

А. В. МАТЮШИН, д-р техн. наук, старший научный сотрудник, заместитель начальника ВНИИПО МЧС России по научной работе (Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; e-mail: vniipo.nauka@mail.ru)

В. А. МИНАЕВ, д-р техн. наук, профессор, заслуженный работник высшей школы РФ, ведущий научный сотрудник Учебно-научного центра “Безопасность”, МГТУ им. Н. Э. Баумана (Россия, 105005, г. Москва, ул. 2-я Бауманская, 5, стр. 1; e-mail: m1va@yandex.ru)

А. И. ОВСЯНИК, д-р техн. наук, профессор, начальник Научно-технического управления МЧС России (Россия, 121352, г. Москва, ул. Давыдовская, 7; e-mail: info@mchs.gov.ru)

В. В. СИМАКОВ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий Академии ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, стр. 1; e-mail: vvs1941@gmail.com)

Н. Г. ТОПОЛЬСКИЙ, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры информационных технологий Академии ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4, стр. 1; e-mail: ntopolskii@mail.ru)

ЧУ КУОК МИНЬ, канд. техн. наук, старший сотрудник учебного отдела, Институт пожарной безопасности Министерства общественной безопасности Социалистической Республики Вьетнам (Вьетнам, 100000, г. Ханой, район Тхань Суан, ул. Хуат Зуй Тиен, 243; e-mail: chuminh114@yahoo.com)

УДК 614.841

МОДЕЛИРОВАНИЕ ВЗАИМОСВЯЗЕЙ РЕСУРСЫ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ – ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ

Рассматривается проблема создания математических моделей, описывающих показатели деятельности противопожарной службы во взаимосвязи с параметрами пожарной безопасности. В качестве информационной базы при разработке используются статистические базы Вьетнама как территории, отличающейся существенно различной пожарной обстановкой. Делается вывод, что полученные экспоненциальные аналитические зависимости между относительными характеристиками, отражающими удельные нагрузки на пожарных по числу пожаров и удельные параметры экономического ущерба, числа погибших и травмированных на пожарах, могут эффективно применяться при решении задач оптимального управления ресурсами противопожарной службы. Предлагается при решении указанных задач использовать модели и методы, развиваемые в теории активных систем. Показано, что полученные аналитические зависимости с достаточной точностью (74–89 %) описывают эмпирические данные. Процесс оперативно-служебной деятельности кадровых подсистем противопожарной службы представляется в терминах *вход – ресурсы – выход*. Осуществляется формальная постановка задач и рассматриваются критерии оптимального управления кадровыми ресурсами противопожарной службы в динамическом и территориальном аспектах.

Ключевые слова: моделирование; управление; пожарная безопасность; аналитические зависимости; ресурсы; противопожарная служба; теория активных систем.

DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.62-70

Введение

Эффективное решение задач управления ресурсами противопожарной службы (кадровыми, материально-техническими, финансовыми и пр.) связано не только с надежными и обоснованными прогнозами обстановки с пожарами и их последствий, но и с пониманием взаимосвязи показателей деятельности указанной службы и параметров пожарной безопасности во временном и в территориальном аспектах.

Такие взаимосвязи на статистическом уровне исследовались в целом ряде работ [1–14], однако аналитических зависимостей, которые были бы на “физическом” уровне понятны практикам, компактны и в то же время надежны для использования в процессе оптимального управления ресурсами, пока явно недостаточно. Хотя надо отметить, что в последние годы стали появляться глубокие разработки в сфере моделирования указанных зависимостей [15–17]. На наш

взгляд, при решении задач управления ресурсами противопожарной службы весьма перспективны модели и методы, развиваемые в теории активных систем [18–23].

Попытаемся построить такие зависимости применительно к противопожарной службе Вьетнама, учитывая достаточно широкое разнообразие условий ее функционирования в этой стране и хорошо развитую информационную базу для разработки математических моделей [16].

Методика и результаты моделирования

Введем необходимые определения [16]. Определим отношение числа пожаров на одного пожарного как показатель нагрузки на противопожарную службу, назовем его для краткости *удельной нагрузкой по пожарам* (УНП).

В качестве одного из важнейших удельных показателей выступает экономический ущерб от пожара, приходящийся на одного пожарного. Назовем его *удельным показателем экономического ущерба от пожаров* (УПЭУП).

Исключительно важным и статистически надежным является показатель числа погибших на пожарах, приходящийся на одного пожарного. Назовем его *удельным показателем по числу погибших на пожарах* (УППП). По аналогии с ним определим *удельный показатель по числу травмированных на пожарах* (УПТП).

