

Д.В. Тараканов, М.О. Баканов, А.О. Семенов
(Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России;
e-mail: den-pgs@yandex.ru)

МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ МОНИТОРИНГА СОСТОЯНИЯ ПОЖАРОВ В ЗДАНИЯХ

Предлагается методика оценки эффективности мониторинга состояния крупных пожаров в зданиях.

Ключевые слова: пожар, здание, мониторинг.

D.V. Tarakanov, M.O. Bakanov, A.O. Semenov **METHOD FOR ASSESSING EFFECTIVENESS OF MONITORING STATE OF FIRES IN BUILDINGS**

The method for assessing effectiveness of monitoring state of large fires in buildings is offered.

Key words: fire, building, monitoring.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 27 декабря 2016 г.

Введение

Одной из основных задач пожарной охраны является предупреждение и тушение **крупных** пожаров в зданиях, ущерб от которых измеряется миллиардами рублей в год, хотя количество таких пожаров в России не превышает десятой доли процента от общего числа пожаров. Крупные пожары происходят в зданиях с большими общими площадями, таких как крупные складские и торговые объекты, а также здания развитых производственных предприятий. Азбучной истиной для пожарных является необходимость тушения любого пожара в его **начальной** стадии, при которой пожар имеет размеры, позволяющие его локализовать и ликвидировать силами и средствами одного пожарно-спасательного подразделения.

При ликвидации пожара в его начальной стадии важным является повышение качества информационного обеспечения **руководителя тушения пожара (РТП)** [1]. Основными задачами управления, для решения которых РТП необходима объективная информация, являются:

- определение места расположения очага пожара в здании [2];
- выбор путей и способов продвижения пожарных к очагу [3];
- оценка динамики очага пожара [4].

Для обеспечения РТП объективной информацией при тушении пожара могут быть использованы информационные системы поддержки управления с функцией дистанционного **мониторинга состояния пожара (МСП)**.

Внедрение МСП в процесс тушения пожара инициирует новый способ проведения оценки обстановки в ходе разведки пожара – "**разведка по результатам мониторинга**", которая в отдельных случаях борьбы с пожарами может стать альтернативой классической методики оценки обстановки на пожаре – "**разведка по внешним признакам**".

Однако, рекомендаций по необходимости проведения МСП в настоящее время нет и его внедрение в основном является инициативой собственников объектов либо аварийно-спасательных и пожарно-спасательных формирований, осуществляющих на договорной основе охрану объектов от пожаров. Но даже в этих случаях существует объективная необходимость для технического обоснования внедрения МСП в практику пожаротушения.

Исходя из вышесказанного можно констатировать, что для эффективного внедрения МСП в процесс ликвидации пожара в здании необходимы научные обоснования количественного критерия эффективности МСП и методика расчёта его значений.

Количественный критерий эффективности МСП

Исходя из основной задачи пожарно-спасательных подразделений по спасению людей в случае угрозы их жизни и здоровью, локализации и ликвидации пожара в кратчайшие сроки [5], можно сделать вывод, что интервал времени, необходимый на тушение пожара, является основным критерием эффективности этих подразделений. Эффективность внедрения МСП, направленного на повышение оперативности действий пожарно-спасательных подразделений, может оцениваться временной шкалой.

В работе [6] для решения пожарно-тактической задачи, включающей МСП при поиске условного очага пожара в здании, получены результаты выигрыша во времени при развёртывании сил и средств. Анализ полученных результатов наблюдений показал, что выигрыш во времени можно считать непрерывной случайной величиной, подчиняющейся нормальному закону распределения. Поэтому для дальнейшего анализа эффективности МСП можно использовать среднее арифметическое значение выигрыша во времени, полученное на основе результатов наблюдений [7].

Анализ результатов решения пожарно-тактической задачи [6] показал, что выигрыш во времени за счёт приведения МСП может быть определён по следующей формуле:

$$\Delta = \alpha_n \cdot S \cdot N^n \cdot \exp(\beta \cdot N), \quad (1)$$

где Δ – локальный выигрыш во времени от применения МСП, с;

N – номер этажа здания;

α_n и β – константы модели ($\alpha_1 = 0,04$; $\alpha_2 = 0,012$; $\beta = -0,4$);

S – общая площадь здания, m^2 ;

$n = 1$ – при прокладке рукавных линий по маршам лестничной клетки;

$n = 2$ – при подъёме рукавной линии с использованием спасательной верёвки или опускании рукавной линии вниз снаружи здания.

