

УДК 614.8. 2; 51-7; 004.9

А. Б. Кусаинов, Р. Е. Сакенов, Н. Қ. Қайыргелді

*Академия гражданской защиты имени Малика Габдуллина
МЧС Республики Казахстан, Кокшетау, Казахстан*

АНАЛИЗ ПОЖАРНОЙ ОПАСНОСТИ С ПРИМЕНЕНИЕМ МЕТОДОВ МАТЕМАТИЧЕСКОЙ СТАТИСТИКИ

Аннотация: В статье рассмотрены статистические данные произошедших чрезвычайных ситуаций и пожаров в Республике Казахстан в период с 1997 по 2021 гг. С помощью математической статистики проведен анализ пожаров. Установлено сокращение числа пожаров за последние годы. Выявлены точечная и интервальная оценки, которые выступают в качестве контроля критических показателей при анализе пожарной обстановки. Рассчитаны средние интервальные значения для регионов Республики Казахстан, по которым проведен сравнительный анализ. Установлено, что применение методов математической статистики при обработке данных по пожарам позволяет определить необходимый уровень безопасности в каждом регионе республики.

Ключевые слова: математическая статистика, пожар, эмпирический закон распределения выборки.

Проведенный анализ показал, что за последние 25 лет (1997-2021 гг.) в Республике Казахстан произошло более 578,6 тыс. чрезвычайных ситуаций и происшествий, из них 71,5% (413,9 тыс.) приходится на производственные, бытовые и природные пожары (рисунок 1) [1].

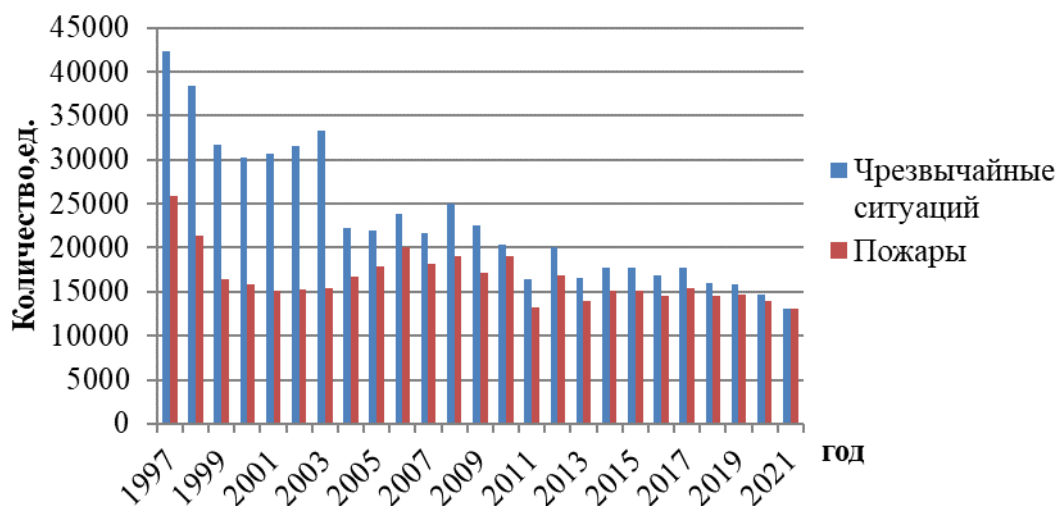


Рисунок 1 – Сравнительный анализ произошедших в Республике Казахстан чрезвычайных ситуаций и пожаров в период с 1997 по 2021 гг.

В рассматриваемый период в республике произошло более 392 тыс. производственных и бытовых, а также 219 тыс. природных пожаров (рисунок 2).

