

К. Ж. РАИМБЕКОВ, канд. физ.-мат. наук, заместитель начальника по научной работе, Кокшетауский технический институт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан (Республика Казахстан, 020000, Акмолинская обл., г. Кокшетау, ул. Акана-серы, 136; e-mail: kendeбай_63@mail.ru)

А. Б. КУСАИНОВ, магистр естественных наук, доцент кафедры защиты в чрезвычайных ситуациях, Кокшетауский технический институт Комитета по чрезвычайным ситуациям МВД Республики Казахстан (Республика Казахстан, 020000, Акмолинская обл., г. Кокшетау, ул. Акана-серы, 136; e-mail: arman_1703@mail.ru)

УДК 614.8.02

АНАЛИЗ ПОЖАРОВ В РЕСПУБЛИКЕ КАЗАХСТАН МЕТОДАМИ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Рассмотрены статистические данные по пожарам, происшедшим в Республике Казахстан в период с 2005 по 2016 гг. С помощью методов математической статистики проведен анализ производственных и бытовых пожаров. Установлено, что число пожаров за последние годы сократилось. Выявлены точечная и интервальная оценки, которые выступают в качестве контроля критических показателей при мониторинге и прогнозировании чрезвычайных ситуаций. Рассчитаны средние интервальные значения для 16 регионов Республики Казахстан, по которым проведен сравнительный анализ.

Ключевые слова: математическая статистика; чрезвычайная ситуация; пожар; мониторинг чрезвычайных ситуаций; прогнозирование чрезвычайных ситуаций; эмпирический закон распределения выборки.

DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.75-81

Введение

Минимизация рисков возникновения чрезвычайных ситуаций (ЧС) и их последствий является одним из важных приоритетов государства. Для этих целей реализуются различные управленческие решения: мониторинг и прогнозирование ЧС, подготовка сил и средств, обучение населения и др. [1].

Немаловажное значение при управлении рисками играет анализ ЧС, происшедших в предыдущие годы [2–6]. В настоящее время специалистами в области предупреждения и ликвидации ЧС проводятся различные виды анализа.

В настоящей работе авторами предлагается математический анализ пожаров, происшедших в Республике Казахстан [7].

Цель и задача исследования — адаптация методов математического анализа к оценке пожарной безопасности муниципальных образований Республики Казахстан.

Методология

Методологической основой исследования является теория математической статистики. До настоящего времени в Республике Казахстан не проводились исследования по оценке пожарной безопасности с применением элементов математической

статистики. Однако решение вопросов по повышению уровня пожарной безопасности регионов Республики Казахстан без подобных исследований невозможно.

В связи с этим возникла необходимость в адаптации известных методов математической статистики к оценке пожарной безопасности в Республике Казахстан. Использование элементов математической статистики позволило провести оценку пожарной безопасности для 16 регионов Республики Казахстан, чем и определяется актуальность исследования [8]. Применение методов математической статистики к оценке пожарной безопасности необходимо для принятия управленческих решений по обеспечению необходимого уровня пожарной безопасности регионов на основании предельных интервальных значений.

Авторами проведен математический анализ производственных и бытовых пожаров, происшедших в Республике Казахстан в период с 2005 по 2016 гг. (рис. 1) [9].

Составим вариационный ряд (т. е. расположим в порядке возрастания количество пожаров) генеральной совокупности объемом $n = 12$ выборок (число пожаров) [10]. Для наглядности распределение ко-

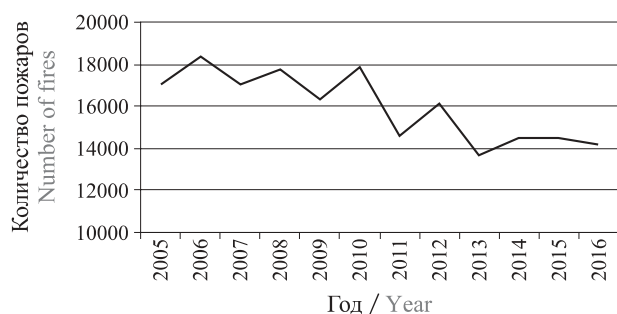


Рис. 1. Полигон распределения количества пожаров по годам [11]
Fig. 1. Polygon for the distribution of the number fires by year [11]

