

А.В. Абаев, С.А. Шнейгельбергер
(Иркутский государственный университет путей сообщения;
e-mail: stas.schneige@yandex.ru)

ОБ ОЦЕНКЕ ВРЕМЕННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ

Изложены основные положения разработанной авторами методики оценки временных характеристик функционирования пожарных подразделений.

Ключевые слова: пожарное подразделение, диспетчерская служба, случайная величина.

A.V. Abaev, S.A. Shneyigelberger
**ABOUT ASSESSMENT TIMING CHARACTERISTICS
OF FIRE DEPARTMENTS OPERATION**

The basic position of the authors' methodology for assessing timing characteristics of fire departments operation are described.

Key words: fire department, dispatching service, random variable.

Особенность оперативной деятельности противопожарной службы заключается в том, что она осуществляется в условиях воздействия огромного количества разнообразных внутренних и внешних факторов, имеющих случайный характер и играющих существенную роль в процессе функционирования пожарных подразделений. Так как оценочные показатели процесса развития и тушения пожара рассматриваются как функции времени, то основными величинами, характеризующими оперативную деятельность пожарных подразделений, будут являться временные характеристики.

Рассмотрим условия постановки задачи.

В *диспетчерскую службу (ДС)* населённого пункта или промышленного предприятия в случайные моменты времени с определенной интенсивностью поступают сообщения о возможных пожарах, авариях и других опасных событиях, в ликвидации которых должны участвовать пожарные подразделения. Диспетчер на основании расписания выездов и с учётом характера поступившего вызова высылает то или иное число оперативных отделений. Обслуживание каждого вызова продолжается также некоторое случайное время, по истечению которого оперативное отделение возвращается на место дислокации и ожидает очередного вызова.

Рассмотрим математическую модель данного процесса.

Поступление вызовов в ДС населённого пункта или промышленного предприятия протекает неравномерно и носит вероятностный характер. Под временем занятости пожарных подразделений понимается промежуток времени с момента выезда пожарных подразделений из депо по вызовам до момента их постановки в боевой расчёт или до момента их готовности к следующему выезду после возвращения на место дислокации. Эта характеристика является суммой нескольких продолжительных промежутков времени.

Временные характеристики процесса пожаротушения являются непрерывными случайными величинами и могут быть описаны соответствующими функциями распределения на основе данных статистических наблюдений с учётом сложности параметров пожара.

Сложность пожара и время его обслуживания пожарными подразделениями являются интеркоррелированными величинами. Однако при обосновании необходимого количества сил и средств противопожарной службы не учитывается "время развития пожара до сообщения о нём в пожарное подразделение". Это связано с тем, что данная временная характеристика не относится к времени занятости пожарного подразделения обслуживанием вызова, но существенно влияет на время локализации и ликвидации пожара, то есть – его продолжительность. Определить данную временную характеристику возможно только расчётным методом, исходя из уже сложившейся к этому времени обстановки. Причём оценить обстановку на пожаре *руководитель тушения пожара (РТП)* может только прибыв к месту вызова.

С другой стороны, если бы РТП имел данные о времени развития пожара до сообщения на момент поступления вызова, то была бы возможность оценить параметры пожара к моменту прибытия пожарного подразделения. Поэтому необходимо определить время развития пожара до сообщения о нём в ДС по исходной информации. Отметим, что учёт статистических данных по времени развития пожара до сообщения, согласно [2], не ведётся. По данным [3], это время принимают равным 8-12 мин., а при наличии автоматической пожарной сигнализации – 5 мин. Однако, учитывая важность этой характеристики при оценке параметров пожара, а также её совокупное влияние на время занятости пожарных подразделений обслуживанием вызова, далее предлагается алгоритм оценки $\tau_{до_сообщ.}$.

Рассмотрим стадию свободного развития пожара с момента его возникновения до момента ввода первого ствола и начала тушения. Время свободного развития пожара рассчитывается по следующей формуле:

$$\tau_{св._разв._пож.} = \tau_{до_сообщ.} + \tau_{сообщ.} + \tau_{следования} + \tau_{боевого_развёрт.} \quad (1)$$

В этом случае время свободного развития пожара можно определить исходя из площади пожара на любой момент времени до ввода первого ствола. Формулы для расчёта площади пожара S_n на момент времени τ для различных форм его развития приведены в табл. 1 согласно [3-5].

Преобразуем данные формулы (табл. 1) при различных формах развития пожара на момент времени прибытия 1-го подразделения (табл. 2).