Рассмотрим, как связаны удельная нагрузка по пожарам во Вьетнаме с УПЭУП, УППП и УПТП. На рис. 1 показаны эмпирические данные и теоретическое описание взаимосвязи УПЭУП и УНП во Вьетнаме за 12 лет (с 2003 по 2015 гг.). Период 2016–2017 гг. был выбран как прогнозный (во время проведения расчетов статистических данных за указанные годы еще не было). Известные на то время данные за 2013 г. были взяты в качестве проверочных.

Как видно из рис. 1, прослеживается следующая тенденция: чем выше УНП h , тем ниже УПЭУП e (эта зависимость описывается экспоненциальной кривой, $R^2 = 0,74$ (где R^2 — коэффициент детерминации, характеризующий долю дисперсии, объясненной моделью, в общей величине дисперсии зависимой переменной)):

$$e = 9,03 \exp(-3,14h). \quad (1)$$

На наш взгляд, данная тенденция объясняется двумя причинами: во-первых, при более высокой удельной нагрузке по пожарам у личного состава наблюдается более качественная профессиональная подготовка, мастерство и опыт при организации работы на пожаре; во-вторых, те подразделения противопожарной службы, которые работают в более напряженной обстановке, как правило, лучше оснащены

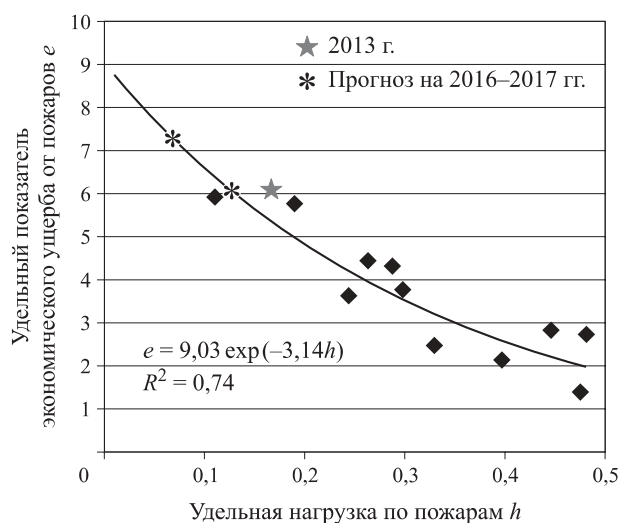


Рис. 1. Эмпирические данные (♦) и теоретическое описание связи УПЭУП с УНП во Вьетнаме в 2003–2015 гг.: — — экспоненциальная модель

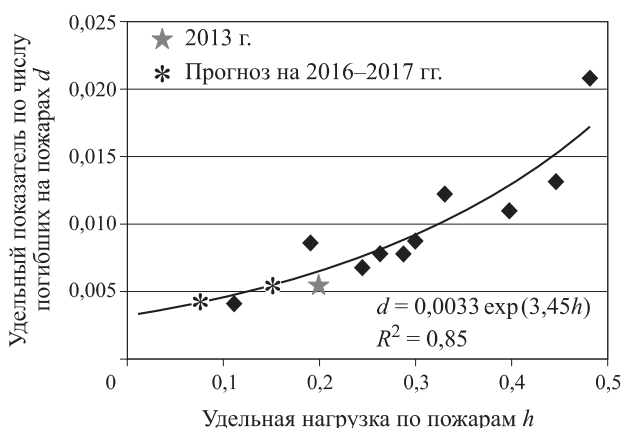


Рис. 2. Эмпирические данные (♦) и теоретическое описание связи УППП с УНП во Вьетнаме в 2003–2015 гг.: — — экспоненциальная модель

технически, что позволяет более эффективно противодействовать распространению пожара.

Рассмотрим теперь зависимости УППП и УПТП от УНП.

На рис. 2 приведены эмпирические данные и теоретическое описание связи УППП d с УНП во Вьетнаме (экспоненциальная модель, $R^2 = 0,85$):

$$d = 0,0033 \exp(3,45h). \quad (2)$$

Опишем эмпирические данные по связи УПТП w с УНП (рис. 3) во Вьетнаме (экспоненциальная модель, $R^2 = 0,89$):

$$w = 0,0091 \exp(3,49h). \quad (3)$$

Необходимо отметить, что в отличие от нисходящей зависимости связи УПЭУП с УНП зависимости связи УППП и УПТП с УНП имеют восходящий характер.

Из зависимостей (1)–(3) можно сделать вывод о том, что модели с достаточно хорошей точностью



Рис. 3. Эмпирические данные (◆) и теоретическое описание связи УППП с УНП во Вьетнаме в 2003–2015 гг.: — — экспоненциальная модель

описывают связи удельных нагрузок по пожарам с удельными нагрузками по экономическому ущербу, числу погибших и травмированных на пожарах, что дает возможность в зависимости от обеспеченности противопожарной службы подготовленным персоналом:

- осуществлять краткосрочное (на 1–3 года) прогнозирование экономического ущерба от пожаров;
- оценивать последствия пожаров по числу погибших и травмированных на них;
- обосновывать, ставить и решать задачи по оптимальному территориально-динамическому распределению кадровых ресурсов противопожарной службы с целью минимизации экономического ущерба от пожаров, а также числа погибших и травмированных на пожарах в масштабах страны.

