

У.Ч. Сариев (Кыргызстан)
(Академия ГПС МЧС России; e-mail: urmat.sar@mail.ru)

ОЦЕНКА ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ГОСУДАРСТВЕННОЙ ПРОТИВОПОЖАРНОЙ СЛУЖБЫ ГОРОДА БИШКЕК

Дан анализ и проведена оценка функционирования государственной противопожарной службы города Бишкек – столицы Кыргызской Республики.

Ключевые слова: законы Пуассона, Эрланга.

U.Ch. Sariev (Kyrgyzstan)
**ASSESSMENT OF THE FUNCTIONING OF THE STATE
FIRE SERVICE OF THE CITY OF BISHKEK**

The analysis and assessment of the functioning of the state fire service of the city of Bishkek – the capital of the Kyrgyz Republic.

Key words: Poisson laws, Erlang.

С увеличением населения и площадей городов, развитием технологической сферы возрастает угроза возникновения пожаров, аварий и других опасных событий, вследствие которых каждый год в мире погибают и получают различные травмы сотни тысяч людей.

Только на территории Кыргызстана с площадью 198,9 *тыс. км²* и населением 5,5 млн человек каждый год на **центральный пункт связи (ЦПС) Агентства государственной противопожарной службы при Министерстве чрезвычайных ситуаций Кыргызской Республики (АГПС при МЧС КР)** поступают больше 5 *тыс.* вызовов, из них около 3 *тыс.* вызовов связаны с пожарами. Ежегодно, по статистическим данным, на пожарах погибают в среднем 80 человек, 75 человек получают ожоги и травмы различного характера. Материальный ущерб от пожаров составляет несколько десятков миллионов сомов (по курсу валют: 1 сом 50 тыйын = 1 рублю 00 копеек). В связи с этим проблемы обеспечения пожарной безопасности на территории Кыргызстана были и являются в настоящее время весьма актуальными.

Для борьбы с пожарами в Кыргызстане 86 лет функционирует государственная противопожарная служба в составе Министерства ЧС республики в качестве единой, самостоятельной оперативной службы, которая, согласно законодательству Кыргызской Республики, является уполномоченным государственным органом в сфере пожарной безопасности.

Службы пожарной безопасности в Кыргызской Республике состоит из:

- уполномоченного государственного органа в сфере пожарной безопасности;
- ведомственной пожарной охраны предприятий, учреждений и организаций;
- добровольных пожарных формирований [1].

Проблемы пожарной безопасности, в первую очередь, касаются городских поселений, где на сравнительно небольших площадях сконцентрировано множество людей, колоссальные материальные и духовные ценности [2]. В связи со сказанным рассмотрим столицу Кыргызстана – город Бишкек.

Город Бишкек расположен на высоте 700-900 м над уровнем моря на севере страны в Чуйской долине, у предгорья Тянь-Шаня [3]. Площадь города составляет 169 км². Численность населения – 874,4 тыс. человек (по оценке национального статистического комитета 2011 года).

Столица страны разделена на четыре административных района: Свердловский (восточная сторона города), Первомайский (северная сторона города), Октябрьский (южная сторона города), Ленинский (западная сторона города).

Территорию города Бишкек охраняет УГПС г. Бишкек, в подчинении которого имеются 8 **военизированных пожарных частей (ВПЧ)**, из них одна часть – специализированная. В четырех ВПЧ города на пожары выезжают по 2 отделения в карауле, а в остальных – по одному отделению. Во всех административных районах города расположены по 2 пожарных депо.

Ежегодно на территории столицы происходит около 1 тыс. вызовов пожарных подразделений, и число этих вызовов растёт с каждым годом, как и число зарегистрированных пожаров с различными материальными потерями (рис. 1).