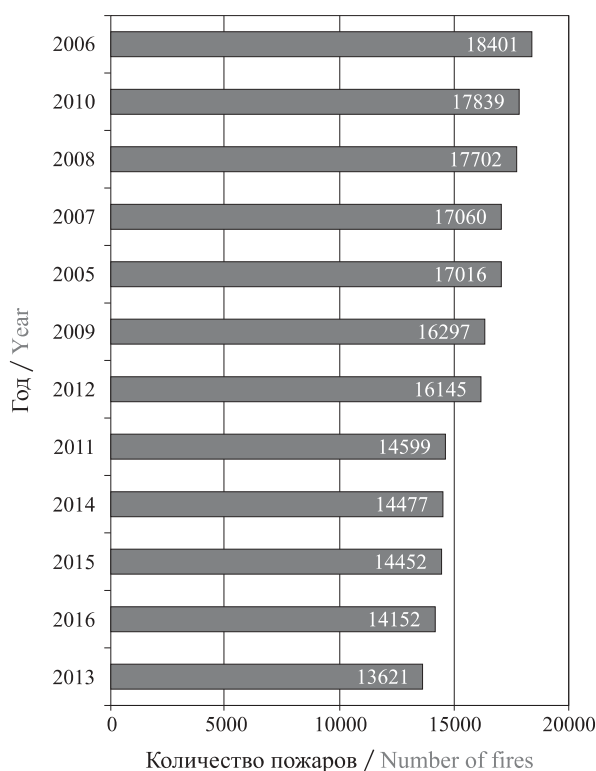


Рис. 2. Вариационный ряд количества пожаров
Fig. 2. Variational number of fires

личества пожаров по годам с 2005 по 2016 гг. представим в виде гистограммы (рис. 2).

Из рис. 2 видно, что количество пожаров за последние годы значительно сократилось [12]: с 18401 (наибольшее количество пожаров, зарегистрированное в 2006 г.) до 13621 (наименьшее количество пожаров, зафиксированное в 2013 г.). Соответственно, размах выборки (длина основного интервала, в который попадают все значения выборки), составил 4780 [13]. Это достаточно большая разница между количеством пожаров.

Результаты и их обсуждение

Проведем первичную обработку статистических данных. Разобьем основной интервал на 12 подынтервалов, длина каждого из которых составит $h_i =$

Таблица 1. Частота попадания числа пожаров из выборки в подынтервалы
Table 1. The frequency of the hit of the fires number from the sample to the subintervals

Подынтервал Subinterval	[13621; 14019,33)	[14019,33; 14417,66)	[14417,66; 14815,99)	[14815,99; 15214,32)	[15214,32; 15612,65)	[15612,65; 16010,98)	[16010,98; 16409,31)	[16409,31; 16807,64)	[16807,64; 17205,97)	[17205,97; 17604,30)	[17604,30; 18002,63)	[18002,63; 18401,00)
Частота попадания Frequency of hit	1	1	3	0	0	0	2	0	0	0	2	1

Таблица 2. Результаты первичной обработки статистических данных (эмпирический закон распределения выборки)
Table 2. Results of primary processing of statistical data (the empirical law of sample distribution)

Показатель Index	Середина подынтервала x_i / Subinterval middle x_i											
	13820,17	14218,5	14616,83	15015,16	15213,49	15811,82	16210,15	16608,48	17006,81	17405,14	17803,47	18201,82
Частота попадания Frequency of hit	1	1	3	0	0	0	2	0	2	0	2	1
Относительная частота Relative frequency	0,08	0,08	0,25	0	0	0	0,17	0	0,17	0	0,17	0,08
Плотность относительных частот Density of the relative frequencies	0,0002	0,0002	0,0006	0	0	0	0,0004	0	0,0004	0	0,0004	0,0002