Постановка задачи по оптимальному обеспечению противопожарной службы кадровыми ресурсами

Среди задач, связанных с управлением противопожарной службой, одно из центральных мест занимает задача по их оптимальному обеспечению кадровыми ресурсами.

Основным свойством кадровой системы противопожарной службы является ее способность “перерабатывать” некоторый входной вектор задач в определенный выходной вектор результатов в соответствии с заданной оперативно-служебной “технологией”, привлекая для этих целей то или иное количество ресурса. Например: *вход* — количество пожаров, *выход* — экономический ущерб от пожаров, количество травмированных и погибших на пожарах; *вход* — количество нарушений пожарной безопасности, *выход* — количество предписаний и штрафов, наложенных на собственников объектов.

На рис. 4 дано представление процесса оперативно-служебной деятельности кадровых подсистем

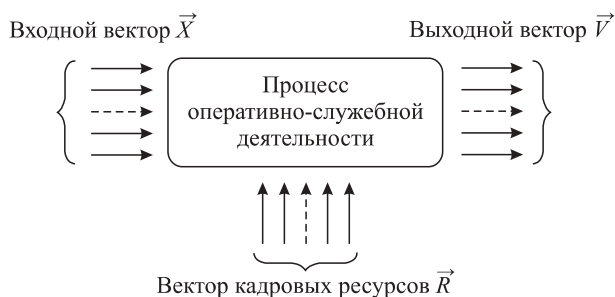


Рис. 4. Представление процесса оперативно-служебной деятельности кадровых подсистем противопожарной службы в терминах *вход – ресурсы – выход*

противопожарной службы в терминах *вход – ресурсы – выход*. В каждом конкретном случае схема на рис. 4 должна находить свое отражение в явном математическом описании оперативно-служебной технологии в деятельности противопожарной службы.

Еще раз отметим, что ресурсы иного вида (материально-технические, организационно-управленческие, финансовые и т. п.) могут быть учтены в параметрах моделей, и именно такое описание дает возможность обосновать потребность в кадровых ресурсах той или иной категории для достижения заданных целей противопожарной службы.

Общая форма зависимости вектора выходных переменных $\vec{V}$ от вектора входных переменных $\vec{X}$ и вектора кадровых ресурсов $\vec{R}$ имеет вид:

$$\vec{V} = \vec{V}(\vec{R}, \vec{X}), \quad (4)$$

при этом выполняется условие

$$\sum_{i=1}^I R_i = R_0, \quad (5)$$

где I — общее число подразделений противопожарной службы, подчиненных единому центру (в качестве центра выступает Главное управление пожарной охраны и аварийно-спасательной службы Социалистической Республики Вьетнам (ГУПО и АСС СРВ));

R_i — кадровый ресурс i -го подразделения, $i = 1, 2, \dots, I$;

R_0 — общий кадровый ресурс всех I подразделений.

По аналогии с производственными процессами применительно к однопродуктовому процессу [24] будем функциональную связь между каждым допустимым уровнем ресурсных затрат и входным вектором, с одной стороны, и соответствующим им максимальным или минимальным значением выходной переменной, с другой, называть производственной функцией:

$$V_{\max(\min)} = \vec{V}(\vec{R}, \vec{X}) \quad (6)$$

при $\sum_{i=1}^I R_i = R_0$.

В качестве выходной переменной в производственной функции для подразделений противопожарной службы могут выступать: общий экономический ущерб от пожаров, число погибших либо травмированных на пожарах.

Как указано в [24], есть два основных подхода к построению производственных функций: дескриптивный (статистический) и оптимизационный. Первый основан на восстановлении зависимости (6) по статистическим данным, второй — на определении вида и параметров производственной функции в результате обобщения решений некоторого набора оптимизационных задач.

Применительно к определению производственной функции многопродуктовых процессов (а именно такой она является для большинства служб и процессов оперативно-служебной деятельности, связанной с борьбой против пожаров) необходимо решать задачу многовекторной оптимизации. В связи с тем что для общего случая эта проблема не решена, в практических приложениях можно идти по пути разработки различного рода критериев оптимальности по Парето, критериев максимального валового результата оперативно-служебной деятельности в натуральном выражении:

$$\max \left(\sum_{l=1}^L V_l \right), \quad (7)$$

где $l = 1, 2, \dots, L$ — компоненты выходного вектора (см. рис. 4) в стоимостном, трудозатратном выражении:

$$\max \left(\sum_{l=1}^L \lambda_l V_l \right); \quad (8)$$

λ_l — трудозатраты либо стоимость получения “единицы” результата по l -й переменной выходного вектора.