Обеспечение пожарной и промышленной безопасности

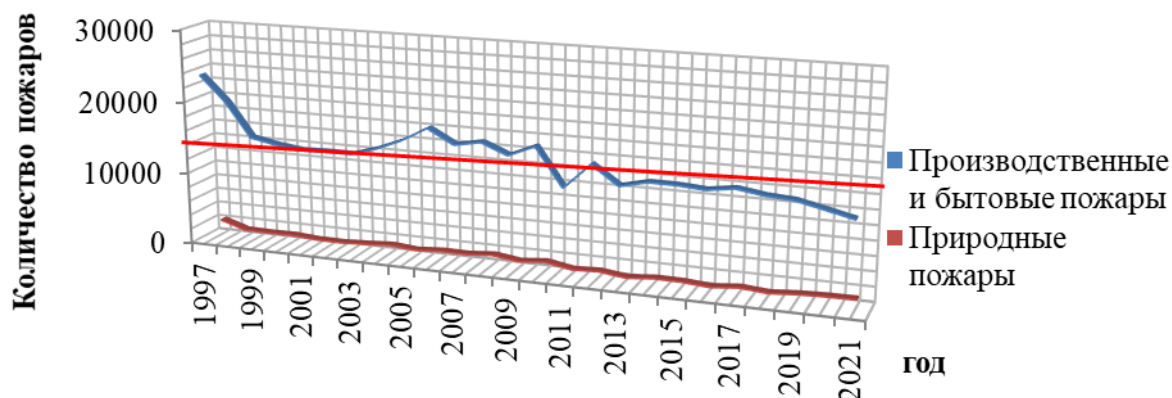


Рисунок 2 – Динамика производственных, бытовых и природных пожаров

Прямой экономический ущерб от производственных, бытовых и природных пожаров за исследуемый период составил около 121,5 млрд. тг. (рисунок 3).

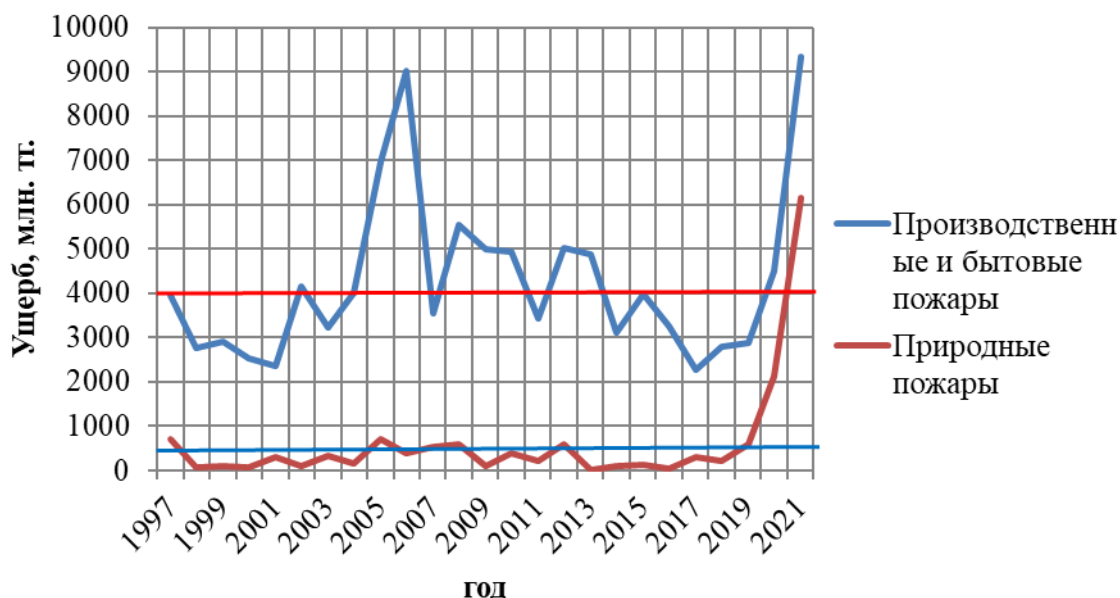


Рисунок 3 – Динамика экономического ущерба от производственных, бытовых и природных пожаров в Республике Казахстан

В последние годы в республике наблюдается рост экономических последствий от пожаров.

Таким образом, пожары в настоящее время можно рассматривать как значимый фактор риска социально-экономических последствий: гибели и травмирования людей, уничтожения материальных ценностей. Для решения задач по обеспечению пожарной безопасности проведем математический анализ пожарных рисков [2].

Для проведения анализа проведена выборка данных производственных, бытовых и природных пожаров, произошедших в Республике Казахстан в период с 2010 по 2021 годы (рисунок 4) [3].