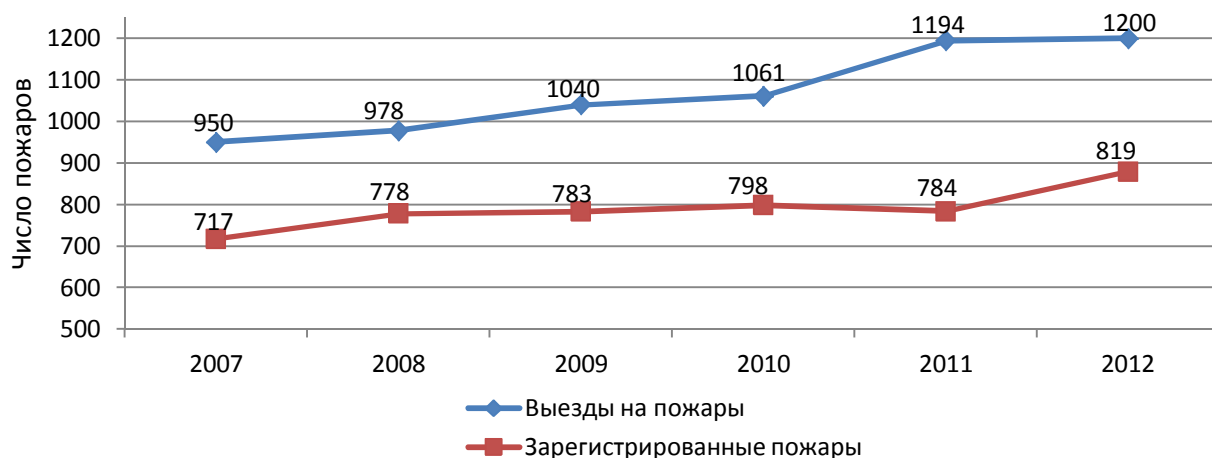


Рис. 1. Динамика выездов на пожары в городе Бишкек за 2007-2012 гг.

Город был построен по ортогональному плану и имеет более 900 улиц. Большинство улиц Бишкека имеет двухстороннее движение с 2 полосами в одном направлении. Из-за большой загруженности дорог автомобилями, нехватки парковочных мест, особенно в центральных районах города, часто возникают пробки на улицах. Во многих случаях это является еще одним препятствием для своевременного прибытия к месту вызова пожарных подразделений, снижая эффективность выполнения задач по ликвидации пожаров и аварий.

По климатическим условиям город занимает крайнее южное положение в континентальной области климата умеренных широт. Число солнечных дней в году составляет в среднем 322. Месячная продолжительность солнечного сияния: наибольшая в июле – 332 часа, наименьшая в декабре – 126 часов. В течение года, в среднем, выпадает 409 мм атмосферных осадков. Наиболее засушливый период – июль – сентябрь. Снег лежит с середины декабря до конца февраля. Наибольшая средняя высота снежного покрова 13 см. Средние скорости ветров не превышают 2-3 м/с [3].

Среднегодовая температура воздуха +10,3 °С. Наиболее холодные месяцы: январь со средней минимальной температурой –7 °С и декабрь –6,1 °С, а наиболее тёплые месяцы: июль со средней максимальной температурой 31,9 °С и август – 31,5 °С [5]. По статистическим данным, наибольшая частота возникновения пожаров происходит именно в эти вышеуказанные летние и зимние месяцы года. Из графика динамики выездов на пожары (рис. 2) видим, что значения вызовов в июле и декабре значительно превышают другие периоды года.

Учитывая это, уполномоченные органы по пожарной безопасности делят времена года на обычные, летние и зимние пожароопасные периоды и принимают все необходимые меры по усилению оперативной службы ГПС города.

Если взять, например, 2011 год, то мы видим, что по городу Бишкек было зарегистрировано в ЦПС АГПС при МЧС КР 1194 вызова на пожары, из них 784 – пожары с различными материальными потерями, происшедшие только на территории города, ложные вызовы – 60. Основные места возникновения пожаров: в жилых зданиях – 298 (38 %), в других зданиях – 243 (31 %), на транспорте – 68 (9 %), сухостой и мусор на открытых местах – 175 (22 %) (рис. 2). За год материальный ущерб составил более 31, 1 млн сомов. На пожарах погибли 19 человек, пострадали 8 человек. Основными причинами всего этого в большинстве случаев является человеческий фактор – халатность, неосторожность и небрежность (рис. 3).