Учитывая, что оценить площадь пожара РТП предоставляется возможным только на момент прибытия подразделения к месту пожара

$$\tau_{до_сообщения} = \tau_{прибытия} - \tau_{следования} - \tau_{сообщения}, \quad (2)$$

при этом время свободного развития пожара

$$\tau_{св._разв._пож.} = \tau_{прибытия} + \tau_{боевого_развёрт.} \quad (3)$$

Таблица 1

Форма развития пожара	Условие развития пожара	
	При $\tau \leq 10$ мин.	при $\tau > 10$ мин.
Круговая	$S_n = \pi R^2 = \pi(0,5 \cdot V_{л} \cdot \tau)^2$	$S_n = \pi R^2 = \pi(0,5 \cdot V_{л} \cdot 10 + V_{л} \cdot (\tau - 10))^2$
Полукруговая	$S_n = \pi R^2 = \frac{\pi}{2}(0,5 \cdot V_{л} \cdot \tau)^2$	$S_n = \pi R^2 = \frac{\pi}{2}(0,5 \cdot V_{л} \cdot 10 + V_{л} \cdot (\tau - 10))^2$
Угловая (сегментная)	$S_n = \pi R^2 = \frac{\pi}{4}(0,5 \cdot V_{л} \cdot \tau)^2$	$S_n = \pi R^2 = \frac{\pi}{4}(0,5 \cdot V_{л} \cdot 10 + V_{л} \cdot (\tau - 10))^2$
Прямоугольная	$S_n = n a (0,5 V_{л} \tau)$	$S_n = n a (0,5 \cdot V_{л} \cdot 10 + V_{л} \cdot (\tau - 10))$

где $V_{л}$ – скорость распространения пожара;

τ – время распространения пожара;

n – количество направлений распространения пожара;

a – длина фронта пожара.

Таблица 2

Форма развития пожара	Формулы расчёта времени прибытия 1-го подразделения, $\tau_{\text{прибытия}}$	
	Круговая	Если $S_n \leq \pi (5 \cdot V_{л})^2$, то $\tau_{\text{прибытия}} = \sqrt{\frac{S_n}{\pi(0,5 \cdot V_{л})^2}}$
Полукруговая	Если $S_n \leq \frac{\pi}{2} (5 \cdot V_{л})^2$, то $\tau_{\text{прибытия}} = \sqrt{\frac{S_n}{\frac{\pi}{2}(0,5 \cdot V_{л})^2}}$	Если $S_n > \frac{\pi}{2} (5 \cdot V_{л})^2$, то $\tau_{\text{прибытия}} = 5 + \sqrt{\frac{S_n}{\frac{\pi}{2} \cdot V_{л}^2}}$
	Угловая (сегментная)	Если $S_n \leq \frac{\pi}{4} (5 \cdot V_{л})^2$, то $\tau_{\text{прибытия}} = \sqrt{\frac{S_n}{\frac{\pi}{4}(0,5 \cdot V_{л})^2}}$
Прямоугольная	Если $S_n \leq n a (5 \cdot V_{л})$, то $\tau_{\text{прибытия}} = \frac{S_n}{n a (0,5 \cdot V_{л})}$	Если $S_n > n a (5 \cdot V_{л})$, то $\tau_{\text{прибытия}} = 5 + \frac{S_n}{n a V_{л}}$

Проанализировав временные характеристики процесса возникновения, развития и тушения пожаров с целью обоснования их применения при проведении эксперимента, сформулируем следующие выводы.

Время до сообщения о пожаре определяется опытным путём на основе статистических исследований посредством имитационного моделирования.

Время следования к месту пожара определяется двумя способами: первый – посредством прямого вычисления по классической формуле, где указывается приближенное расстояние по географической карте и средняя скорость движения пожарного автомобиля: от 30 км/ч до 40 км/ч; другой – предполагает опытное определение на основе статистического исследования этой величины и последующего имитационного моделирования.

Время боевого развёртывания принимается в соответствии с нормативными документами, но так как эта характеристика зависит от сложности пожара, удаленности водоисточников и ряда других факторов, то в этом случае целесообразнее определять эту величину на основе статистического исследования и последующего имитационного моделирования в соответствии:

$$\tau_{\text{боевого_развертывания}} = \tau_{1_ствола} - \tau_{\text{прибытия}}, \quad (4)$$

где $\tau_{1_ствола}$ – время ввода первого ствола.

Время локализации и время ликвидации пожара определяются двумя способами: первый – посредством прямого вычисления по классической формуле [3, 4], а второй – опытное определение на основе статистического исследования этой величины и последующего имитационного моделирования.

Другие характеристики не являются определяющими при оценке и прогнозировании параметров развития пожара, поэтому в расчётную часть задачи не включены.

Определение соответствующей временной характеристики осуществляется в следующем порядке.

1. Проводится определение соответствующих временных характеристик на основе анализа распределения числа пожаров по диапазонам для всех пожарных подразделений с учётом ранее проведенных статистических исследований. Длительность экспериментального периода зависит от характера пожара по отношению к рассматриваемому объекту.

2. Для пожарной части, в районе обслуживания которой произошёл пожар, по результатам п. 1 определяется значение соответствующей временной характеристики.

3. Пункты 1 и 2 последовательно повторяются для определения других временных характеристик.

4. Определяется суммарное время свободного развития пожара для непосредственного вычисления его площади на момент ввода первого ствола.