Обеспечение пожарной и промышленной безопасности

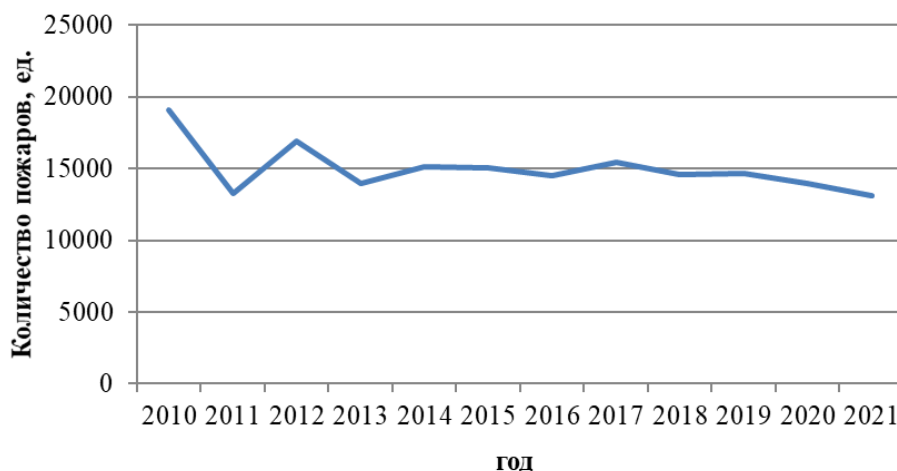


Рисунок 4 - Полигон распределения количества пожаров по годам

Составлен вариационный ряд (количество произошедших пожаров расположили в порядке возрастания) генеральной совокупности объёмом $n=12$ выборок [4].

Для наглядности составили полигон распределения пожаров по годам с 2010 по 2021 гг. (рисунок 5).

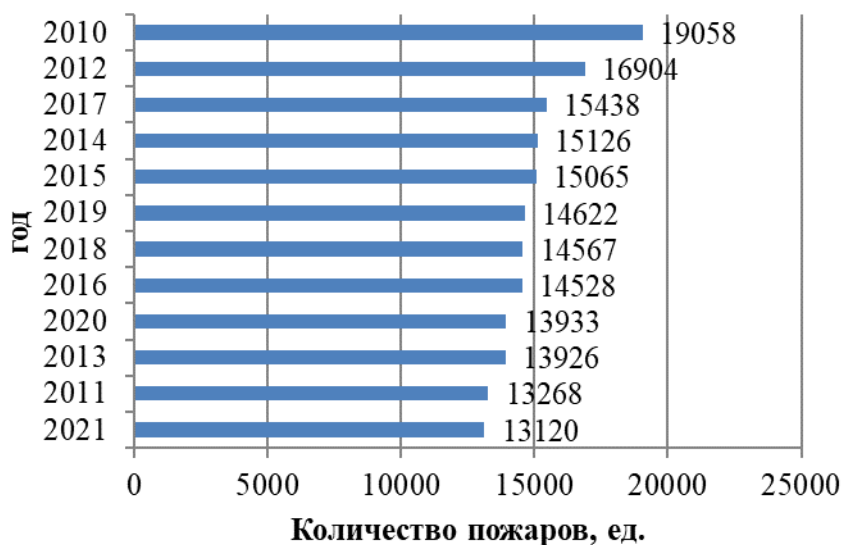


Рисунок 5 - Вариационный ряд количества пожаров

Из рисунка 5 видно, что количество пожаров в последние годы снижается. Наименьшее значения выборки 13120 (наименьшее количество пожаров за рассматриваемый период было в 2021 г.) и наибольшее значение выборки 19058 (наибольшее количество пожаров зарегистрировано в 2010 г.). Соответственно, размах выборки (длина основного интервала, в который попадают все значения выборки), равен 5938. Достаточно большая разница между произошедшими пожарами в рассматриваемый период. Данное обстоятельство связано со снижением числа пожаров [5].

Проведем первичную обработку статистических данных. Для этого разобьем основной интервал на 12 подынтервалов. Длина каждого подынтервала составит $h_i=494,83$ ($i=\overline{1,12}$). Определим количество попаданий величины в каждый интервал (таблица 1) [6].

Таблица 1 – Частота попадания величины в подынтервалы

Подынтервалы	[13120;13614,83)	[13614,83;14109,66)	[14109,66;14604,49)	[14604,49;15099,32)	[15099,32;15594,15)	[15594,15;16088,98)	[16088,98;16583,81)	[16583,81;17078,64)	[17078,64;17573,47)	[17573,47;18068,30)	[18068,30;18563,13)	[18563,13;19057,96)
Частоты	2	2	2	2	2	0	0	1	0	0	0	1

Из таблицы 1 видно, что наибольшее число пожаров происходит на интервале от 13120,36 до 15594,15.