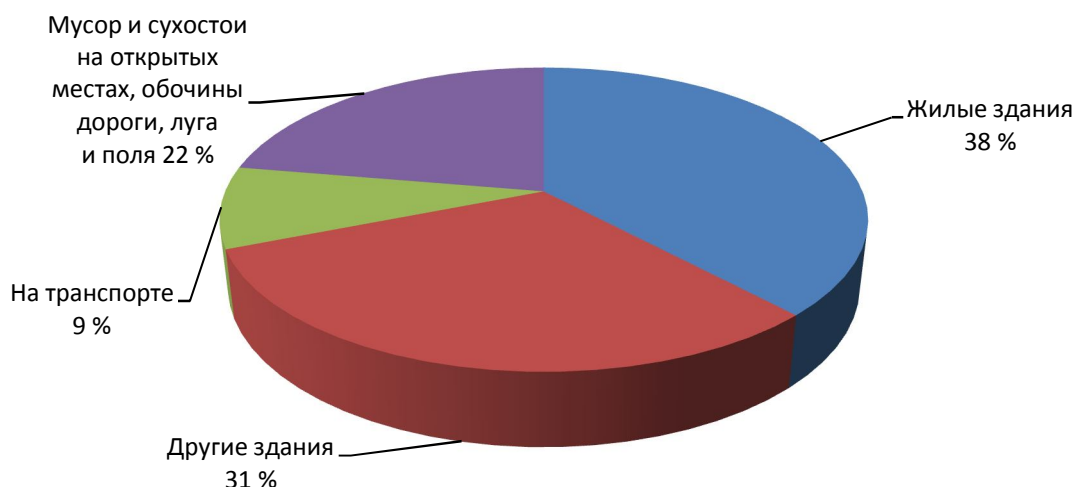


Рис. 2. Распределение пожаров по местам возникновения в городе за 2011 год

Основные причины возникновения пожаров за 2011 год (рис. 3):

- неосторожное обращение с огнем и неосторожность при курении – 279 (36 %) случаев;
- нарушение технической эксплуатации электрооборудования – 249 (32 %) случаев;
- нарушение **правил пожарной безопасности (ППБ)** при эксплуатации печей и дымоходов – 57 (7 %) случаев;
- шалость детей с огнём – 10 (1 %) случаев;
- поджоги – 28 (4 %) случаев;
- другие причины – 161 (20 %) случаев.



Рис. 3. Распределение пожаров по основным причинам возникновения в городе за 2011 г.

Из рис. 4 видим, что с февраля по июнь 2011 года за месяц в среднем возникало 65 пожаров; в июле, августе и декабре – примерно 160 пожаров в месяц; а остальные 4 месяца – около 100 пожаров за месяц.

