

А.В. Матюшин, Нго Куанг Тоан (Россия, Вьетнам)
(ВНИИПО МЧС России, Академия ГПС МЧС России;
e-mail: QuangToan0206@gmail.com)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СКОРОСТИ СЛЕДОВАНИЯ ПОЖАРНЫХ ПОДРАЗДЕЛЕНИЙ К МЕСТУ ПОЖАРА В ГОРОДЕ

Проведён анализ выездов пожарных подразделений в городе Ханое (Вьетнам). Разработаны предложения по определению скорости пожарного автомобиля при воздействии факторов внешней среды, осложняющих его движение.

Ключевые слова: выезды пожарных подразделений, скорость следования.

A.A. Matyushin, Ngo Quang Toan (Vietnam, Russia)

DETERMINATION OF VELOCITY TRAFFIC OF FIRE BRIGADE TO THE FIRE PLACE IN THE CITY

The analysis of departures of fire brigades in the city of Hanoi (Vietnam) was carried out. Proposals to determine the speed of fire fighting vehicles under the influence of environmental factors which impede his movement was developed.

Key words: departures of fire brigades, velocity traffic.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 15 апреля 2015 г.

Задача обоснования числа и мест дислокаций, а также ресурсной потребности оперативных подразделений пожарной охраны для защиты населённых пунктов от пожаров продолжает оставаться актуальной в связи с потребностью планирования деятельности чрезвычайных служб в условиях активного строительства зданий (сооружений), усложнения ситуаций на улицах населённых пунктов, значительного изменения климата на планете и др.

Следует отметить, что в мире существует ряд научно-методических разработок, посвящённых решению рассматриваемой задачи. В англоязычных странах они изложены, например, в публикациях [1, 2]. В России различные взгляды и соответствующие методы решения приведены в работах [3-5].

Научно-методические основы решения задач обоснования числа, мест дислокаций и ресурсной потребности оперативных подразделений пожарной охраны населённого пункта, включающие расчёт максимально допустимого расстояния от защищаемого объекта (сооружения) до пожарного депо, схем его развития и параметров противопожарной защиты зданий (сооружения) и территории населённого пункта, изложены в [7] и внедрены в нормативном документе по пожарной безопасности – СП 11.13130.2009 "Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения" [8].

В целях апробации и внедрения российской методологии обоснования числа, мест дислокаций и ресурсной потребности оперативных подразделений пожарной охраны, изложенной в нормативном документе [8], в деятельность пожарно-спасательной службы Вьетнама, проведён комплекс теоретических

и экспериментальных исследований, учитывающих природно-климатические факторы и особенности транспортных магистралей населённых пунктов Вьетнама.

В СП 11.13130.2009 [8] приведены расчётные формулы для определения максимально допустимого расстояния от защищаемого объекта (сооружения) до пожарного депо при различных целях выезда оперативных подразделений на пожар. Как показывает анализ этих формул, одним из важных показателей является скорость следования подразделений пожарной охраны на место пожара ($v_{сл}$, км/ч). Корректное вычисление скорости следования оперативных подразделений, с учётом особенностей населённых пунктов Вьетнама, позволяет определять пространственные зоны размещения пожарных депо на основе расчёта максимально допустимого расстояния от защищаемого объекта (сооружения) до пожарного депо. Наряду с этим данный параметр используется при проведении имитационного моделирования деятельности пожарной охраны в целях определения эффективности её функционирования и для выполнения других задач.

Определение скорости следования подразделений пожарной охраны на место пожара может базироваться на двух подходах. Первый основан на **анализе статистической информации** по выездам подразделений пожарной охраны на вызовы за определённый промежуток времени (обычно – календарный год).

В основе второго подхода лежит **экспериментальный метод**. Данные о скорости движения пожарных автомобилей получают путём измерения скоростей их движения по участкам транспортной сети населённого пункта в определённые промежутки времени.

Как в первом, так и во втором случае осуществляется построение эмпирических функций распределения исследуемой скорости следования на основе гистограмм, с соответствующей оценкой параметров распределений (среднего значения и среднеквадратичного отклонения).