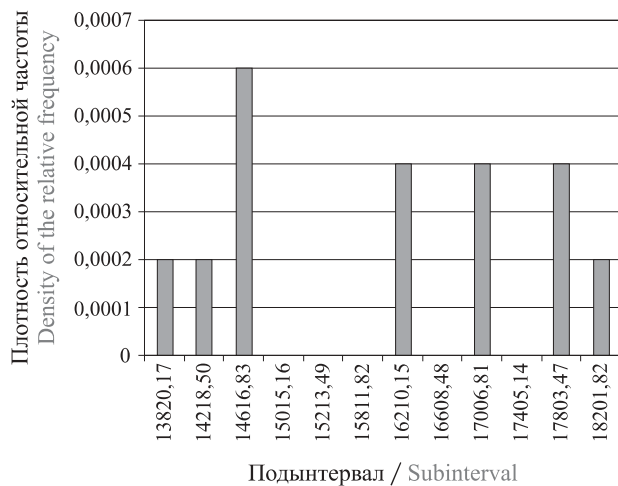


Рис. 3. Гистограмма выборки плотности относительных частот
Fig. 3. The histogram of the sample of relative-frequency density

= 398,33 ($i = \overline{1, 12}$) [14]. Определим количество попаданий значений числа пожаров в каждый подынтервал (табл. 1).

Из табл. 1 видно, что наибольшее число пожаров происходит в подынтервале от 14417,66 до 14815,99.

Далее по формулам n_i/n , $n_i/n \cdot h_i$ (где n_i — частота элемента выборки x_i) вычислим относительные частоты и плотности относительных частот [14] (табл. 2). В целях визуального анализа полученных в табл. 2 данных построена гистограмма плотности относительных частот (рис. 3).

По эмпирическому закону распределения выборки рассчитаем несмещенную оценку генеральной средней совокупности \bar{x}_B по формуле [14]:

$$\bar{x}_B = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^k n_i \cdot x_i. \quad (1)$$

Подставляя значения табл. 2 в формулу (1), получим $\bar{x}_B = 16010$. Данное значение достаточно велико, но в связи с тем что количество пожаров в республике сокращается, это значение со временем должно уменьшиться [13].

Далее рассчитаем смещенную оценку генеральной дисперсии (выборочная дисперсия D_B), несмещенную дисперсию (исправленная дисперсия S^2) и среднее квадратичное отклонение σ : $D_B = 2260986,1$; $S^2 = 2466530,3$ и $\sigma = 1571$ [14].

Доверительный интервал для оценки с надежностью $P = 0,95$ количества пожаров N_n в период с 2005 по 2016 гг. находим по формуле [15]:

$$\bar{x}_B - t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < N_n < \bar{x}_B + t \frac{\sigma}{\sqrt{n}}, \quad (2)$$

где $t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \delta$ точность оценки;

t — значение аргумента функции Лапласа $\Phi(t)$ [9].

Из условия (2) $\Phi(t) = 0,95$ находим, что $t = 1,96$. Тогда точность оценки $\delta = 890$, и формула (2) примет вид:

$$15120 < N_n < 16900. \quad (3)$$

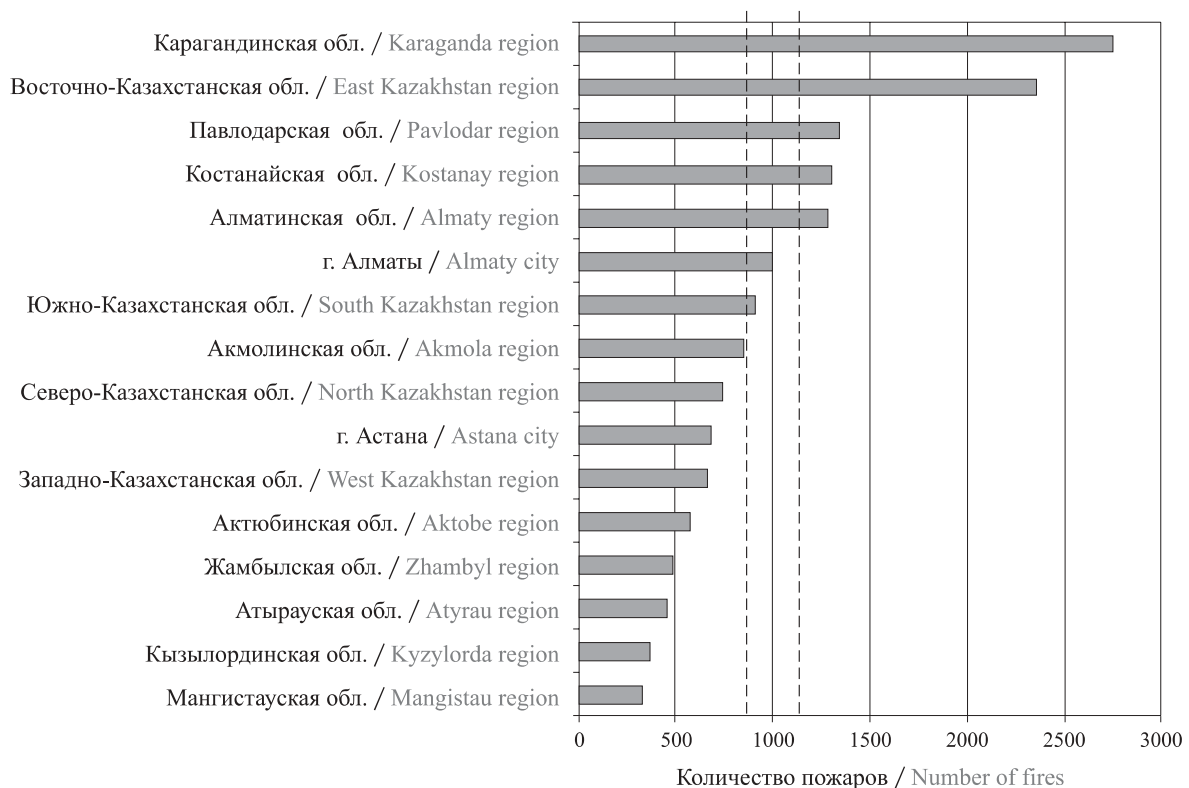


Рис. 4. Сравнительный анализ интервальных значений для регионов Казахстана (2005–2016 гг.)

Fig. 4. Comparative analysis of interval values for regions of Kazakhstan (2005–2016)

Согласно полученным интервальным значениям (3) рассчитаем средние интервальные значения для 16 регионов Республики Казахстан:

$$945 < N_{п(16)} < 1056. \quad (4)$$

По полученным интервальным значениям (4) проведем сравнительный анализ для 16 регионов Республики Казахстан (рис. 4).

Из рис. 4 видно, что в Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Костанайской и Алматинской областях количество пожаров в период с 2005 по 2016 гг. выходило за пределы правого (критического) значения интервала (4). На основании этого делаем вывод, что обстановку с пожарами в указанных регионах можно охарактеризовать как критическую.

В целях обеспечения определенного уровня пожарной безопасности уполномоченным органам в области пожарной безопасности необходимо, как минимум, удерживать количество пожаров в границах доверительного интервала (но при этом относиться к такой ситуации, как к критической), а желательнее всего — ниже правой границы доверительного интервала [16]. Для этого необходимо на постоянной

основе анализировать и прогнозировать обстановку с пожарами, разрабатывать и реализовывать соответствующие управленческие решения, а также повышать культуру безопасности общества [17, 18].

Выводы

Математический анализ пожарной безопасности в регионах Республики Казахстан показал, что в 5 регионах республики (Карагандинской, Восточно-Казахстанской, Павлодарской, Костанайской и Алматинской областях) уровень пожарной безопасности хуже среднереспубликанского показателя. В связи с этим местным исполнительным органам и уполномоченным органам в области пожарной безопасности указанных регионов необходимо усилить работу по реализации управленческих решений по минимизации пожарной опасности до границ доверительного интервала [19].