Рассмотрим на конкретном примере деятельности противопожарной службы различные варианты конструирования критериев оптимальности. Для этого используем описанные модели взаимосвязей показателей деятельности противопожарной службы с характеристиками экономического ущерба от пожаров, числа погибших и травмированных на пожарах.

Разработка критериев оптимального обеспечения противопожарной службы кадровыми ресурсами

Совершенствование деятельности противопожарной службы по управлению кадровыми ресурсами, выражающееся в повышении эффективности борьбы с пожарами, должно базироваться на обоснованной и надежной системе показателей и критериев. Учитывая, что абсолютное значение экономи-

ческого ущерба от пожаров, количество погибших и травмированных на пожарах “размывают” сложность, напряженность и индивидуальную нагрузку на пожарных различных подразделений, целесообразно использовать относительные показатели.

Как показано в настоящей статье, такой подход позволяет из потока статистических данных извлечь важные аналитические зависимости, необходимые для решения задач по оптимальному управлению кадровыми ресурсами противопожарной службы. В частности, для объективизации нагрузки на практических работников противопожарной службы (пожарных) определим для производственной функции $\Phi_{1k,m}$ такой специфический показатель, как экономический ущерб, приходящийся на одного пожарного в конкретном k -м территориальном подразделении в течение m -го года:

$$\Phi_{1k,m} = \frac{\sum_{j=1}^J e_{j,k,m}}{R_{k,m}}, \quad (9)$$

где $e_{j,k,m}$ — экономический ущерб от j -го пожара в k -м подразделении противопожарной службы в m -м году.

Аналогичным образом определим число погибших и число травмированных на пожарах, приходящиеся на одного пожарного, и учтем их в соответствующих производственных функциях $\Phi_{2k,m}$ и $\Phi_{3k,m}$:

$$\Phi_{2k,m} = \frac{\sum_{j=1}^J d_{j,k,m}}{R_{k,m}}; \quad (10)$$

$$\Phi_{3k,m} = \frac{\sum_{j=1}^J w_{j,k,m}}{R_{k,m}}, \quad (11)$$

где $d_{j,k,m}$, $w_{j,k,m}$ — число соответственно погибших и травмированных в j -м пожаре на территории ответственности k -го подразделения противопожарной службы в m -м году.

Используя определения (9)–(11), сформулируем задачи по управлению кадровыми ресурсами противопожарной службы в динамическом и территориальном аспектах.

Динамические задачи управления кадровыми ресурсами противопожарной службы

Постановка задач: центру необходимо распределить во времени кадровые ресурсы между подразделениями противопожарной службы округов СРВ таким образом, чтобы в стране, включающей K провинций, в определенном интервале времени T , состоящем из отрезков $m = 1, 2, \dots, T$:

- 1) минимизировать общий экономический ущерб от пожаров:

$$\Psi_1(T) = \min_{\vec{R}} \left\{ \sum_{k=1, m=1}^{k=K, m=T} \Phi_{1k,m} \right\}; \quad (12)$$

- 2) минимизировать общее число погибших на пожарах:

$$\Psi_2(T) = \min_{\vec{R}} \left\{ \sum_{k=1, m=1}^{k=K, m=T} \Phi_{2k,m} \right\}; \quad (13)$$

- 3) минимизировать общее число травмированных на пожарах:

$$\Psi_3(T) = \min_{\vec{R}} \left\{ \sum_{k=1, m=1}^{k=K, m=T} \Phi_{3k,m} \right\}. \quad (14)$$

Очевидно, что для системного решения задачи оптимального управления кадровыми ресурсами во времени, вообще говоря, необходимо минимизировать все функции (12)–(14) одновременно, т. е. решать, как уже говорилось выше, задачу векторной оптимизации.

В наиболее простом случае решение такой задачи возможно путем экспертного взвешивания функций $\Psi_1(T)$, $\Psi_2(T)$, $\Psi_3(T)$ с последующей минимизацией их аддитивной свертки, что формально выглядит следующим образом:

$$\Psi(T) = \min_{\vec{R}} \{ \alpha_1 \Psi_1(T) + \alpha_2 \Psi_2(T) + \alpha_3 \Psi_3(T) \}, \quad (15)$$

где α_i — весовые коэффициенты, получаемые, как правило, экспертным путем; $i = 1, 2, 3$.

Выводы

1. Дальнейшие направления моделирования должны сосредоточиться на выработке комплексных критериев управления кадровыми ресурсами противопожарной службы, позволяющих оценивать деятельность ее подразделений как в стабильных условиях

функционирования, так и при существенных изменениях пожарной обстановки. Важное значение при этом имеют найденные аналитические зависимости.