Общий теоретический подход к построению гистограмм и вычислению их параметров описан в [9]. Практическая реализация этого подхода – в [10].

Вычисления параметров распределения скорости следования проводятся следующим образом. Формируется выборка случайных величин скорости следования $\{v\} = \{v_1, v_2, \dots, v_N\}$, где N – размер выборки. По ней строится группированный статистический ряд. Для определения количества интервалов группировки (L) используется формула Брукса:

$$L = 5 \lg N. \quad (1)$$

Длина интервала группировки (шаг гистограммы) Δv определяется по разности между минимальным $v_{\min} = \min\{v_1, v_2, \dots, v_N\}$ и максимальным значениями выборки $v_{\max} = \max\{v_1, v_2, \dots, v_N\}$. Расчёт ведётся по формуле:

$$\Delta v = (v_{\max} - v_{\min}) / (L - 1), \quad (2)$$

Границы k -го интервала гистограммы определяются по формулам:

$$v_{k-1} = v_{\min} - 0,5 k \Delta v, \quad (3)$$

$$v_k = v_{k-1} + \Delta v. \quad (4)$$

Определяется число n_k случайных величин из выборки $\{v\}$, попавших в k -й интервал $[v_{k-1}, v_{k-1} + \Delta v]$. Границы интервалов могут округляться, но обязательно должно соблюдаться постоянство шага гистограммы Δv .

Для построения группированного статистического ряда относительных частот вычисляются относительные частоты $p_k = n_k/N$, которые должны удовлетворять условию нормировки:

$$\frac{1}{N} \sum_{k=1}^N n_k = 1. \quad (5)$$

Для графического представления гистограммы вычисляются высоты (H_k) прямоугольников гистограммы:

$$H_k = n_k/\Delta v \quad (6)$$

и определяется максимальное значение высоты $H_{\max} = \max\{H_1, H_2, \dots, H_L\}$.

На оси абсцисс графиков гистограмм выбирается начальная точка v_0 и такой масштаб, чтобы полностью поместился отрезок $[v_0, v_L]$. На оси ординат выбирается начало отсчёта в точке 0 и такой масштаб, чтобы полностью поместился отрезок $[0, H_{\max}]$. Для каждого интервала $[v_{k-1}, v_k]$ строится прямоугольник высотой H_k с основанием Δv . В результате получается графическая форма - гистограмма абсолютных частот. Для построения гистограммы относительных частот в качестве высоты k -го прямоугольника используется величина $p_k/\Delta v = n_k/N/\Delta v$.

Математическое ожидание гистограммы (μ_{Γ}) определяется по формуле

$$\mu_{\Gamma} = x_0 + \Delta x \left(\sum_{k=1}^L p_k k - \frac{1}{2} \right). \quad (7)$$

Дисперсия гистограммы (σ_{Γ}^2) определяется по выражению вида

$$\sigma_{\Gamma}^2 = (\Delta x)^2 \left[\frac{1}{12} + \sum_{k=1}^L p_k K^2 - \left(\sum_{k=1}^L p_k K \right)^2 \right]. \quad (8)$$

Соответственно, среднеквадратичное отклонение (σ_{Γ}) равно

$$\sigma_{\Gamma} = \sqrt{\sigma_{\Gamma}^2}. \quad (9)$$

На основе этого подхода определены параметры распределения скорости следования пожарных автомобилей к местам вызовов для города Ханоя за 2014 год. Исходные данные для расчёта скоростей следования пожарных автомобилей определялись по журналу вызовов. Фиксировалось астрономическое время выезда пожарных подразделений и время их прибытия к месту

пожара. По спидометру определялось расстояние от пожарной части до места вызова. На основе этих исходных данных рассчитывалась скорость следования пожарных подразделений для каждого вызова. Объём статистической выборки (количество вызовов за 2014 год) составил $N = 165$.

Гистограмма распределения скорости следования пожарных подразделений к местам пожаров в г. Ханой в 2014 году приведена на рис. 1.