Максимальный локальный выигрыш во времени, получаемый внутри одного из этажей здания, с учётом корректировки результатов наблюдений и их экстраполяции по формуле (1), не превышает 180 с.

На рис. 1 показана динамика локального выигрыша во времени за счёт проведения МСП в зданиях строительной площади $S = 4000 \text{ м}^2$.

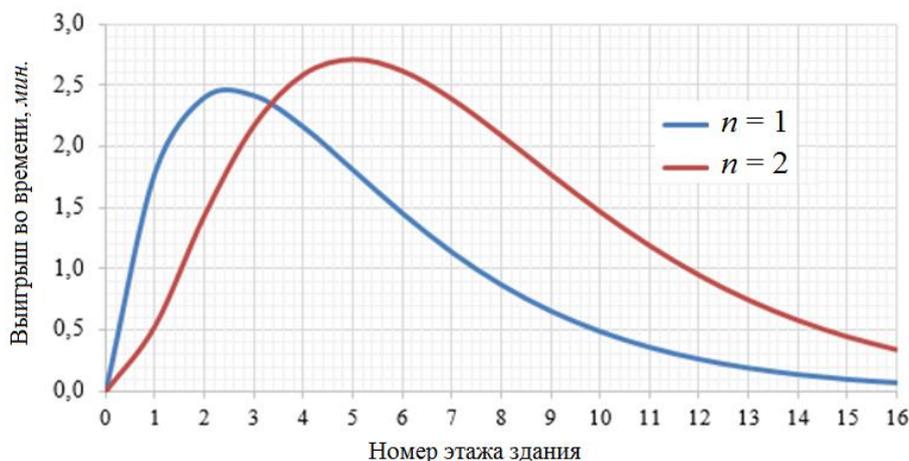


Рис. 1. Локальный выигрыш во времени за счёт проведения МСП

Анализируя данные, представленные на рис. 1, можно сделать вывод, что максимальное значение выигрыша во времени наблюдается при развёртывании рукавных линий по маршам лестничной клетки на 2 и 3 этажах здания и при развёртывании рукавных линий путём подъёма или опускания на 5 и 6 этажи. Объяснить полученный результат можно тем, что при выбранных способах развёртывания рукавных линий выигрыш во времени при проведении МСП теряется вследствие увеличения времени, необходимого на прокладку рукавных линий.

При оценке эффективности проведения МСП целесообразно учитывать то, что пожар может произойти на любом этаже здания. Поэтому необходимо иметь возможность определять *средний интегральный выигрыш во времени за счёт проведения МСП*, то есть выигрыш во времени для общей совокупности этажей здания, отнесённый к общей этажности здания.

Для этого необходимо проинтегрировать выражение (1):

$$\Delta_m = \frac{\alpha_n \cdot S}{k} \cdot \int_{N=0}^{N=k} N^n \cdot \exp(\beta \cdot N) dN, \quad (2)$$

где Δ_m – средний интегральный выигрыш во времени за счёт проведения МСП;

k – этажность здания.

Представленный интеграл является неопределённым следующего вида:

$$\int x^n \exp(cx) dx = \frac{1}{c} x^n \exp(cx) - \frac{n}{c} \int x^{n-1} \exp(cx) dx. \quad (3)$$

Используя выражение (3) для случаев, когда $n = 1$ и $n = 2$, получена общая формула для определения интеграла (2):

$$\begin{aligned} & \frac{\alpha_n \cdot S}{k} \int_{n=1;2} N^n \cdot \exp(\beta \cdot N) dN = . \\ & = \exp(\beta N) \cdot \left[\frac{N^n}{\beta} - \frac{n(n-1)N^{n-1} + (2-n)}{\beta^2} + \frac{n(n-1)}{\beta^3} \right]. \end{aligned} \quad (4)$$

Рассматривая пределы интегрирования для $N_1 = 0$ до $N_2 = k$, получим общее решение для определения среднего интегрального выигрыша во времени:

$$\begin{aligned} \Delta_m = \frac{\alpha S}{k} & \left[\left(\frac{k^n}{\beta} - \frac{n(n-1)k^{n-1}}{\beta^2} \right) \exp(\beta k) - \right. \\ & \left. - \left(\frac{n-2}{\beta^2} - \frac{n(n-1)}{\beta^3} \right) (1 - \exp(\beta k)) \right], c. \end{aligned} \quad (5)$$

Обозначим $\beta k = d$ и проведём элементарные математические преобразования, за счёт чего сформируем зависимости частных решений для расчёта среднего интегрального выигрыша в эффективности:

для $n = 1$

$$\Delta_m^{n=1} = \frac{\alpha_1 S k}{d^2} [(d-1)\exp(d) + 1], c; \quad (6)$$

для $n = 2$

$$\Delta_m^{n=2} = \frac{\alpha_2 S k^2}{d^3} [((d-1)^2 + 1)\exp(d) - 2], c. \quad (7)$$

На рис. 2 показана динамика среднего интегрального выигрыша в эффективности проведения МСП для зданий различной этажности при общей площади здания $S = 6000 \text{ м}^2$.