2. При реализации системного подхода выходной вектор результатов деятельности противопожарной службы должен учитывать не только собственно работу на пожарах, но и профилактику пожаров, включая масштабную рекламную-просветительскую работу, взаимодействие со страховыми компаниями, занимающимися пожарными рисками, и другие аспекты противодействия пожарам.

3. Задача векторной оптимизации распределения кадровых ресурсов противопожарной службы является достаточно сложной, если учитывать следующее:

- производственные функции могут включать дополнительные слагаемые, которые обусловлены специфическими территориальными особенностями пожарной обстановки в округах Вьетнама, а также меняющимися во времени приоритетами, которые могут быть сформулированы и спрогнозированы только весьма развитыми и ”погруженными” в проблему аналитическими службами;
- пожары разных категорий сложности должны фигурировать в вышеописанных формальных выражениях с разной ”ценой”, различными весами по трудовым, финансовым и технологическим затратам. Это необходимо для того, чтобы избежать таких негативных последствий для формирования общей статистической картины пожарной обстановки, как ”увлечение” практических подразделений противопожарной службы погоней за ”палочными” показателями;
- параметры, используемые в моделях, ”дрейфуют” во времени и в территориальном аспекте, особенно на уровне провинций, что является предметом дополнительных исследований в процессе моделирования.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Абаев А. В., Бутырин О. В. Алгоритмическое обеспечение процедуры оптимального распределения ресурсов противопожарной службы // Информационные технологии и проблемы математического моделирования сложных систем : сборник научных трудов. — Вып. 6. — Иркутск : ИрГУПС, 2008. — С. 116–120.
2. Акимов В. А., Лесных В. В., Радаев Н. Н. Основы анализа и управления риском в природной и техногенной сферах : учебное пособие. — М. : Деловой экспресс, 2004. — 333 с.
3. Белозеров В. В., Богуславский Е. И., Топольский Н. Г. Модель оптимизации социально-экономических потерь от пожаров // Проблемы информационной экономики. Вып. VI. Моделирование инновационных процессов и экономической динамики : сборник научных трудов / Под ред. Р. М. Нижегородцева. — М. : ЛЕНАНД, 2006. — С. 226–247.
4. Брушлинский Н. Н., Корольченко А. Я. Моделирование пожаров и взрывов. — М. : Пожнаука, 2000. — 492 с.
5. Матюшин А. В., Порошин А. А., Харин В. В., Шишков М. В., Бобринев Е. В., Удавцова Е. Ю. Методика оценки эффективности кадровых органов МЧС России // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2014. — Вып. 6(58). — 8 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/05-06-14.ttb.pdf> (дата обращения: 20.09.2016).