Предложенный подход к оценке уровня пожарной безопасности целесообразно использовать при проектировании противопожарных подразделений [20] и выделении средств на реализацию мероприятий по снижению пожарных рисков на соответствующих территориях.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Брушлинский Н. Н., Иванов О. В., Кленко Е. А., Соколов С. В. Пожарные риски (основы теории) : монография. — М. : Академия ГПС МЧС России, 2015. — 65 с.
2. Annual report. Les statistiques des services d'incendie et de secours [Statistics of fire service calls in France]. — Edition 2015 (in French). URL: <https://www.interieur.gouv.fr> (дата обращения: 05.01.2018).
3. Annual report. The Singapore Civil Defense Force. — Edition 2015. URL: <https://www.scdf.gov.sg> (дата обращения: 05.01.2018).
4. Annual report. Annuario statistico del corpo nazionale dei vigili del fuoco [Annually statistics of fire service in Italy]. — Edition 2015. URL: <http://www.vigilfuoco.it> (дата обращения: 05.01.2018).
5. Annual report. Fire and Rescue Statistical Release. — Edition 2015. — London : Department for Communities and Local Government, 2015.
6. Annual report. New Zealand Fire service commission. — Edition 2015. URL: <https://fireandemergency.nz> (дата обращения: 05.01.2018).
7. Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б. Прогнозирование пожаров статистическим методом // Технологии техносферной безопасности. — 2017. — № 2(72). — С. 50–54. URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-2/13-02-17.ttb.pdf> (дата обращения: 15.01.2018).
8. Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б. Анализ подверженности Республики Казахстан чрезвычайным ситуациям природного и техногенного характера : монография. — Кокшетау : Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан, 2015. — 197 с.
9. Токушев Ж. Е., Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б. Управление рисками чрезвычайных ситуаций : учебно-методическое пособие. — Кокшетау : Проектно-аналитический инновационный центр Многопрофильного колледжа гражданской защиты, 2016. — 282 с.
10. Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б. К вопросу о пожарной безопасности в Республике Казахстан // Вестник Воронежского института ГПС МЧС России. — 2017. — Т. 24, № 3. — С. 56–60.
11. World fire statistics. Fire risks in the world. — Moscow–Berlin : Center of Fire Statistics of CTIF, 2008. — 548 p.
12. Шварев А. А., Шамишвили Е. О., Шамишвили В. Ф., Шварева Е. Н. Анализ чрезвычайных ситуаций в России с помощью математической статистики // Нефтегазовое дело. — 2016. — Т. 14, № 3. — С. 204–208.
13. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. — М. : Физматлит, 2006. — 816 с.

14. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для прикладного бакалавриата. — 12-е изд. — М. : Изд-во Юрайт, 2016. — 479 с.
15. Brushlinsky N. N., Sokolov S. V., Wagner P., Hall J. R. World fire statistics. Report No. 10. — 2nd ed. — Berlin : Center of Fire Statistics of CTIF, 2005. — 200 p.
16. Perminov V. Mathematical modeling of crown forest fire initiation // Proceedings of the 10th International Conference on Mathematical Methods, Computational Techniques and Intelligent Systems (MAMECTIS'08) (Corfu, Greece, October 26–28, 2008). — WSEAS, 2008. — P. 143–148.
17. Cox G. Combustion fundamentals of fire. — London : Academic Press, 1995. — 476 p.
18. Bukowski R. W. A review of international fire risk prediction methods. — College Park, Maryland : University of Maryland, 2003. — 67 p.
19. Матюшин Ю. А., Чечетина Т. А. Обстановка с пожарами в Российской Федерации в I квартале 2017 года // Пожарная безопасность. — 2017. — № 2. — С. 144–162.
20. Herweg Harald, Wagner Peter. Schnell wie die Feuerwehr // VFDB. — November 2013. — Heft 4. — S. 194–204 (in German).

Материал поступил в редакцию 20 января 2018 г.

Для цитирования: Раимбеков К. Ж., Кусайнов А. Б. Анализ пожаров в Республике Казахстан методами математической статистики // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2018. — Т. 27, № 2–3. — С. 75–81. DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.75-81.

English

ANALYSIS OF FIRES IN THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN BY METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS

RAIMBEKOV K. Zh., Candidate of Physic-Mathematical Sciences, Deputy Head for Scientific Work, Kokshetau Technical Institute of the Committee for Emergency Situations of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan (Akan-seri St., 136, Kokshetau, Akmola region, 020000, Republic of Kazakhstan; e-mail: kendeбай_63@mail.ru)

KUSSAINOV A. B., Master of Natural Sciences, Associate Professor of Department of Emergency Protection, Kokshetau Technical Institute of the Committee for Emergency Situations of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan (Akan-seri St., 136, Kokshetau, Akmola region, 020000, Republic of Kazakhstan; e-mail: arman_1703@mail.ru)

ABSTRACT

Aims. The aim and objective of the study is to adapt the methods of mathematical analysis to the assessment of fire safety of municipal entities of the Republic of Kazakhstan.

Methods. The methodological basis of the study is the theory of mathematical statistics. Up to date, the fire safety assessment by means of mathematical statistics has not been carried out in the Republic of Kazakhstan.