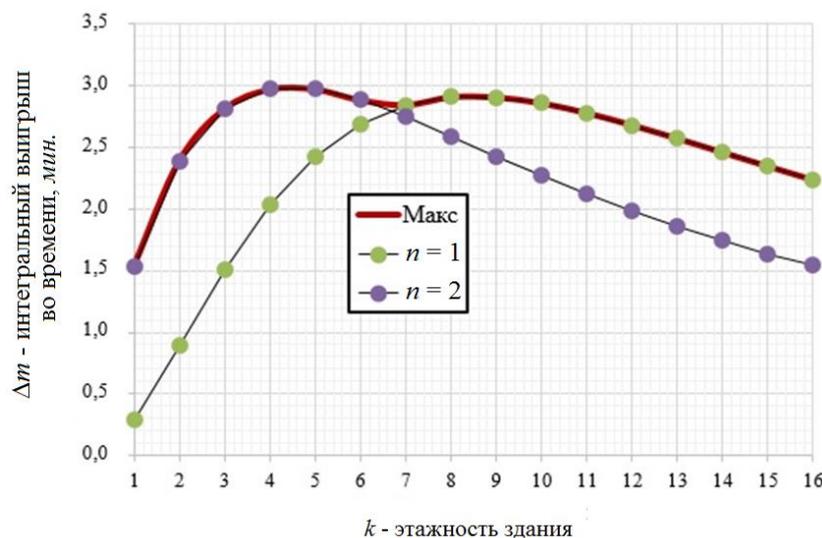


Рис. 2. Интегральный выигрыш во времени за счёт проведения МСП

Анализируя данные на рис. 2, можно сделать вывод, что максимальный интегральный выигрыш для первого и второго способов прокладки рукавных линий составляет 5 и 9 этажей соответственно.

При расчёте интегрального выигрыша для зданий, предусматривающих возможность прокладки линий любым из анализируемых способов, предлагается в качестве расчётного значения среднего интегрального выигрыша во времени принимать максимальное из имеющихся значений.

Методика оценки эффективности применения МСП

Методика оценки эффективности МСП при тушении пожара в начальной стадии его развития сводится к определению среднего интегрального выигрыша во времени (Δ_m , мин.).

На первом этапе проводится анализ возможностей пожарно-спасательного подразделения реализовать рассматриваемые способы прокладки рукавных линий внутри и снаружи здания. Рассматриваются три способа прокладки рукавных линий:

1 – прокладка рукавных линий по маршам лестничных клеток;

2 – подъем рукавной линии с использованием спасательной верёвки снаружи здания;

3 – спуск рукавной линии с этажа пожара снаружи здания.

На втором этапе осуществляется сбор необходимых параметров для расчёта значений среднего интегрального выигрыша во времени, а именно этажность здания и общая площадь здания.

На третьем этапе рассчитывается значение среднего интегрального выигрыша во времени с использованием информации от МСП. Рассматриваются три случая.

Первый случай предусматривает возможность прокладки рукавных линий только по маршам лестничной клетки, тогда расчётное значение среднего интегрального выигрыша во времени определяется по формуле (6).

Второй случай предусматривает возможность прокладки рукавных линий с использованием спасательной верёвки и/или при спуске рукавной линии с этажа пожара в здании, тогда для оценки расчётного среднего интегрального выигрыша во времени используется формула (7).

Третий случай. Если в здании имеется возможность прокладки рукавных линий всеми тремя способами, то определение среднего интегрального выигрыша во времени необходимо производить исходя из следующего условия: если этажность здания не выше 7 этажей, то необходимо использовать формулу (6), если этажность здания более 7 этажей, необходимо использовать формулу (7).