6. *An Ah Young, Ryu Eun Mi, Kim Hee Sun.* Investigations on structural safety of office room based on fire simulation and transient heat transfer analysis // World Journal of Engineering and Technology. — 2014. — Vol. 2, No. 3. — P. 20–26. DOI: 10.4236/wjet.2014.23B004.
7. *Andrea Duane, Miriam Pique, Marc Castellnou, Lluís Brotons.* Predictive modeling of fire occurrences from different fire spread patterns in Mediterranean landscapes // International Journal of Wildland Fire. — January 2015. — Vol. 24, No. 3. — P. 407–418. DOI: 10.1071/WF14040. URL: https://www.researchgate.net/publication/275869989_Predictive_modelling_of_fire_occurrences_from_different_fire_spread_patterns_in_Mediterranean_landscapes (дата обращения: 20.09.2016).
8. *Hostikka S., Keski-Rahkonen O.* Probabilistic simulation of fire scenarios // Nuclear Engineering and Design. — 2003. — Vol. 224, No. 3. — P. 301–311. DOI: 10.1016/S0029-5493(03)00106-7.
9. *Janssen M. L.* An introduction to mathematical fire modeling. — 2nd ed. — Lancaster, PA : Technomic Publ., 2000. — 275 p.
10. *Kazemi M., Kunt M. M., Aghayan I., Larijani R. J.* Optimization model for fire station location based on GIS and Python: a case study in North Cyprus // Applied Mechanics and Materials. — 2013. — Vol. 330. — P. 1059–1064. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.330.1059.
11. *Pan X., Han C. S., Dauber K., Law K. H.* Human and social behavior in computational modeling and analysis of egress // Automation in Construction. — 2006. — Vol. 15, No. 4. — P. 448–461. DOI: 10.1016/j.autcon.2005.06.006.
12. *Wuschke K., Clare J., Garis L.* Temporal and geographic clustering of residential structure fires: a theoretical platform for targeted fire prevention // Fire Safety Journal. — 2013. — Vol. 62, Part A. — P. 3–12. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.07.003.
13. *Xin J., Huang C.* Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management // Fire Safety Journal. — 2013. — Vol. 62, Part A. — P. 72–78. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.09.022.
14. *Yunjun Han, Xiaohong Guan, Leyuan Shi.* Optimization based method for supply location selection and routing in large-scale emergency material delivery // IEEE Transactions on Automation Science and Engineering. — 2011. — Vol. 8, No. 4. — P. 683–693. DOI: 10.1109/TASE.2011.2159838.
15. *Минаев В. А., Тростянский С. Н., Чу Куок Минь.* Оценка вероятности возникновения пожаров при нарушениях требований пожарной безопасности // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2013. — Вып. 5(51). — 7 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-5/18-05-13.ttb.pdf> (дата обращения: 20.09.2016).
16. *Минаев В. А., Тростянский С. Н., Скрыль С. В., Зенин Ю. Н., Бакаева Г. А., Чу Куок Минь.* Показатели пожарной безопасности и вероятность возникновения пожаров: моделирование взаимосвязи // Технологии техносферной безопасности : интернет-журнал. — 2013. — Вып. 6(52). — 9 с. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-6/09-06-13.ttb.pdf> (дата обращения: 20.09.2016).
17. *Минаев В. А., Чу Куок Минь.* Управление пожарными рисками во Вьетнаме на основе теории активных систем // Комплексные проблемы техносферной безопасности : Материалы международной научно-практической конференции. — Воронеж : Воронежский государственный технический университет, 2014. — С. 104–109.
18. *Бурков В. Н.* Основы математической теории активных систем. — М. : Наука, 1984. — 255 с.
19. *Бурков В. Н., Буркова И. В.* Задачи управления в социальных и экономических системах. — М. : Синтез, 2005. — 256 с.
20. *Бурков В. Н., Коргин Н. А., Новиков Д. А.* Введение в теорию управления организационными системами. — М. : Книжный дом “ЛИБРИКОМ”, 2009. — 264 с.
21. *Бурков В. Н., Новиков Д. А.* Как управлять организациями. — М. : Синтез, 2004. — 400 с.
22. *Polovinkina A. I.* Economic mechanisms of increasing the level of fire safety // Proceedings of the 15th International Conference on Systems Science. — Wrocław, Poland, 2004. — Vol. III. — P. 426–429.
23. *Минаев В. А., Топольский Н. Г., Чу Куок Минь.* Управление пожарными рисками с использованием теории активных систем // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2014. — № 4. — С. 59–65.
24. *Минаев В. А.* Кадровые ресурсы органов внутренних дел: современные подходы к управлению. — М. : Академия МВД СССР, 1991. — 163 с.

Материал поступил в редакцию 26 сентября 2016 г.

Для цитирования: Матюшин А. В., Минаев В. А., Овсяник А. И., Симаков В. В., Топольский Н. Г., Чу Куок Минь. Моделирование взаимосвязей ресурсы противопожарной службы – характеристики пожарной безопасности // Пожаровзрывобезопасность. — 2016. — Т. 25, № 11. — С. 62–70. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.62-70.

MODELING OF INTERRELATIONS *FIRE SERVICE RESOURCES — FIRE SAFETY CHARACTERISTICS*

MATYUSHIN A. V., Doctor of Technical Sciences, Senior Researcher, Deputy Head of All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia (VNIPO, 12, Moscow Region, Balashikha, 143903, Russian Federation; e-mail address: vniipo.nauka@mail.ru)

MINAEV V. A., Doctor of Technical Sciences, Professor, Honored Worker of Higher School of Russian Federation, Leading Researcher, Educational and Scientific Center "Security" of Bauman Moscow State Technical University (2-ya Baumanskaya St., 5/1, Moscow, 105005, Russian Federation; e-mail address: m1va@yandex.ru)

OVSYANIK A. I., Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of Science-Technical Department of Emercom of Russia (Davydovskaya St., 7, Moscow, 121352, Russian Federation; e-mail address: info@mchs.gov.ru)

SIMAKOV V. V., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Information Technologies Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: vvs1941@gmail.com)

TOPOLSKIY N. G., Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Information Technologies Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail address: ntopolskii@mail.ru)

CHU QUOC MINH, Candidate of Technical Sciences, Senior Employee, Institute of Fire Fighting and Prevention, Public Security Ministry of Socialist Republic Vietnam (Vietnam, 100000, Ha Noi, Thanh Xuan, Khuat Duy Tien St., 243; e-mail address: chuminh114@yahoo.com)