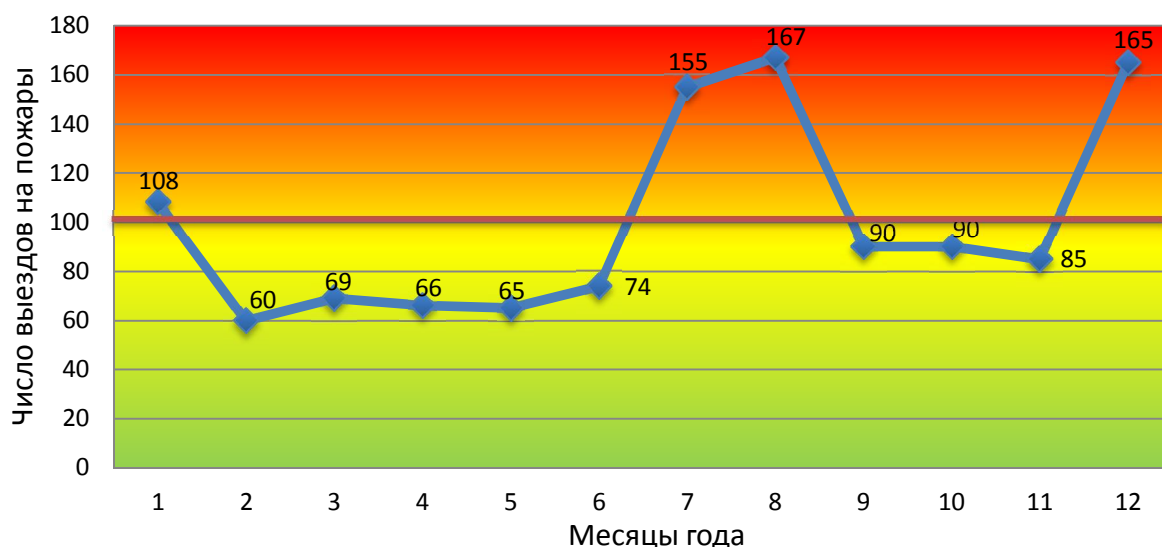


Рис. 4. Динамика выездов на пожары в городе Бишкек по месяцам за 2011 год

Таким образом, процесс возникновения пожаров в г. Бишкек в 2011 году носил нестационарный характер. Отсюда следует, что для описания процесса выездов подразделений на пожары, например, законом Пуассона, придется разбить 2011 год, по крайней мере, на 2 периода: зимний (январь, декабрь) и летний (июль, август) пожароопасные периоды, а также обычный (февраль-июнь). Можно добавить и промежуточный период (остальные месяцы года).

Проведём анализ статистических закономерностей распределения числа вызовов на пожары пожарных подразделений города Бишкек по суткам за указанные периоды 2011 года. Для определения эмпирического распределения по диспетчерскому журналу подсчитано число суток m_k с определённым числом вызовов k ($k = 0, 1, 2, 3, \dots, n$):

$$\sum_{k=0}^n m_k = M;$$

где m_0 – число суток, в которых не произошло ни одного вызова.

Эмпирическая вероятность ω_k того, что в интервале времени, равном одним суткам, в городе произойдёт k вызовов, оценивается как доля, которую в общем числе M суток составляет число суток, в течение которых произошло k вызовов:

$$\omega_k = \frac{m_k}{M}.$$

Определим теоретическую вероятность того, что за время $\tau = 1$ суткам, произойдет k выездов пожарных подразделений, используя распределение Пуассона:

$$P_k(\tau) = \frac{(\lambda\tau)^k}{k!} e^{-\lambda\tau}, \quad (k = 0, 1, 2, 3, \dots), \text{ то есть при } \tau = 1 \text{ суткам имеем:}$$

$$P_0 = e^{-\lambda},$$

$$P_1 = \lambda \cdot P_0, \text{ и вообще}$$

$$P_k = \frac{\lambda}{k} P_{k-1}, \quad (k = 1, 2, 3 \dots),$$

где λ – плотность потока вызовов, то есть среднее число вызовов, поступающих за единицу времени τ . Для наших вариантов имеем:

$\lambda = 4,4$ (выз./сут.) в зимние пожароопасные месяцы и $\lambda = 2,2$ (выз./сут.) – в обычный период.

Находим распределение теоретических частот f_k выездов k пожарных подразделений по суткам по следующей формуле:

$$f_k = M \cdot P_k.$$

Визуально сопоставим эмпирические и теоретические распределения, которые позволяют сделать вывод о сходстве характеров рассматриваемых распределений для рассматриваемых периодов (рис. 3а и 3б). Для более точного заключения проведены расчёты с использованием статистических критериев согласий Романовского и Пирсона. Можно сказать, что в городе Бишкек потоки вызовов на пожары имеют пуассоновский характер в указанные периоды года.