На основе полученных результатов рассчитывается интенсивность подачи огнетушащих веществ ($I_{\text{тр}}$), их требуемый расход ($Q_{\text{тр}}$) и необходимое количество сил и средств пожарной охраны ($N_{\text{л.с.}}^{\text{тп}}$) в соответствии с [6].

Практический интерес представляет также прогнозирование параметров развития пожара после ввода первого ствола на пожаротушение.

Традиционный подход основывается на определении времени следования к месту пожара привлекаемого пожарного подразделения. С другой стороны, расстояние от привлекаемого подразделения до объекта пожаротушения является случайной величиной, которая распределяется по равномерному закону. Поэтому имитационное моделирование с целью оценки и прогнозирования параметров пожара после ввода первого ствола может осуществляться на основе следующего подхода.

1. Реализуются этапы предыдущей процедуры.
2. Для привлекаемого пожарного подразделения на основе имитационного моделирования определяется расстояние до места пожара.
3. Определяется время следования ($\tau_{\text{следования}}$), площадь пожара, фактический расход огнетушащих веществ (Q_{ϕ}), интенсивность их подачи (I_{ϕ}).
4. В случае невыполнения условий $I_{\text{тр}} \leq I_{\phi}$, $Q_{\text{тр}} \leq Q_{\phi}$, $N^{\text{ТР}}_{\text{л.с.}} \leq N^{\phi}_{\text{л.с.}}$, пункты 2-4 повторяются, в противном случае процесс моделирования прекращается.

Для оценки ситуации на объекте защиты в случае предполагаемого пожара составляется соответствующая оперативно-служебная документация, в которой вполне уместно использование усредненных значений временных характеристик развития и тушения пожара на основе результатов статистических исследований. В ситуациях реально развивающегося пожара такие расчёты неприемлемы. В работах [7-10] справедливо отмечается, что адекватность построенной модели зависит от достоверности исходных данных, которая, в свою очередь, зависит от длины выборки. При проведении имитационного моделирования достоверность данных, полученных в результате эксперимента моделирования стохастических факторов, будет зависеть от количества испытаний. В качестве первичной информации для моделирования предлагается использовать данные государственной статистической отчётности [2].

На практике не всегда представляется возможным привлечение тех подразделений, которые находятся в непосредственной близости от места возникновения пожара. Такие ситуации обуславливаются возможной одновременной занятостью этих подразделений. С другой стороны, при возникновении пожара основным критерием эффективности оперативной деятельности пожарных подразделений гарнизона является минимальное время прибытия к месту вызова.

Время прибытия зависит не только от скорости движения пожарного автомобиля, но и от удалённости объекта пожара. При этом ввод средств на пожаротушение прибывшим на место первым подразделением не позволяет гарантировать локализацию пожара.

Поэтому другой практической задачей, требующей решения, является мониторинг рационального распределения дополнительных сил и средств пожарных подразделений и обоснования их достаточности при одновременной занятости. Для решения этой задачи предлагается дополнить рассмотренную процедуру подходом, предусматривающим распределение ресурсов на основе определенных критериев оптимизации.

Литература

1. **Бутырин О.В., Абаев А.В.** Технология оценивания эффективности функционирования системы обеспечения пожарной безопасности промышленных предприятий. Иркутск: ИрГУПС, 2010. 132 с.
2. **Приказ** МВД России от 30.06.94 г. № 332 "Об утверждении документов по государственному учёту пожаров и последствий от них в Российской Федерации".
3. **Самойлов В.И., Тарханов А.П., Деденко М.М.** Пожарная тактика. Справочное пособие. ВСИ МИД России, Иркутск, 2005. С. 47-50.
4. **Кимстач И.Ф., Девлишев П.П., Евтюшкин Н.М.** Пожарная тактика. М.: Стройиздат, 1984. С. 13-17, 22-32, 144-151, 236-250.
5. **Пожарная тактика** // Под ред. Повзика Я.С. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1984. С. 87-93, 100-102.
6. **Литвак Б.Г.** Разработка управленческого решения: учебник для вузов. М.: Дело, 2003. 392 с.
7. **Проверка** адекватности математических моделей процесса функционирования аварийно-спасательных служб / Алехин Е.М., Брушлинский Н.Н., Коломиец Ю.И., Соколов С.В., Белых А.В., Вагнер П. // Проблемы безопасности при чрезвычайных ситуациях, 1997. Вып. 10. С. 47-54.
8. **Прикладная статистика: Основы моделирования и первичная обработка данных** / Айвазян С.А. и др. М.: Финансы и статистика, 1983. 471 с.
9. **Брушлинский Н.Н.** Моделирование оперативной деятельности пожарной службы. М.: Стройиздат, 1981. С. 23-26, 96, 104.
10. **Брушлинский Н.Н.** Системный анализ деятельности Государственной противопожарной службы: учебник. М.: МИПБ МВД России, 1998. 255 с.

Статья опубликована 29 апреля 2013 г.