Далее по формулам n_i/n , $n_i/n \cdot h_i$ вычислим относительные частоты и плотность относительных частот, где x_i – элемент выборки, n_i - частота элемента x_i (таблица 2).

Таблица 2 - Результаты первичной обработки статистических данных (эмпирический закон распределения выборки)

Средины подынтервалов (x_i)	13367,41	13862,24	14357,07	14851,91	15346,73	15841,56	16336,38	16830,22	17326,05	17820,88	18315,21	18810,54
Частоты (n_i)	2	2	2	2	2	0	0	1	0	0	0	1
Относительные частоты (n_i/n)	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0	0	0,08	0	0	0	0,08
Плотность относительной частоты ($n_i/n \cdot h_i$)	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0,0003	0	0	0,0002	0	0	0	0,0002

По эмпирическому закону распределения выборки, рассчитаем несмещенную оценку генеральной средней совокупности \bar{x}_B , по формуле 1 [7].

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

Подставив значения из таблицы 2 в формулу 1 получим, что $\bar{x}_B = 14934,4$. Данное значение достаточно велико, но в связи с тем, что количество пожаров в республике сокращается, значение со временем должно сократиться.

Далее по формулам 2, 3 и 4 рассчитаем смещенную оценку генеральной дисперсии (выборочная дисперсия – D_B), исправленную дисперсию (несмещенная дисперсия – S^2) и среднее квадратичное отклонение σ [8].

$$D_B = (\overline{x^2} - (\bar{x}_B)^2) \quad (2)$$

$$S^2 = \frac{n}{n-1} \cdot D_B \quad (3)$$

$$\sigma = \sqrt{\frac{n}{n-1} \cdot D_B} \quad (4)$$

Отсюда имеем генеральную дисперсию $D_B = 2167754$, исправленную дисперсию $S^2 = 2466530,3$ и среднее квадратичное отклонение $\sigma = 1538$.

Далее, по заданным значениям σ , \bar{x}_B и n по формуле (5)

$$\bar{x}_B - t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} < N_{\Pi} < \bar{x}_B + t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \quad (5)$$

где $t \frac{\sigma}{\sqrt{n}} = \delta$ точность оценки, t – значение аргумента функции Лапласа $\Phi(t)$.

Найдем доверительный интервал для оценки с надежностью $P = 0,95$ количества пожаров N_{Π} в период с 2010 по 2021 гг. [9].

Из условия $2 \Phi(t) = 0,95$ находим, что $t = 1,96$. Тогда точность оценки $\delta = 871$.

$$14063 < N_{\Pi} < 15806$$

Согласно полученным интервальным значениям, проведем сравнительный анализ произошедших пожаров и интервальных значений (рисунок 6).

