

## О ПРОСТРАНСТВЕННО-ВРЕМЕННОМ СТАТИСТИЧЕСКОМ АНАЛИЗЕ ПОЖАРОВ

Белозеров В.В.<sup>1</sup>, Олейников С.Н.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>ФГАОУ ВПО «Южный федеральный университет», Ростов-на-Дону, Россия (344090, г. Ростов-на-Дону, пр-т Стачки, 194), e-mail: safeting@mail.ru

<sup>2</sup>ФГБОУ ВПО «Академия государственной противопожарной службы МЧС России», Москва, Россия (129366, г. Москва, ул. Б. Галушкина, 4)

---

Проведен анализ существующей системы государственной статистики пожаров и синтезирован метод совмещения статистического анализа временных рядов выполнения оперативно-тактических задач и пространственных рядов пожаров и последствий от них. Показано, что метод пространственно-временного статистического анализа (МПВСА) пожаров и последствий от них позволяет, во-первых, вскрыть специфические особенности административно-территориальных единиц (АТЕ) на предмет оптимизации методов и средств их противопожарной защиты без детализирования многих параметров (например, плотности застройки, численности населения, количества объектов и электроприборов и т.д.), а во-вторых, и это главное, синтезировать набор этих методов и средств путем моделирования их «виртуального внедрения» с помощью генерации соответствующих распределений Эрланга.

---

Ключевые слова: статистика пожаров, временные ряды, распределение Эрланга, противопожарная защита.

## ABOUT THE METHOD OF THE SPATIAL AND TEMPORARY STATISTICAL ANALYSIS OF FIRES

Belozerov V.V.<sup>1</sup>, Oleynikov S.N.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>FGAOU VPO "Southern Federal University", Rostov-on-Don, Russia (344090, Rostov-on-Don, Stachki Ave 194), e-mail: safeting@mail.ru

<sup>2</sup>FGBOU VPO Academy of the Public fire service of Emercom of Russia, Moscow, Russia (129366, Moscow, B. Galushkina St. 4)

---

The analysis of existing system of the state statistics of fires is carried out and the method of combination of the statistical analysis of temporary ranks of performance of operational and tactical tasks and spatial ranks of fires and consequences from them is synthesized. It is shown that the method of the existential statistical analysis (MESA) of fires and consequences from them allows to open, first, specific features of the administrative and territorial units (ATU) about optimization of methods and means of their fire-prevention protection without a detalizirovaniye of many parameters (for example, density of building, population, quantity of objects and electrodevices, etc.), and secondly, and this-main, to synthesize a set of these methods and means by their modeling of "virtual introduction" by means of generation of the corresponding distributions of the Erlang.

---

Keywords: fire statistics, time series, Erlang distribution, fire protection.

### Введение

На протяжении последних 30 лет государственная статистика пожаров осуществляется с помощью автоматизированной системы обработки данных о пожарах (АСОД «ПОЖАРЫ»), которая разработана во ВНИИ противопожарной обороны МВД (ныне МЧС) России. При этом база данных включает до 150 параметров на каждый пожар, в числе которых 4 параметра времени в минутах (время сообщения, время прибытия, время локализации, время ликвидации) и 3 пространственных (расстояние до места пожара в метрах, уничтоженные и поврежденные площади в кв. метрах) [5].

Это позволяет, помимо применения метода статистического анализа временных рядов [1], во-первых, применить метод пространственного статистического анализа пожаров и

последствий (ущерба, гибели, травм и т.д.) от них [2], а во-вторых, и это главное, осуществить синхронизацию этих двух методов, получив тем самым новые возможности анализа и синтеза методов и средств противопожарной защиты.

**Цель исследования** – разработка метода пространственно-временного статистического анализа пожаров.

### Результаты исследования

Метод статистического анализа временных рядов дает возможность представить пожары и последствия от них в виде гистограмм (рис. 1), обработка которых на ЭВМ по методу выравнивания средних показала, что все огибающие, имеющие экстремумы, с достаточной точностью описываются трансцендентными функциями вида [3]:

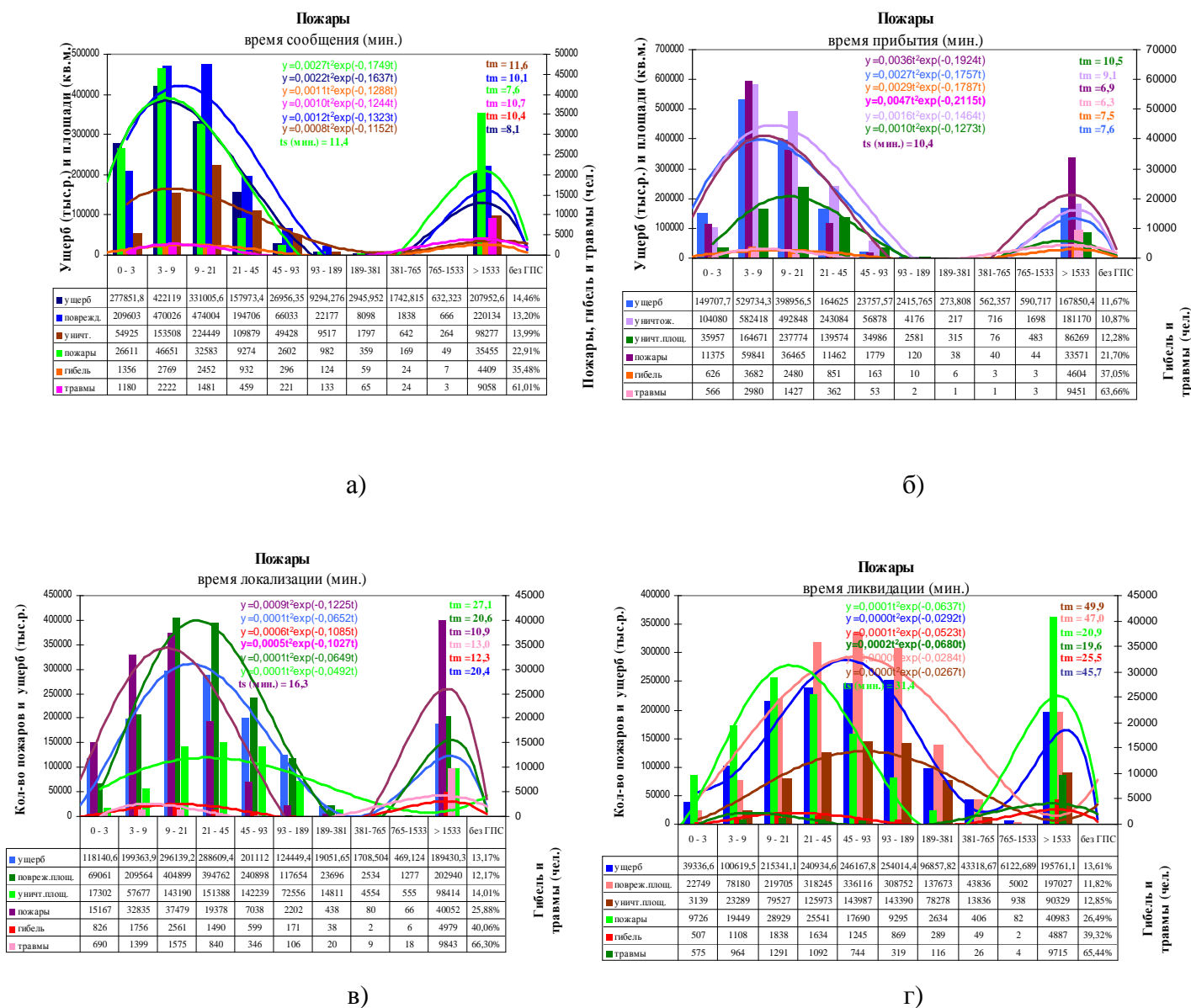


Рис. 1 – Гистограммы времён выполнения оперативно-тактических задач на Юге России

$$y = a \cdot t^b \cdot \exp(-c \cdot t), \quad (1)$$

где  $b/c$  – максимум функции,  $(b+\sqrt{b})/c$  – «правая» точка перегиба,  $(b-\sqrt{b})/c$  – «левая» точка перегиба,

которые при интегрировании дают гамма-распределения (распределения Эрланга) пожаров, ущерба, гибели, площадей и т.д. по временам выполнения оперативно-тактических задач:

$$y = \frac{\left(\frac{t}{c}\right)^{b-1} \cdot \exp\left(-\frac{t}{c}\right)}{c \cdot [(b-1)!]} \quad (2)$$

$$P = 1 - \exp\left(-\frac{t}{c}\right) \cdot \left[\sum_{i=0}^{b-1} \frac{(t/c)^i}{i!}\right] \quad (3)$$

Пространственный статистический анализ (рис. 2а) позволяет оценить оптимальность территориальной организации противопожарной обороны в любой АТЕ, т.е. анализируя потери в зависимости от расстояний выезда боевых расчетов, принимать решения об организации (в населенных пунктах) и оснащении (пожарными автомобилями, мотопомпами) добровольных пожарных формирований для сокращения времени свободного горения (рис. 3).

