $Q_{тр}$  – требуемый расход огнетушащих веществ,  $л \cdot с^{-1}$ ;  
 $T$  – трудозатраты, человеко-час; ГИС – геоинформационная система

Основная особенность "Р-Т" в том, что кроме традиционно используемого расчётного параметра  $Q_{тр}$  дополнительно вводится параметр  $T$  – трудозатраты.

При использовании традиционной методики разработки тактики тушения пожара (на рис. 2 выделена пунктиром) основным расчётным параметром является  $Q_{тр}$  – требуемый расход ОТВ. Зная  $Q_{тр}$ , РТП может определить необходимый состав сил и средств для тушения пожара. Однако расчётная оценка правильности тактических решений, а также их эффективности в рамках традиционной модели является практически нерешаемой задачей. Использование  $T$  позволяет сравнивать различные варианты схем развёртывания сил и средств. При этом возможно соблюдение необходимого набора граничных условий, например, обеспечения  $Q_{тр}$ , безопасных условий труда и т.д.

В реальных условиях тушения пожара определение параметра  $T$  возможно только при отслеживании всех передвижений пожарных и техники средствами современных *геоинформационных систем (ГИС)*. Оперативная обработка информации, полученной от ГИС, и дальнейшее оформление её в удобном для работы специалистов виде производится с использованием информационных технологий.

Модель "Р-Т" предполагает не только отслеживание действий пожарно-спасательных подразделений в реальном времени, но и даёт возможность разрабатывать прогнозные проекты тактических решений по тушению пожаров на различных объектах. Прогнозы строятся на основе базовых показателей времени выполнения различных действий пожарными. Базовые показатели ( $\tau$ ) были получены в результате научных исследований [4 и др.] при условиях, которые в рамках проводимых исследований можно условно считать стандартными (на ровной асфальтированной поверхности, при температуре окружающего воздуха  $+15...+20$  °С, при достаточном освещении и др.).

Для определения  $\tau$  в реальных условиях пожара используются специальные поправочные коэффициенты, учитывающие влияние как условий окружающей среды, так и индивидуальных факторов (использование средств защиты, пожарного оборудования и т.п.).

Фактическая продолжительность времени ( $H$ , час) выполнения поставленной задачи пожарно-спасательным подразделением определяется по формуле

$$H = \frac{\tau}{3600} \prod_{i=1}^{18} K_i, \quad (1)$$

где  $\tau$  – базовый норматив времени выполнения действия, с;

$K$  – коэффициенты, влияющие на скорость выполнения действия.

Знание фактических и прогнозных значений  $\tau$  позволяет корректно вычислять  $T$  по формуле (2) исходя из того, что общая задача может выполняться разнообразно – одним пожарным, пожарным отделением, РТС или совместно с использованием людей-пожарных и технических средств (трудовых и материальных ресурсов). При этом каждый из них может выполнять различные задачи (подзадачи) в течении различного времени. Наглядно это можно показать при помощи диаграммы Ганта (рис. 3).

$$T = \sum_{i=1}^n V_i H_i, \quad \dots(2)$$

где  $V$  – объем назначений ресурса;

$H$  – длительность работы ресурса, ч.;

$n$  – количество задач.

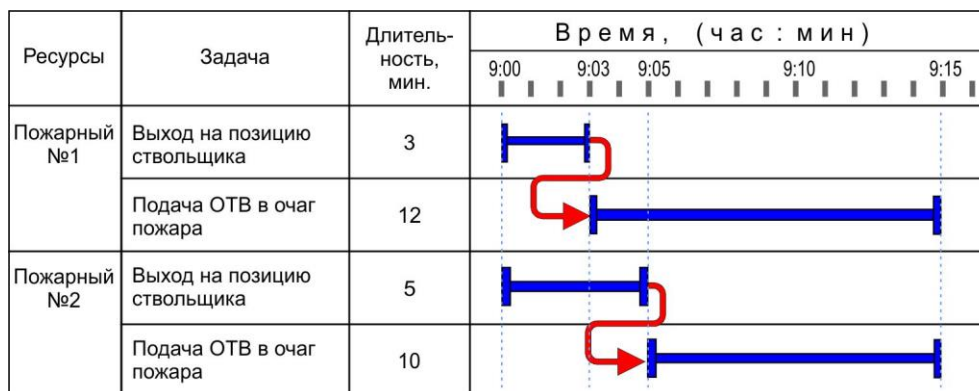


Рис. 3. Диаграмма Ганта

Для полноценного анализа производится объединение отдельных задач в общие задачи более высокого уровня (например, в рассматриваемом примере – тушение пожара в целом). Возможно и противоположное действие, так называемая декомпозиция или разбиение задач на более мелкие подзадачи вплоть до элементарных действий, время выполнения которых может измеряться секундами.

Переходим к основному положению рассматриваемой модели. Наличие показателя  $T$ , даёт возможность вычислить стоимость –  $C$ . Именно  $C$  будет являться тем единственным универсальным показателем, который даёт возможность корректно оценивать и сравнивать результаты действий людей, техники, а также использованные для тушения пожара материальные ресурсы.

Реализация данной модели в условиях пожара возможна только с использованием комплекса высокотехнологичных технических средств – это системы дистанционного позиционирования для отслеживания передвижений участников тушения пожара и параметров развития обстановки на пожаре, а также специализированных компьютерных приложений типа Microsoft Project, Gant Diagram и др. для проведения расчётов.

Обобщая вышеизложенное, можно сказать, что оценка тактических возможностей пожарно-спасательных подразделений производится в три этапа:

1. Определение размеров удельной стоимости использования трудовых и материальных ресурсов;
2. Расчёт трудозатрат и стоимости работ по выполнению поставленной задачи с использованием различных сочетаний трудовых и материальных ресурсов;
3. Сравнение полученных вариантов выполнения задачи и принятия оптимального управленческого решения.

Особо следует отметить, что выбор окончательного решения остаётся за человеком. Использование модели "Р-Т" позволяет осуществлять поддержку управления действиями по тушению пожара на основе расширенного применения расчётных методов. Результат применения модели "Р-Т" – это некоторое разумное количество вариантов применения сил и средств, из которых РТП, основываясь на своём опыте и знаниях, выберет единственный.

Таким образом, данная модель после необходимого доведения и актуализации баз данных позволит дать РТП универсальный инструмент для оценки эффективности использования всех возможных сил и средств, применяемых для тушения пожара.

### Литература

1. *ГОСТ Р 54344-2011*. Техника пожарная. Мобильные робототехнические комплексы для проведения аварийно-спасательных работ и пожаротушения. Классификация. Общие технические требования. Методы испытаний.

2. *Горбань Ю.И., Синельникова Е.А.* Пожарные роботы в современных технологиях автоматического пожаротушения // Алгоритм Безопасности. № 3. 2010. С. 66-71. <http://www.algoritm.org/arch/arch.php?id=46&a=842>.

3. *Робот* сомневается в правильности приказа человека // Naked Science. <http://naked-science.ru/article/hi-tech/robot-somnevaetsya-v-pravilnos>.

4. *Разработка* рекомендаций по расчёту сил и средств для проведения аварийно-спасательных работ, связанных с пожаром: отчёт о научно-исследовательской работе / Отв. исп. К.С. Власов. М.: ВНИИПО МЧС России, 2010. 159 с.