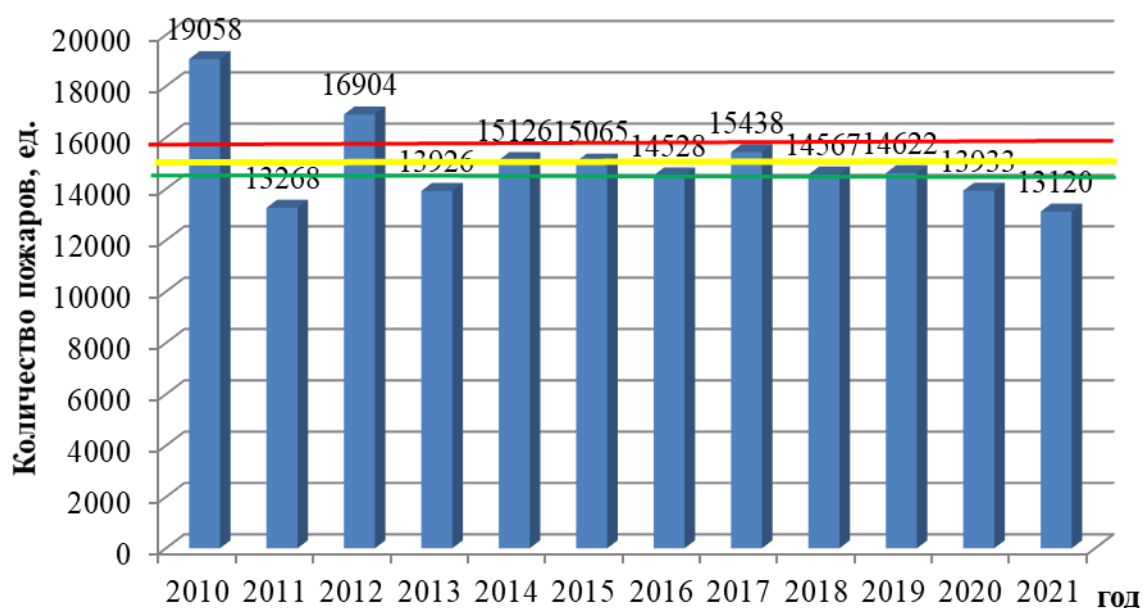


Рисунок 6 – Сравнительный анализ интервальных значений

Из рисунка 6 видно, что в 2010 и 2012 гг. в республике наблюдался исключительно высокий уровень пожарной опасности. В 2014, 2015 и 2017 гг. уровень пожарной опасности в республике был высоким. В 2011, 2013, 2020 и 2021 гг. уровень пожарной опасности был низким.

Проведем более детальный анализ произошедших пожаров в разрезе регионов Республики Казахстан.

Для этого данные о произошедших производственных и бытовых пожарах представим в виде рисунка 7.

Обеспечение пожарной и промышленной безопасности



Рисунок 7 – Распределение пожаров по регионам Республики Казахстан

Из рисунка 7 видно, что наибольшее количество пожаров приходится на Восточно-Казахстанскую, Карагандинскую, Алматинскую и Костанайскую области.

Для определения интервальных значений производственных и бытовых пожаров в регионах Республики Казахстан, рассчитаем среднее квадратическое отклонение по формуле 5 [9].

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\mu)^2}{N}} \quad (6)$$

где x значение из выборки, μ - среднее арифметическое, N - количество элементов в выборке.

Согласно данным рисунка 5 среднее арифметическое составит $\mu = 769,4$.

Далее определим квадрат расстояния от каждой точки данных до среднего арифметического:

x	$(x - \mu)^2$	Итого
673	$(673-769,4)^2$	9293
715	$(715-769,4)^2$	2959,4
205	$(205-769,4)^2$	318547,4
992	$(992-769,4)^2$	49550,8
734	$(734-769,4)^2$	1253,2
1139	$(1139-769,4)^2$	136604,2
313	$(313-769,4)^2$	208301
1759	$(1759-769,4)^2$	979308,6
706	$(706-769,4)^2$	4019,6
591	$(591-769,4)^2$	31826,6
1260	$(1260-769,4)^2$	240688,4
536	$(536-769,4)^2$	54475,6
1070	$(1070-769,4)^2$	90360,4

266	$(266-769,4)^2$	253411,6
848	$(848-769,4)^2$	6178
743	$(743-769,4)^2$	697
550	$(550-769,4)^2$	48136,4

Согласно полученным значениям рассчитаем среднеквадратичное отклонение по формуле 6.

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum(x-\mu)^2}{N}} = 378,5$$

По полученному среднеквадратичному отклонению, рассчитаем интервалы средних квадратичных отклонений для регионов Республики Казахстан $391 < \mu < 1148$.