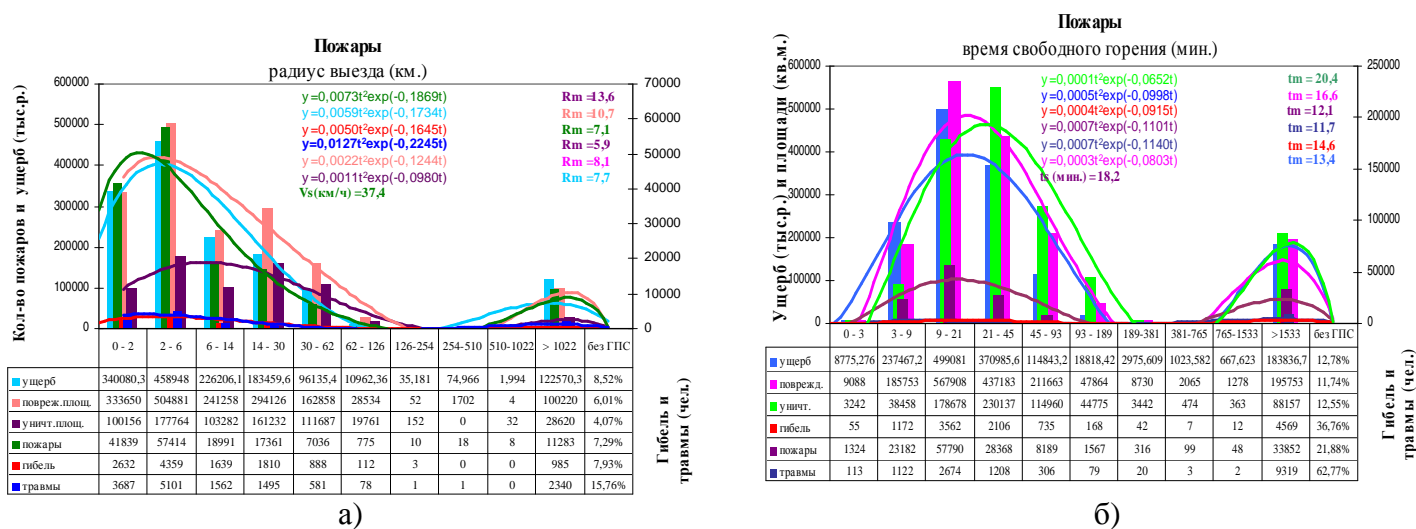
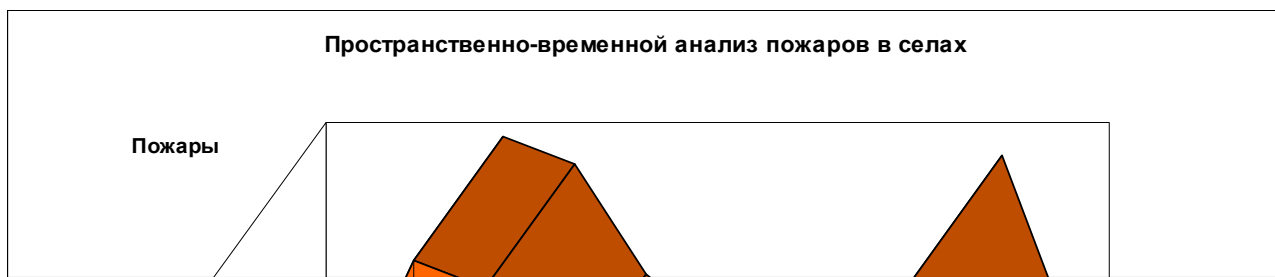