It is impossible to solve the problem of increasing the level of fire safety in the regions of the Republic of Kazakhstan without such studies. Therefore, there is a need to adapt the known methods of mathematical statistics of fire safety in the Republic of Kazakhstan, to carry out such an assessment, which makes it possible to characterize security for 16 regions of the Republic of Kazakhstan that determines the relevance of the study. Applying the methodology of mathematical statistics of fire safety is necessary for making managerial decisions to ensure the necessary level of fire safety of regions on the basis of limit interval values.

Results. A sequential mathematical analysis of fire safety in the republic was carried out. On the basis of the results of the study, limit interval values of fire safety for 16 regions of the Republic of Kazakhstan are justified. According to the results of the analysis, it is determined that the interval values of fires for the regions of the republic are $945 < N_{f(16)} < 1056$, in Karaganda, East Kazakhstan, Pavlodar, Kostanay and Almaty regions, the number of fires in the period from 2005 to 2016 were beyond the limits of the right value of the interval. In this connection, the situation with fires was worse in these regions than in the republic.

Field of application of scientific results. The obtained results can be used by both local executive and authorized bodies in the field of fire safety when developing appropriate management solutions to reduce the fire risk, as well as when developing a fire fighting service.

Conclusion. The conducted mathematical analysis of fire safety in the regions of the Republic of Kazakhstan has shown that in the five regions of the republic (Karaganda, East Kazakhstan, Pavlodar, Kostanay and Almaty regions) between 2005 and 2016, the level of fire safety was worse than the average republican rate. In this connection, work on implementation of management decisions to minimize fire danger to the boundaries of the confidence interval should be strengthened in the local executive bodies and authorized bodies in the field of fire safety of these regions.

The proposed approach to assessing fire safety levels is advisable to use in the design of fire departments and allocation of funds for the implementation of activities to reduce fire risks in the relevant territories.

Keywords: mathematical statistics; emergency situation; fire; emergencies monitoring; emergencies prediction; empirical law of sample distribution.

REFERENCES

1. Brushlinskiy N. N., Ivanov O. V., Klepko E. A., Sokolov S. V. *Pozharnyye riski (osnovy teorii). Monografiya* [Fire risks (theory fundamentals). Monograph]. Moscow, State Fire Academy of Emercom of Russia Publ., 2015. 65 p. (in Russian).
2. *Annual report. Les Statistiques des Services d'Incendie et de Secours* [Statistics of fire service calls in France]. Edition 2015 (in French). Available at: <https://www.interieur.gouv.fr> (Accessed 5 January 2018).
3. *Annual report. The Singapore Civil Defense Force*. Edition 2015. Available at: <https://www.scdf.gov.sg> (Accessed 5 January 2018).
4. *Annual report. Annuario statistico del corpo nazionale dei vigili del fuoco* [Annually statistics of fire service in Italy]. Edition 2015 (in Italian). Available at: <http://www.vigilfuoco.it> (Accessed 5 January 2018).
5. *Annual report. Fire and rescue statistical release*. Edition 2015. London, Department for Communities and Local Government, 2015.
6. *Annual report. New Zealand Fire service commission*. Edition 2015. Available at: <https://fireandemergency.nz> (Accessed 5 January 2018).
7. Raimbekov K. Zh., Kussainov A. B. Forecast of the fires by the statistical method. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2017, no. 2(72), pp. 50–54 (in Russian). Available at: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-2/13-02-17.ttb.pdf> (Accessed 15 January 2018).
8. Raimbekov K. Zh., Kussainov A. B. *Analiz podverzhennosti Respubliki Kazakhstan chrezvychaynym situatsiyam prirodnogo i tekhnogennogo kharaktera. Monografiya* [Analysis of the vulnerability of the Republic of Kazakhstan to emergency situations of natural and man-made nature. Monograph]. Kokshetau, Kokshetau Technical Institute of Committee of Emergency Situations of the Ministry of Internal Affairs of the Republic of Kazakhstan Publ., 2015. 197 p. (in Russian).
9. Tokushev Zh. E., Raimbekov K. Zh., Kussainov A. B. *Upravleniye riskami chrezvychaynykh situatsiy* [Management of emergency situation risks]. Kokshetau, Design and Analytical Innovation Center of the Multidisciplinary Civil Protection College Publ., 2016. 282 p. (in Russian).
10. Paimbekov K. Zh., Kussainov A. B. To the question of fire safety in the Republic of Kazakhstan. *Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MChS Rossii / Bulletin of Voronezh Institute of State Fire Service of Emercom of Russia*, 2017, vol. 24, no. 3, pp. 56–60 (in Russian).
11. *World fire statistics. Fire risks in the world*. Moscow, Berlin, Center of Fire Statistics of CTIF, 2008. 548 p. (in Russian).
12. Shvarev A. A., Shamshovich E. O., Shamshovich V. F., Shvareva E. N. Analyses of emergency situation with the help of mathematical statistics in Russia. *Neftegazovoye delo / Oil and Gas Business*, 2016, vol. 14, no. 3, pp. 204–208 (in Russian).
13. Kobzar A. I. *Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnykh rabotnikov* [Applied mathematical statistics. For engineers and scientists]. Moscow, Fizmatlit Publ., 2006. 816 p. (in Russian).
14. Gmurman V. E. *Teoriya veroyatnostey i matematicheskaya statistika: uchebnik dlya prikladnogo bakalavriata* [Theory of probability and mathematical statistics. Textbook for applied baccalaureate]. 12th ed. Moscow, Yurayt Publ., 2016. 479 p. (in Russian).