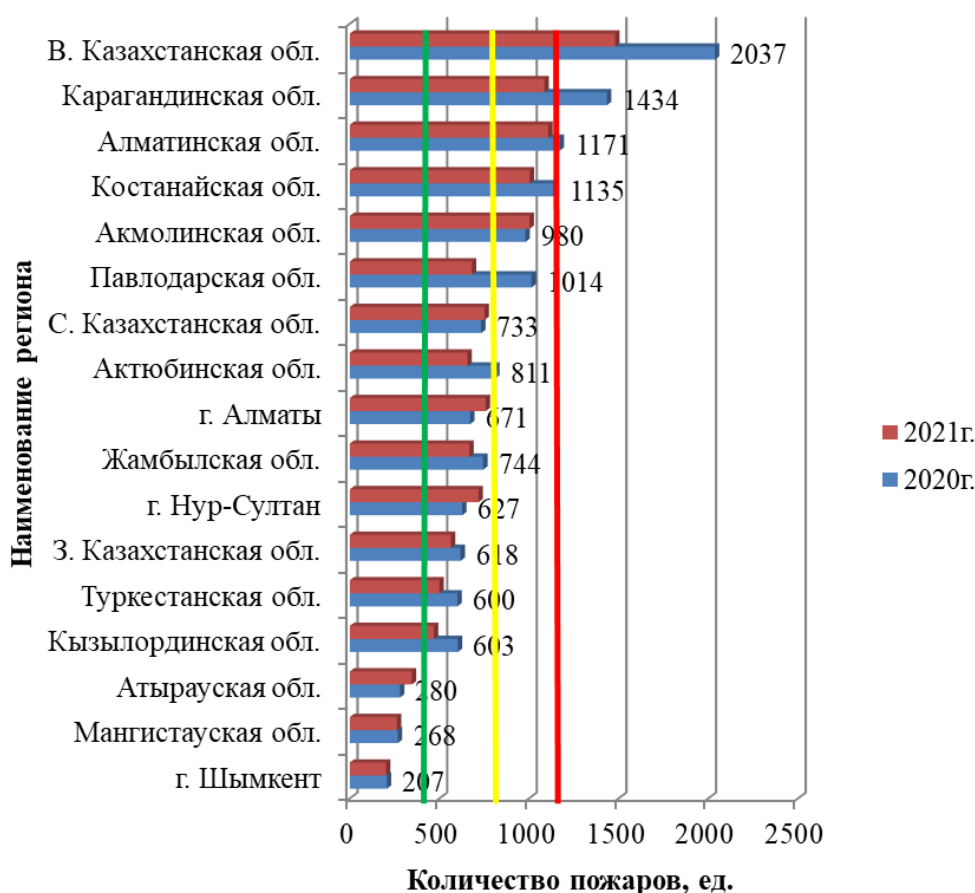


Рисунок 8 – Сравнительный анализ интервальных значений в разрезе регионов Республики Казахстан

Из рисунка 8 видно, что в Восточно-Казахстанской, Карагандинской и Алматинской областях в рассматриваемый период наблюдался исключительно высокий уровень пожарной опасности. В Костанайской, Акмолинской и Павлодарской областях уровень пожарной опасности был высоким. В Атырауской и Мангистауской областях, а также в г. Шымкент уровень пожарной опасности был низким [10].

Проведенный анализ пожарной обстановки в регионах республики, методом математической статистики, позволил определить интервальные значения уровня их пожарной опасности [11].

Таким образом, применение методов математической статистики при обработке данных по пожарам позволяет определить необходимый уровень безопасности в каждом регионе республики, что позволит в дальнейшем выработать соответствующие управленческие решения по обеспечению пожарной безопасности.

Список литературы

1. Брушлинский Н. Н., Иванов О. В., Клепко Е. А. и др. Пожарные риски (основы теории) : монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2015. – 65 с.
2. Токушев Ж. Е., Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б. Управление рисками чрезвычайных ситуаций: Учебно-методическое пособие / Ж. Е. Токушев, К. Ж. Раимбеков, А. Б. Кусаинов – Кокшетау: Проектно-аналитический инновационный центр Многопрофильного колледжа гражданской защиты, 2016. – 282 с.
3. Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б. Прогнозирование пожаров статистическим методом // Технологии техносферной безопасности: электрон. науч. журн. / АГПС МЧС России. – 2017. – № 2 (72). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-2/13-02-17.ttb.pdf>
4. 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.
5. Раимбеков К. Ж., Кусаинов А. Б. К вопросу о пожарной безопасности в Республике Казахстан // Вестник Воронежского института ГПС МЧС. – 2017. – Т. 27, № 3. – С. 56-60.
6. World fire statistics. Fire risks in the World. – Moscow – Berlin: Center of Fire Statistics of CTIF, 2008. – 548 p.
7. Шварев А. А., Шамшович Е. О., Шамшович В. Ф., Шварева Е. Н. Анализ чрезвычайных ситуаций в России с помощью математической статистики // Нефтегазовое дело. – 2016. – Т. 14, № 3. – С. 204-208.
8. Кобзарь А. И. Прикладная математическая статистика. Для инженеров и научных работников. – М.: ФИЗМАТЛИТ, 2006. – 816 с.
9. Гмурман В. Е. Теория вероятностей и математическая статистика : учебник для прикладного бакалавриата / В. Е. Гмурман. – 12-е изд. – М.: Юрайт, 2017. – 479 с.
10. World fire statistics. No. 10. Second Edition. – Berlin: Center of Fire Statistics of CTIF, 2005. – 200 p.
11. Кусаинов А. Б., Акильжанова Д. Е. Анализ риска чрезвычайных ситуаций в странах Центральной Азии // Наука и образование в гражданской защите. – 2022. № 1 (45). – С. 29-34.