ABSTRACT

The problem of building of mathematical models which describe indicators of fire service activities with parameters of fire safety is considered. Inadequate development of such models is marked. Both information support statistical bases of Vietnam and the territory differing significantly in various fire situations are used. Exponential analytical dependences between the relative characteristics reflecting specific loads of firefighters on the number of fires and specific parameters of an economic damage as well as a death toll and the injured people in the fires are received. These dependences can effectively be applied in the solution of tasks in the field of short-term forecasting of fire safety; evaluation of dead and injured peoples in fires; optimal territorial and dynamic allocation of fire service staff resources to minimize the economic damage caused by fires, as well as minimizing number of peoples dead and injured in the fires. Besides authors suggest to use in the solution of specified tasks models and methods developed in the active systems theory. The received analytical dependences with a sufficient accuracy (74–89 %) describe empirical data. A process of the fire service staff subsystems activity is represented in terms of *entrance – resources – results*. The formulation of tasks is performed and criteria of optimal fire service staff resources management in dynamic and territorial aspects are discussed. It is indicated that further modeling directions should focus on the development of integrated staff resource management criteria for fire service, allowing assessing its activities under stable operating conditions, and in cases of significant changes in fire situation. In addition, it is concluded that the implementation of the system approach fire service activities must take into account not only the work on the fire, but also the prevention of fires, including a large-scale advertising and educational activities, interaction with insurance companies related to fire risk and other aspects of combating fires.

Keywords: modeling; management; fire safety; analytical dependences; resources; fire service; active systems theory.

REFERENCES

1. Abaev A. V., Butyrin O. V. Algorithmic support optimal allocation of fire service resources procedures. In: *Information Technology and Problems of Complex Systems Mathematical Modeling*. Collection of Scientific Papers, issue 6. Irkutsk, IrGUPS Publ., 2008, pp. 116–120 (in Russian).
2. Akimov V. A., Lesnykh V. V., Radaev N. N. *Principles of analysis and risk management in the natural and technological spheres*. Textbook. Moscow, Delovoy ekspres Publ., 2004. 333 p. (in Russian).
3. Belozarov V. V., Boguslavskiy E. I., Topolskiy N. G. Optimization model of socio-economic losses from fires. In: *Problems of Information Economy. Issue VI. Modeling of Innovative Processes and Economic Dynamics*. Collection of scientific papers. R. M. Nizhegorodtseva (ed.). Moscow, LENAND Publ., 2006, pp. 226–247 (in Russian).
4. Brushlinskiy N. N., Korolchenko A. Ya. *Modeling of fires and explosions*. Moscow, Pozhnauka Publ., 2000. 492 p. (in Russian).
5. Matyushin A. V., Poroshin A. A., Kharin V. V., Shishkov M. V., Bobrinev E. V., Udavtsova E. Yu. Technique of effectiveness assessment of staffing authorities of Emercom of Russia. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal (Technology of Technosphere Safety. Internet-Journal)*, 2014, issue 6(58). 8 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-6/05-06-14.ttb.pdf> (Accessed 20 September 2016).
6. An Ah Young, Ryu Eun Mi, Kim Hee Sun. Investigations on structural safety of office room based on fire simulation and transient heat transfer analysis. *World Journal of Engineering and Technology*, 2014, vol. 2, no. 3, pp. 20–26. DOI: 10.4236/wjet.2014.23B004.
7. Andrea Duane, Miriam Pique, Marc Castellnou, Lluís Brotons. Predictive modeling of fire occurrences from different fire spread patterns in Mediterranean landscapes. *International Journal of Wildland Fire*, January 2015, vol. 24, no. 3, pp. 407–418. DOI: 10.1071/WF14040. Available at: https://www.researchgate.net/publication/275869989_Predictive_modelling_of_fire_occurrences_from_different_fire_spread_patterns_in_Mediterranean_landscapes (Accessed 20 September 2016).
8. Hostikka S., Keski-Rahkonen O. Probabilistic simulation of fire scenarios. *Nuclear Engineering and Design*, 2003, vol. 224, no. 3, pp. 301–311. DOI: 10.1016/S0029-5493(03)00106-7.
9. Janssen M. L. *An introduction to mathematical fire modeling*. 2nd ed. Lancaster, PA, Technomic Publ., 2000. 275 p.
10. Kazemi M., Kunt M. M., Aghayan I., Larijani R. J. Optimization model for fire station location based on GIS and Python: a case study in North Cyprus. *Applied Mechanics and Materials*, 2013, vol. 330, pp. 1059–1064. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.330.1059.
11. Pan X., Han C. S., Dauber K., Law K. H. Human and social behavior in computational modeling and analysis of egress. *Automation in Construction*, 2006, vol. 15, no. 4, pp. 448–461. DOI: 10.1016/j.autcon.2005.06.006.
12. Wuschke K., Clare J., Garis L. Temporal and geographic clustering of residential structure fires: a theoretical platform for targeted fire prevention. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 62, part A, pp. 3–12. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.07.003.
13. Xin J., Huang C. Fire risk analysis of residential buildings based on scenario clusters and its application in fire risk management. *Fire Safety Journal*, 2013, vol. 62, part A, pp. 72–78. DOI: 10.1016/j.firesaf.2013.09.022.
14. Yunjun Han, Xiaohong Guan, Leyuan Shi. Optimization based method for supply location selection and routing in large-scale emergency material delivery. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*, 2011, vol. 8, no. 4, pp. 683–693. DOI: 10.1109/TASE.2011.2159838.
15. Minaev V. A., Trostyanskiy S. N., Chu Quoc Minh. Estimation of the fires occurrence probability in violations of the requirements for fire safety. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal (Technology of Technosphere Safety. Internet-Journal)*, 2013, issue 5(51). 7 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-5/18-05-13.ttb.pdf> (Accessed 20 September 2016).
16. Minaev V. A., Trostyanskiy S. N., Skryl S. V., Zenin Yu. N., Bakaeva G. A., Chu Quoc Minh. Fire safety characteristics and the probability of fires occurrence: modeling the relationship. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti. Internet-zhurnal (Technology of Technosphere Safety. Internet-Journal)*, 2013, issue 6(52). 9 p. (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-6/09-06-13.ttb.pdf> (Accessed 20 September 2016).
17. Minaev V. A., Chu Quoc Minh. Managing fire risk in Vietnam based on the of active systems theory. In: *Proceedings of the International scientific-practical conference “Complex Problems of Technospheric Security”*. Voronezh, Voronezh State Technical University Publ., 2014, pp. 104–109 (in Russian).