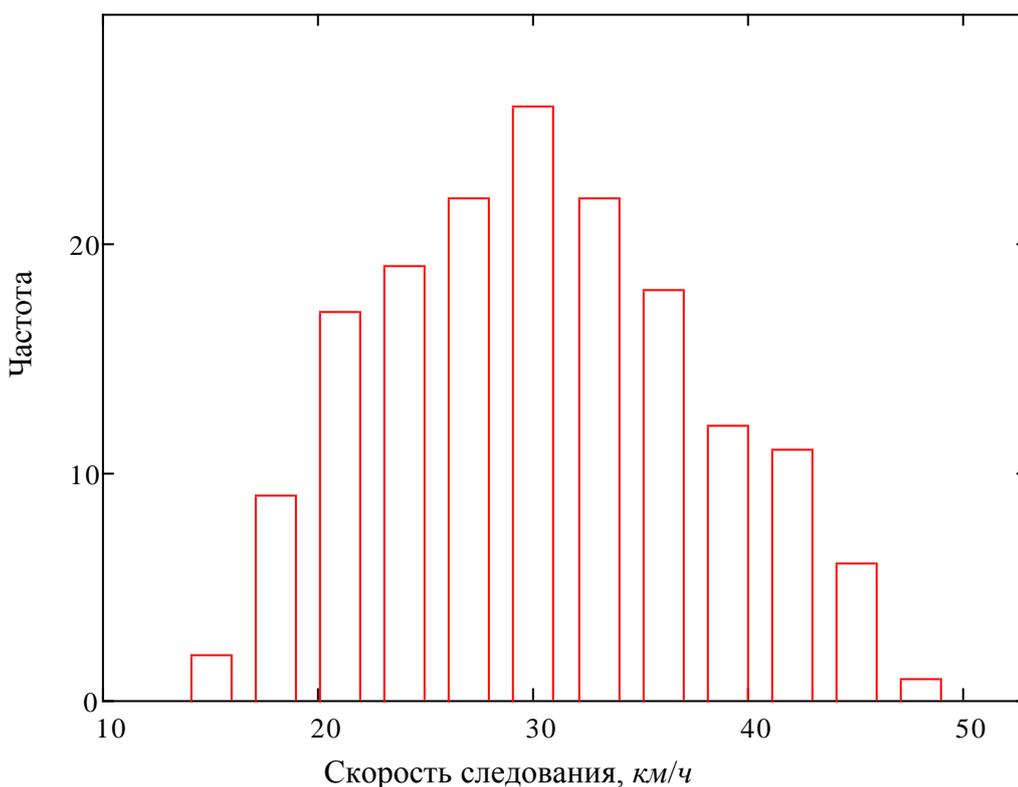


Рис. 1. Гистограмма распределения скорости следования пожарных подразделений к местам пожаров в г. Ханой в 2014 году

Анализ гистограммы показал следующее.

Среднее значение скорости следования пожарных подразделений в г. Ханой в 2014 году составило $30,3 \text{ км/ч}$, дисперсия – $55,7 (\text{км/ч})^2$, среднеквадратичное отклонение – $7,5 \text{ км/ч}$.

Вследствие того, что на скоростные характеристики движения пожарных подразделений существенным образом влияют различные факторы (пробки на дорогах, в сезон дождей резко снижаются скорости транспортных средств и др.), для решения поставленных задач предлагается использовать **границное значение скорости** ($v_{гр}$) – скорость движения пожарных подразделений

при наличии неблагоприятных факторов (погодные условия, пробки на дорогах и др.):

$$v_{гр} = \mu_{г} - \sigma_{г}, \quad (10)$$

где $\mu_{г}$ – среднее значение скорости следования пожарных подразделений, км/ч;

$\sigma_{г}$ – среднеквадратичное отклонение скорости, км/ч.

Для г. Ханой граничное значение скорости следования пожарных подразделений составляет 22,8 км/ч.