References

1. Brushlinskij N. N., Ivanov O. V., Klepko E. A. i dr. Pozharnye riski (osnovy teorii) : monografiya. – М. : Akademiya GPS MCHS Rossii, 2015. – 65 s.
2. Tokushev ZH. E., Raimbekov K. ZH., Kusainov A. B. Upravlenie riskami chrezvychajnyh situacij: Uchebno-metodicheskoe posobie / ZH. E. Tokushev, K. ZH. Raimbekov, A. B. Kusainov – Kokshetau: Proektno-analiticheskij innovacionnyj centr Mnogoprofil'nogo kolledzha grazhdanskoj zashchity, 2016. – 282 s.

3. Raimbekov K. ZH., Kusainov A. B. Prognozirovaniye pozharov statisticheskim metodom // Tekhnologii tekhnosfernoj bezopasnosti: elektron. zhurn./AGPS MCHS Rossii. 2017. № 2 (72). URL: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2017-2/13-02-17.ttb.pdf>
4. Raimbekov K. ZH., Kusainov A. B. Analiz podverzhennosti Respubliki Kazahstan chrezvychajnym situaciyam prirodnoho i tekhnogennoho haraktera : monografiya. – Kokshetau : Kokshetauskij tekhnicheskij instituta KCHS MVD Respubliki Kazahstan, 2015. – 197 s.
5. Raimbekov K. ZH., Kusainov A. B. K voprosu o pozharnoj bezopasnosti v Respublike Kazahstan // Vestnik Voronezhskogo instituta GPS MCHS. 2017. T. 27, № 3. – S. 56-60
6. World fire statistics. Fire risks in the World. – Moscow – Berlin: Center of Fire Statistics of CTIF, 2008. – 548 p.
7. SHvarev A. A., SHamshovich E. O., SHamshovich V. F., SHvareva E. N. Analiz chrezvychajnyh situacij v Rossii s pomoshch'yu matematicheskoy statistiki // Neftegazovoe delo. 2016. T. 14, № 3. S. 204-208.
8. Kobzar' A. I. Prikladnaya matematicheskaya statistika. Dlya inzhenerov i nauchnyh rabotnikov. - M. : FIZMATLIT, 2006. - 816 s.
9. Gmurman V. E. Teoriya veroyatnostej i matematicheskaya statistika : uchebnik dlya prikladnogo bakalavriata / V. E. Gmurman. — 12-e izd. — M. : Izdatel'stvo YUrajt, 2017. - 479 s.
10. World fire statistics. No. 10. Second Edition. – Berlin: Center of Fire Statistics of CTIF, 2005. – 200 p.
11. Kusainov A. B., Akil'zhanova D. E. Analiz riska chrezvychajnyh situacij v stranah Central'noj Azii // Nauka i obrazovanie v grazhdanskoj zashchite – 2022. – № 1 (45). – S. 29-34.

A. B. Құсайынов, Р. Е. Сакенов, Н. Қ. Қайыргелді

*Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы,
Көкшетау, Қазақстан*

МАТЕМАТИКАЛЫҚ СТАТИСТИКА ӘДІСТЕРІН ҚОЛДАНУ АРҚЫЛЫ ӨРТ ҚАУІПТІЛІГІН ТАЛДАУ

Аңдатпа: Мақалада 1997-2021 жылдар аралығындағы Қазақстан Республикасында болған төтенше жағдайлар мен өрттердің статистикалық деректері қарастырылды. Соңғы жылдары өрт санын қысқарту белгіленді. Өрт жағдайын талдау кезінде сыни көрсеткіштерді бақылау ретінде әрекет ететін нүктелік және аралық бағалау анықталды. Салыстырмалы талдау жүргізілген Қазақстан Республикасының өңірлері үшін орташа аралық мәндер есептелген. Өрт бойынша деректерді өңдеу кезінде математикалық статистика әдістерін қолдану республиканың әрбір өңірінде қауіпсіздіктің қажетті деңгейін анықтауға мүмкіндік беретіні анықталды.