18. Burkov V. N. *Fundamentals of active systems mathematical theory*. Moscow, Nauka Publ., 1984. 255 p. (in Russian).
19. Burkov V. N., Burkova I. V. *Control problems in social and economic systems*. Moscow, Sinteg Publ., 2005. 256 p. (in Russian).
20. Burkov V. N., Korgin N. A., Novikov D. A. *Introduction to the theory of control of organizational systems*. Moscow, Book House "LIBRIKOM", 2009. 264 p. (in Russian).
21. Burkov V. N., Novikov D. A. *How to manage organizations*. Moscow, Sinteg Publ., 2004. 400 p. (in Russian).
22. Polovinkina A. I. Economic mechanisms of increasing the level of fire safety. In: *Proceedings of 15th International Conference on Systems Science*. Wrocław, Poland, 2004, vol. III, pp. 426–429.
23. Minaev V. A., Topolskiy N. G., Chu Quoc Minh. Fire risks management with the use of active system theory. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvrashcheniye, likvidatsiya — Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, 2014, no. 4, pp. 59–65 (in Russian).
24. Minaev V. A. *Human resources of Internal Affairs Agencies: modern approaches to management*. Moscow, Academy of the Internal Affairs Ministry of USSR Publ., 1991. 163 p. (in Russian).

For citation: Matyushin A. V., Minaev V. A., Ovsyanik A. I., Simakov V. V., Topolskiy N. G., Chu Quoc Minh. Modeling of interrelations fire service resources – fire safety characteristics. *Pozharovzryvobezопасnost — Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 11, pp. 62–70. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.11.62-70.



Издательство «ПОЖНАУКА»

Представляет книгу

Д. Г. Пронин, Д. А. Корольченко

НАУЧНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБОСНОВАНИЕ РАЗМЕРОВ ПОЖАРНЫХ ОТСЕКОВ В ЗДАНИЯХ И СООРУЖЕНИЯХ : монография.

— М. : Издательство "ПОЖНАУКА", 2014. — 104 с. : ил.



Изложены современные подходы к нормированию площадей пожарных отсеков и раскрыты требования к ним. Предложен метод научно-технического обоснования размеров пожарных отсеков с учетом вероятностного подхода на основе расчета пожарного риска. Рассмотрены возможности расчета вероятностных показателей, используемых в разработанном методе. Представлены основные достижения в данном направлении отечественной и зарубежной науки; приведены сведения о положительных и отрицательных сторонах действующей системы технического регулирования.

Монография ориентирована на научных и инженерных работников, занимающихся вопросами проектирования противопожарной защиты зданий и сооружений, а также на научных и практических работников пожарной охраны, преподавателей и слушателей учебных заведений строительного и пожарно-технического профиля, специалистов страховых компаний, занимающихся вопросами оценки пожарного риска.

Монография рекомендуется к использованию при выполнении научно-исследовательских и нормативно-технических работ по оптимизации объемно-планировочных и конструктивных решений зданий и сооружений, в том числе тех, на которые отсутствуют нормы проектирования, а также при проведении оценки страхования пожарных рисков.

Разработанный метод расчета может быть положен в основу технических регламентов и сводов правил в области строительства и пожарной безопасности.

121352, г. Москва, а/я 43; тел./факс: (495) 228-09-03; e-mail: info@fire-smi.ru