**Распределение числа пожаров в сутки в городе Бишкек
в определённые периоды 2011 года**

а) зимний пожароопасный период (январь, декабрь)

Число суток	Число пожаров в сутки												λ , в/с	χ^2	S	R
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	≥ 11				
Эмпир.	2	7	9	8	8	9	7	4	3	2	1	2	4,4	20,4	14	1,2
Теорет.	0,8	3,3	7,4	10,8	11,9	10,5	7,7	4,8	2,7	1,3	0,6	0,8				

б) обычный период (февраль-июнь)

Число суток	Число пожаров в сутки										λ , в/с	χ^2	S	R
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9				
Эмпир.	16	35	39	35	14	9	0	1	1	0	2,2	8,67	8	0,17
Теорет.	16,6	36,6	40,2	29,5	16,2	7,1	2,6	0,8	0,2	0,8				

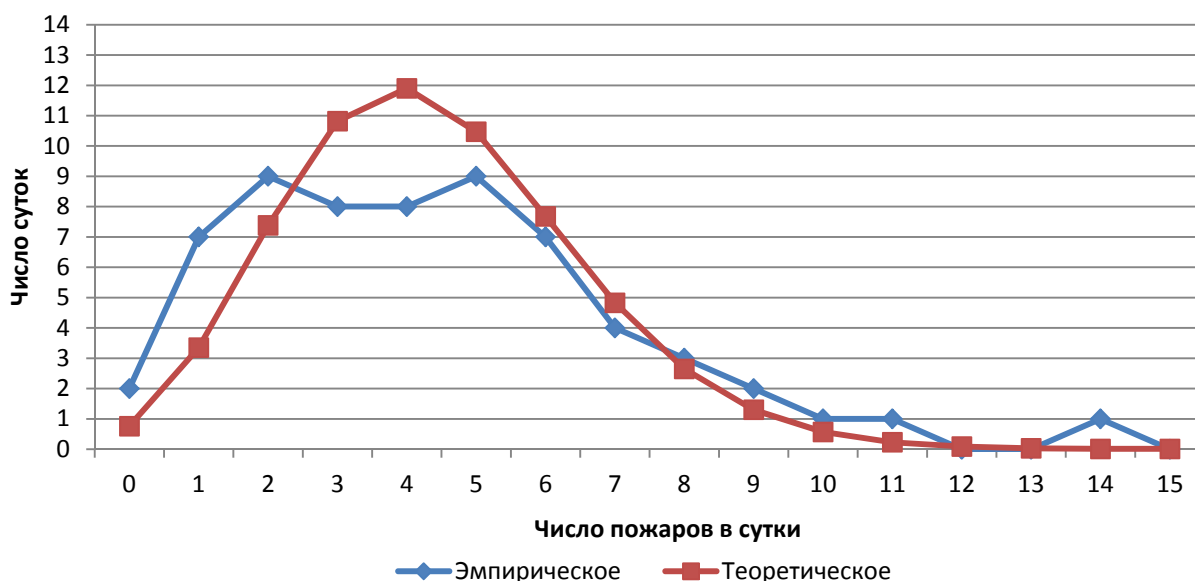


Рис. 3а. Распределение пожаров в г. Бишкек в течение зимнего пожароопасного периода 2011 года