15. Brushlinsky N. N., Sokolov S. V., Wagner P., Hall J. R. *World fire statistics. Report No. 10*. 2nd ed. Berlin, Center of Fire Statistics of CTIF, 2005. 200 p.
16. Perminov V. Mathematical modeling of crown forest fire initiation. In: *Proceedings of the 10th International Conference on Mathematical Methods, Computational Techniques and Intelligent Systems (MAMECTIS'08)* (Corfu, Greece, October 26–28, 2008). WSEAS, 2008, pp. 143–148.
17. Cox G. *Combustion fundamentals of fire*. London, Academic Press, 1995. 476 p.
18. Bukowski R. W. *A review of international fire risk prediction methods*. College Park, Maryland, University of Maryland, 2003. 67 p.
19. Matyushin Yu. A., Chechetina T. A. Fire situation in the Russian Federation in first half-year 2017. *Pozharnaya bezopasnost / Fire Safety*, 2017, no. 2, pp. 144–162 (in Russian).
20. Herweg Harald, Wagner Peter. Schnell wie die Feuerwehr. *VFDB*, November 2013, heft 4, ss. 194–204 (in German).

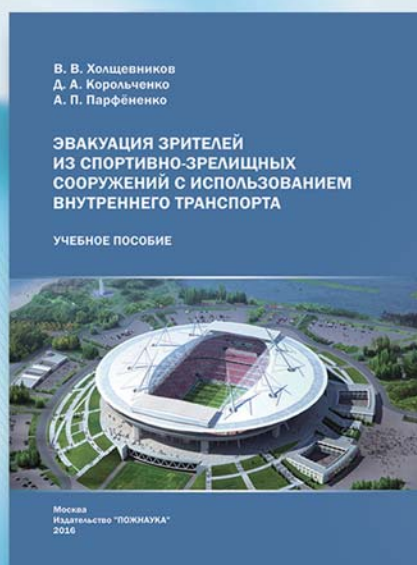
For citation: Raimbekov K. Zh., Kussainov A. B. Analysis of fires in the Republic of Kazakhstan by methods of mathematical statistics. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2018, vol. 27, no. 2–3, pp. 75–81 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2018.27.02-03.75-81.



ООО “Издательство “ПОЖНАУКА”

предлагает Вашему вниманию

Учебное пособие



Холщевников В. В.
Корольченко Д. А.
Парфёненко А. П.

ЭВАКУАЦИЯ ЗРИТЕЛЕЙ ИЗ СПОРТИВНО-ЗРЕЛИЩНЫХ СООРУЖЕНИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ВНУТРЕННЕГО ТРАНСПОРТА

М. : Изд-во “ПОЖНАУКА”, 2016. — 88 с.

Впервые в практике архитектурно-строительного преподавания рассмотрена методология учета важнейшего функционального процесса — движения людских потоков с использованием эскалаторов и лифтовых установок при различных режимах эксплуатации зданий, включая чрезвычайную ситуацию пожара, на примере реального объекта с большим количеством находящихся в нем людей.

Для заказа книги пишите нам по адресу:

121352, г. Москва, а/я 43,

или звоните по телефону

8 (495) 228-09-03.

Вы можете также оформить заказ через электронную почту:

mail@firepress.ru.