На четвёртом этапе оценивается средний интегральный выигрыш в эффективности. По результатам оценки эффективности МСП принято максимальное значение среднего интегрального выигрыша во времени – 3 мин. Тогда при определении истинного значения необходимо исходить из условия: если расчётное значение не превышает максимального значения (3 мин.), то рассчитанное значение принимаем за истинное, в противном случае истинным значением среднего интегрального выигрыша следует считать максимальное значение (3 мин.).

Литература

1. Тараканов Д.В. Система информационного обеспечения действий по ликвидации пожаров в зданиях // Пожарная и аварийная безопасность: сб. матер. XI мждунар. науч.-практ. конф. 2016. С. 321-324.
2. Тараканов Д.В. Математическая модель мониторинга состояния пожара в здании // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. 2016. Т. 1. № 1 (7). С. 200-202.
3. Тараканов Д.В. Метод многокритериального выбора маршрутов движения пожарных в зданиях при тушении пожаров // Технологии техносферной безопасности. Вып. 4 (68). 2016. С. 120-128. <http://academygps.ru/ttb>.
4. Алгоритм прогнозирования температуры газовой среды в здании при пожаре по данным мониторинга / Топольский Н.Г., Тараканов Д.В., Варламов Е.С., Илеменов М.В. // Технологии техносферной безопасности. Вып. 4 (56). 2014. |С. 49-53. <http://academygps.ru/ttb>.
5. Приказ МЧС России от 31 марта 2011 г. № 156 "Об утверждении Порядка тушения пожаров подразделениями пожарной охраны".
6. Тараканов Д.В., Семенов А.О., Гринченко Б.Б. Оценка эффективности применения информации от адресных систем обнаружения пожара при поиске очага пожара в здании // Пожаротушение: проблемы, технологии, инновации: сб. тезисов докладов междунар. науч.-практ. конф.: в 2 ч. Ч. 1. М. Академия ГПС МЧС России, 2015. С. 160-163.
7. ГОСТ Р 8.736-2011. Государственная система обеспечения единства измерений (ГСИ). Измерения прямые многократные. Методы обработки результатов измерений. Основные положения.

References

1. Tarakanov D.V. Sistema informatsionnogo obespecheniia deistvii po likvidatsii pozharov v zdaniakh (System of informational support of actions on elimination of fires in buildings) // Pozharnaia i avariinaia bezopasnost: sb. mater. XI mzhdunar. nauch.-prakt. konf. 2016. Pp. 321-324.
2. Tarakanov D.V. Matematicheskaiia model monitoringa sostoianiiia pozhara v zdanii (Mathematical model of condition monitoring of fire in the building) // Pozharnaia bezopasnost: problemy i perspektivy. 2016. T. 1. No 1 (7). Pp. 200-202.
3. Tarakanov D.V. Metod mnogokriterialnogo vybora marshrutov dvizheniia pozharnykh v zdaniakh pri tushenii pozharov (Method of multicriteria choice of routes of movement of fire in buildings to extinguish fires) // Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti. Vyp. 4 (68). 2016. Pp. 120-128. <http://academygps.ru/ttb>.
4. Algoritm prognozirovaniia temperatury gazovoi sredy v zdanii pri pozhare po dannym monitoringa (The prediction algorithm of the temperature of the gaseous medium in the building in case of fire according to the monitoring) / Topolskii N.G., Tarakanov D.V., Varlamov E.S., Ilemenov M.V. // Tekhnologii tekhnosfernoi bezopasnosti. Vyp. 4 (25). 2014. Pp. 49-53. <http://academygps.ru/ttb>.
5. Prikaz MChS Rossii ot 31 marta 2011 g. № 156 "Ob utverzhdenii Poriadka tusheniia pozharov podrazdeleniiami pozharnoi okhrany".
6. Tarakanov D.V., Semenov A.O., Grinchenko B.B. Otsenka effektivnosti primeneniia informatsii ot adresnykh sistem obnaruzheniia pozhara pri poiske ochaga pozhara v zdanii (Evaluation of the effectiveness of the application of information from the address detection systems fire while searching the fire building) // Pozharotushenie: problemy, tekhnologii, innovatsii: sb. tezisev dokladov mezhdunar. nauch.-prakt. konf.: v 2 ch. Ch. 1. M. Akademiia GPS MChS Rossii, 2015. Pp. 160-163.
7. GOST R 8.736-2011. Gosudarstvennaia sistema obespecheniia edinstva izmerenii (GSI). Izmereniia priamyie mnogokratnye. Metody obrabotki rezultatov izmerenii. Osnovnye polozheniia.