Данное значение скорости при расчёте максимально допустимого расстояния от защищаемого объекта (сооружения) до пожарного депо при выезде пожарных подразделений на пожар, схем его развития и параметров противопожарной защиты зданий (сооружения) и территории населённого пункта.

Заключение

Для решения задачи по обоснованию числа и мест дислокаций, а также ресурсной потребности оперативных подразделений пожарной охраны для защиты населённых пунктов от пожаров необходимо определить максимально допустимое расстояние от защищаемого объекта (сооружения) до пожарного депо. В состав расчётных формул данного расстояния входит скорость следования подразделений пожарной охраны на место пожара. Для её определения предложен метод, в основе которого лежит построение эмпирических распределений случайных величин и вычисление их характеристик. Эти распределения скорости движения пожарных автомобилей к месту вызова можно получить либо путём анализа статистической информации по выездам подразделений пожарной охраны на вызовы, либо экспериментальным методом путём измерения скоростей движения автомобилей по транспортной сети населённого пункта.

На основе данного метода проведены вычисления скоростей следования подразделений пожарной охраны к местам вызовов в г. Ханой за 2014 год. С учётом наличия неблагоприятных факторов (погодные условия, пробки на дорогах и др.) скорость пожарного автомобиля составила около 23 км/ч.

Данную величину предлагается использовать для расчёта максимально допустимых расстояний от защищаемых зданий (сооружений) до пожарного депо в целях обеспечения выездов подразделений на пожары, схем развития депо и параметров противопожарной защиты зданий (сооружений) г. Ханой.

Литература

1. *Kolesar P., Walker W.* An algorithm for the dynamic relocation of fire companies // *Operations Res.* Vol. 22. № 2. 1974. Pp. 249-274.
2. *Chaiken J. M., Larson R.C.* Methods for allocating urban emergency units // *Management Sci.* Vol. 19. № 4. Part II. 1972. Pp. 110-130.
3. *Брушлинский Н.Н., Кафидов В.В., Козлачков В.И. и др.* Системный анализ и проблемы пожарной безопасности народного хозяйства. М.: Стройиздат, 1988. 413 с.
4. *Медведков А.А., Мешалкин Е.А., Сон Э.Г.* Расчёт оптимальной дислокации оперативных подразделений региона // *Экономика и управление в пожарной охране: Сб. науч. тр.* М.: ВНИИПО МВД России, 1985. С. 57-62.
5. *Мешалкин Е.А., Медведков А.А.* Модель расчёта числа оперативных отделений для обслуживания региона // *Проблемы пожарной безопасности объектов народного хозяйства и административно-территориальных единиц: Сб. науч. тр.* М.: ВНИИПО МВД России, 1988. С. 81-85.
6. *Матюшин А.В., Порошин А.А., Матюшин Ю.А.* Методологические основы определения необходимого числа оперативных подразделений пожарной охраны для защиты городских и сельских поселений от пожаров (новый взгляд на старую проблему) // *Пожарная безопасность.* 2005. № 3. С. 45-52.
7. *Матюшин А.В., Порошин А.А., Кондашов А.А., Матюшин Ю.А.* Определение максимально допустимого расстояния между пожарным депо и объектом предполагаемого пожара при стохастической постановке задачи // *Пожарная безопасность.* 2007. № 2. С. 103-121.
8. *СП 11.13130.2009.* Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения. М.: ВНИИПО МЧС России, 2009. 14 с.
9. *Орлов Ю.Н.* Оптимальное разбиение гистограммы для оценивания выборочной плотности функции распределения нестационарного временного ряда // *Препринты ИПМ им. М.В. Келдыша.* 2013. № 14. 26 с. <http://library.keldysh.ru/preprint.aspx?id=2013-14>.
10. *Методические* рекомендации по определению мест размещения подразделений пожарной охраны в населённых пунктах в целях доведения времени прибытия первого подразделения пожарной охраны до нормативных значений // *Утв. Главным Государственным инспектором Российской Федерации по пожарному надзору 30 декабря 2009 г. № 2-4-60-14-18.* М, 2009. 25 с.