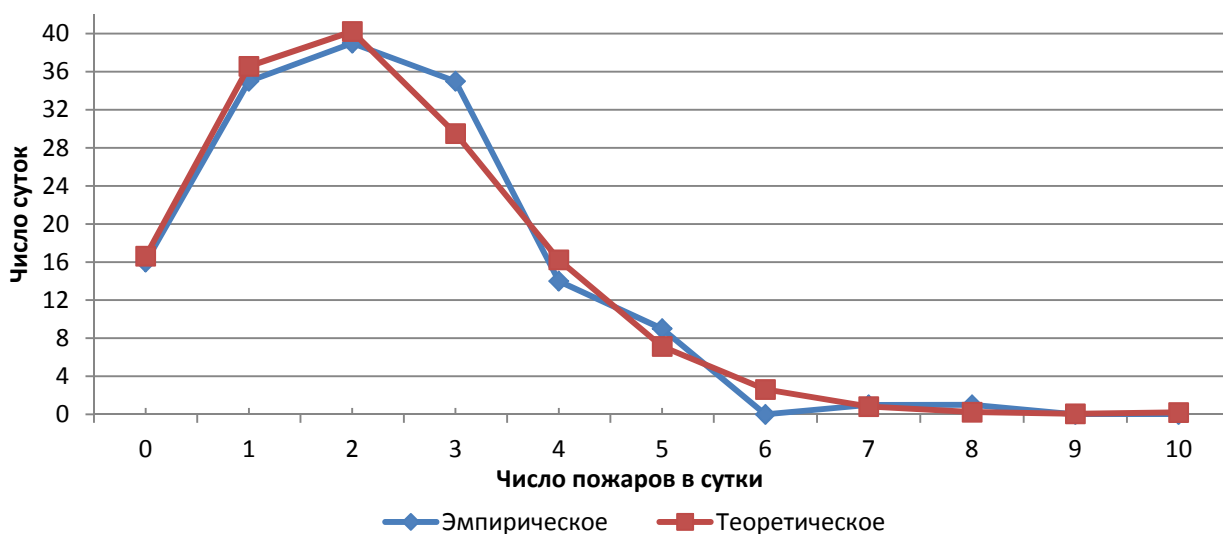


Рис. 3б. Распределение пожаров в г. Бишкек в течение обычного периода 2011 года

Проведён анализ статистических закономерностей распределения длительности прибытия к месту вызова пожарных подразделений в городе. Для этого, определив границы интервалов времени $[0, 1)$, $[1, 2)$, $[2, 3)$, $[3, 4)$... за один месяц 2011 года, по диспетчерскому журналу подсчитали m_j – эмпирические частоты, у которых длительность времени прибытия к месту вызова $\tau_{\text{приб}}$ попадает в j -й интервал. Сумма эмпирических частот будет равна выездам на пожары за месяц:

$$\sum_{j=1}^V m_j = N.$$

Эмпирическая вероятность ω_j (относительная частота) того, что попадет в j -й интервал, оценивается как доля, которую в общем числе N вызовов составляют вызовы, попавшие в j -й интервал:

$$\omega_j = \frac{m_j}{N}.$$

Для определения теоретической вероятности P того, что значение $\tau_{\text{приб}}$ попадет в тот или иной интервал, используем закон распределения Эрланга r -го порядка:

$$P\{\tau_1 \leq \tau_{\text{приб}} < \tau_2\} = \int_{\tau_1}^{\tau_2} \mu \left[\frac{(\mu t)^{r-1}}{(r-1)!} \right] e^{-\mu t} dt = e^{-\mu \tau_1} \sum_{k=0}^{r-1} \frac{(\mu \tau_1)^k}{k!} - e^{-\mu \tau_2} \sum_{k=0}^{r-1} \frac{(\mu \tau_2)^k}{k!},$$

где μ – параметр закона распределения Эрланга r -го порядка:

$$\mu = \frac{(r+1)}{\tau_{\text{ср.приб}}},$$

где $\tau_{\text{ср.приб}}$ – средняя длительность времени прибытия на место вызова пожарных подразделений:

$$\tau_{\text{ср.приб}} = \frac{\sum_{j=1}^N \tau_j}{N}.$$

Далее, для каждого j -го интервала по следующей формуле определена теоретическая частота f_j вызовов, у которых длительность времени прибытия к месту вызова пожарных подразделений, находится в пределах границ j -го интервала:

$$f_j = N \cdot P_j.$$

Для проверки адекватности рассматриваемой модели, будем использовать статистические критерия согласия, позволяющие оценить степень близости эмпирического и теоретического распределений длительности прибытия к месту вызова пожарных подразделений города за единицу времени. Для этого будем использовать критерий Романовского [2]:

$$R = \frac{|\chi^2 - s|}{\sqrt{2 \cdot s}};$$

где χ^2 – критерий Пирсона;

s – число степеней свободы, которое определяется по формуле:

$$s = k - t - 1;$$

k – число групп наблюдений;

t – число параметров в теоретическом распределении вероятностей, определяемых с помощью эмпирического распределения.

Критерий Романовского тесно связан с критерием Пирсона (χ^2):

$$\chi^2 = \frac{(M_1 - NP_1)^2}{NP_1} + \frac{(M_2 - NP_2)^2}{NP_2} + \dots + \frac{(M_k - NP_k)^2}{NP_k} = \sum_{k=1}^L \frac{(M_i - f_i)^2}{f_i}.$$

Если значение критерия Романовского $R < 3$, то расхождения можно считать несущественными, если $R \geq 3$ – нет [4].