Түйінді сөздер: математикалық статистика, өрт, үлгіні бөлудің эмпирикалық заңы.

A. Kussainov, R. Sakenov, N. Kaiyrgeldi

*Civil Defence Academy named by Malik Gabdullin MES of the Republic of Kazakhstan,
Kokshetau, Kazakhstan*

FIRE HAZARD ANALYSIS WITH THE USE OF METHODS OF MATHEMATICAL STATISTICS

Abstract: The article considers the statistical data of emergencies and fires in the Republic of Kazakhstan in the period from 1997 to 2021. With the help of mathematical statistics, the

analysis of fires was carried out. A reduction in the number of fires in recent years has been established. Point and interval estimates have been identified, which act as a control of critical indicators in the analysis of the fire situation. The average interval values for the regions of the Republic of Kazakhstan are calculated, for which a comparative analysis is carried out. It is established that the use of mathematical statistics methods in the processing of fire data makes it possible to determine the necessary level of safety in each region of the republic.

Keywords: mathematical statistics, fire, empirical law of sample distribution.

Авторлар туралы мәлімет / Сведения об авторах / Information about the authors

Арман Болатұлы Құсайынов – техника ғылымдарының кандидаты, Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы қашықтықтан оқыту және жоғары оқу орнынан кейінгі білім беру факультетінің бастығы. Қазақстан, Көкшетау, Ақан Сері көшесі, 136. E-mail: arman_1703@mail.ru

Руслан Еркінұлы Сәкенов – Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы қашықтықтан оқыту және жоғары оқу орнынан кейінгі білім беру факультетінің аға оқытушы-әдіскері. Қазақстан, Көкшетау, Ақан Сері көшесі, 136. E-mail: ruslan.sakenov@bk.ru.

Нұрислам Қуанышұлы Қайыргелді – Қазақстан Республикасы ТЖМ Мәлік Ғабдуллин атындағы Азаматтық қорғау академиясы қашықтықтан оқыту және жоғары оқу орнынан кейінгі білім беру факультетінің оқытушы-әдіскері. Қазақстан, Көкшетау, Ақан Сері көшесі, 136. E-mail: nurislam.kayyrgeldin@bk.ru.

Кусаинов Арман Болатович – кандидат технических наук, начальник факультета дистанционного обучения и послевузовского образования Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акана Серэ, 136. E-mail: arman_1703@mail.ru

Сакенов Руслан Еркинович – старший преподаватель-методист факультета дистанционного обучения и послевузовского образования Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акана Серэ, 136. E-mail: ruslan.sakenov@bk.ru.

Қайыргелді Нұрислам Қуанышұлы – преподаватель-методист факультета дистанционного обучения и послевузовского образования Академии гражданской защиты имени Малика Габдуллина МЧС Республики Казахстан. Казахстан, Кокшетау, ул. Акана Серэ, 136. E-mail: nurislam.kayyrgeldin@bk.ru.

Arman Kussainov – Candidate of Technical Sciences, Head of the Faculty of Distance Learning and Postgraduate Education of the Civil Defence Academy named by Malik Gabdullin MES of the Republic of Kazakhstan. Kazakhstan, Kokshetau, 136 Akana Sere Street. E-mail: arman_1703@mail.ru

Ruslan Sakenov – Senior lecturer-Methodologist of the Faculty of Distance Learning and Postgraduate Education of the Civil Defence Academy named by Malik Gabdullin MES of the Republic of Kazakhstan. Kazakhstan, Kokshetau, 136 Akana Sere Street. E-mail: ruslan.sakenov@bk.ru.

Nurislam Kaiyrgeldi – Teacher-methodologist of the Faculty of Distance Learning and Postgraduate Education of the Civil Defence Academy named by Malik Gabdullin MES of the Republic of Kazakhstan. Kazakhstan, Kokshetau, 136 Akana Sere Street. E-mail: nurislam.kayyrgeldin@bk.ru.