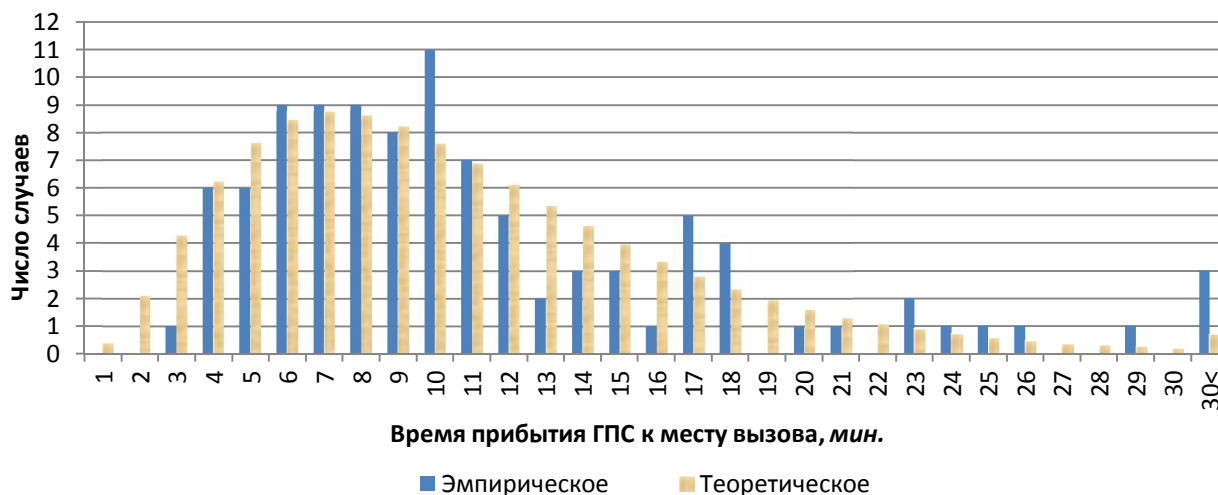


Рис. 4. Сравнение теоретического (распределения Эрланга 2-го порядка) и эмпирического распределений длительности времени прибытия к месту вызова пожарных подразделений в городе Бишкек за январь 2011 года. Значение критерия Романовского – 0,26. Среднее значение – 10,9 мин.

Анализируя статистические закономерности привлечения пожарной техники для обслуживания вызовов в городе, пришли к выводу, что пожарные подразделения в большинстве (80-90 %) случаев выезжают на 1 автоцистерне.

Выводы

1. Изучен процесс функционирования ГПС г. Бишкек за последние годы.
2. Показано, что поток вызовов пожарных подразделений носит нестационарный характер, но может быть описан законом Пуассона на различных промежутках времени (обычном и пожароопасном периодах).
3. Проведена оценка временных характеристик процесса функционирования ГПС г. Бишкек (время прибытия, время занятости подразделений) и показано, что они удовлетворительно описываются законом Эрланга от 0-го до 3-го порядков.
4. Эти результаты позволяют использовать более сложные математические зависимости для совершенствования управления ГПС г. Бишкек

Литература

1. **Закон** Кыргызской Республики № 22 от 17.06.1996 г. "О пожарной безопасности".
2. **Брушлинский Н.Н., Соколов С.В.** Математические методы и модели управления в государственной противопожарной службе: Учебник. М. Академия ГПС МЧС России, 2009. 238 с.
3. **Энциклопедия:** Чуйская область Кыргызской Республики. Бишкек, 2004. 718 с.
4. **Безопасность** городов. Имитационное моделирование городских процессов и систем // Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Алехин Е.М., Вагнер П., Коломиец Ю.И.. М.: ФАЗИС, 2004. 172 с.
5. **Интернет-сайт** <http://ru.wikipedia.org>.

Статья опубликована 1 апреля 2013 г.