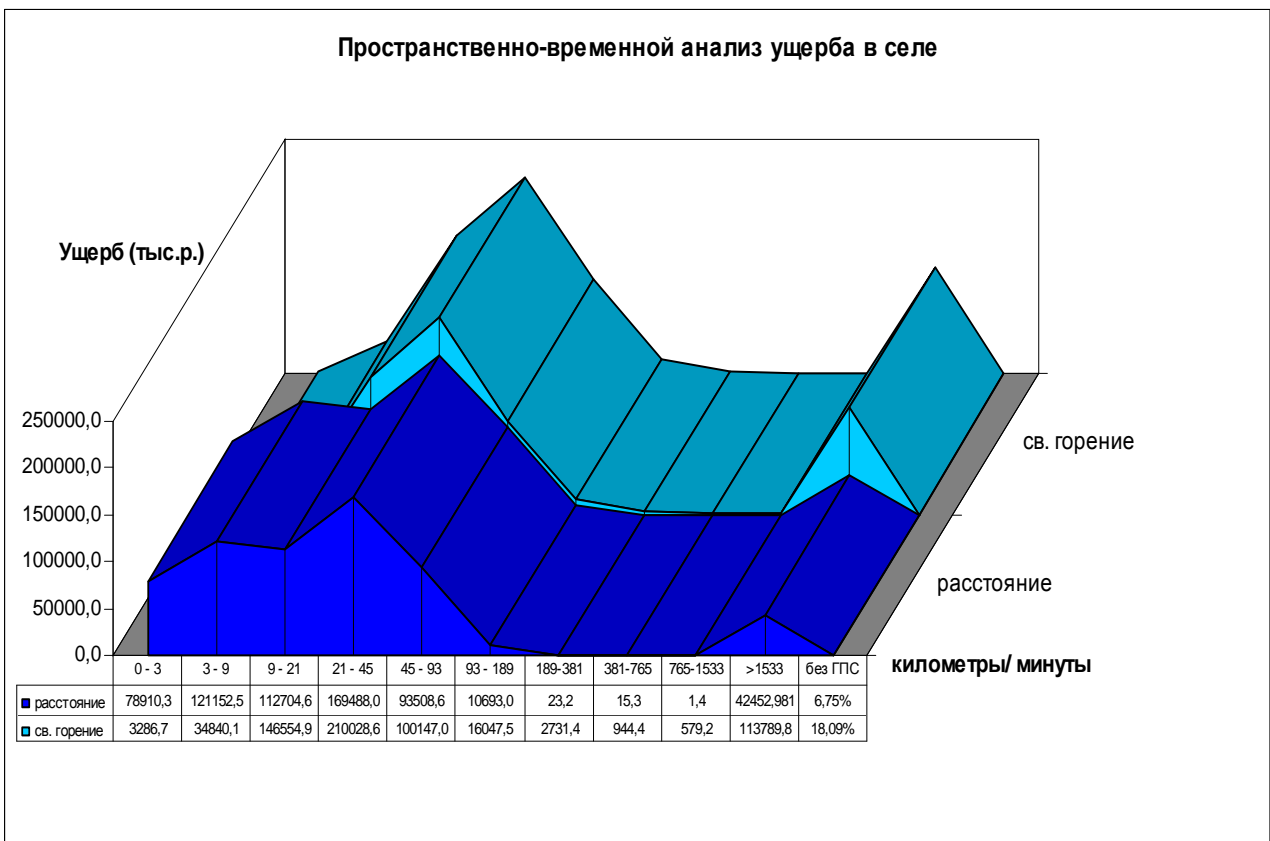
Рис. 2 - Гистограммы радиусов выезда и времён свободного горения

И здесь возникает идея синхронной выборки из базы данных АСОД ПОЖАРЫ и статистического анализа временных и пространственных рядов пожаров и последствий от них.

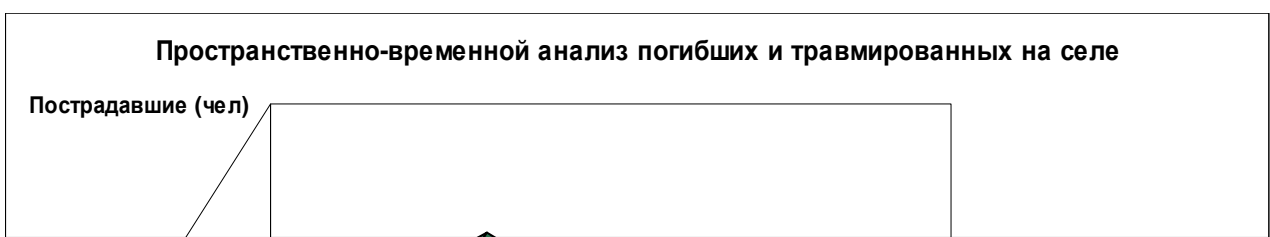
Результаты такой выборки по Краснодарскому краю представлены ниже и позволяют увидеть все недостатки противопожарной защиты сельских населенных пунктов, в которых в совокупности с небольшими городами регионального подчинения возникает более 75% пожаров и около 80% пострадавшего населения и площадей (рис. 3).



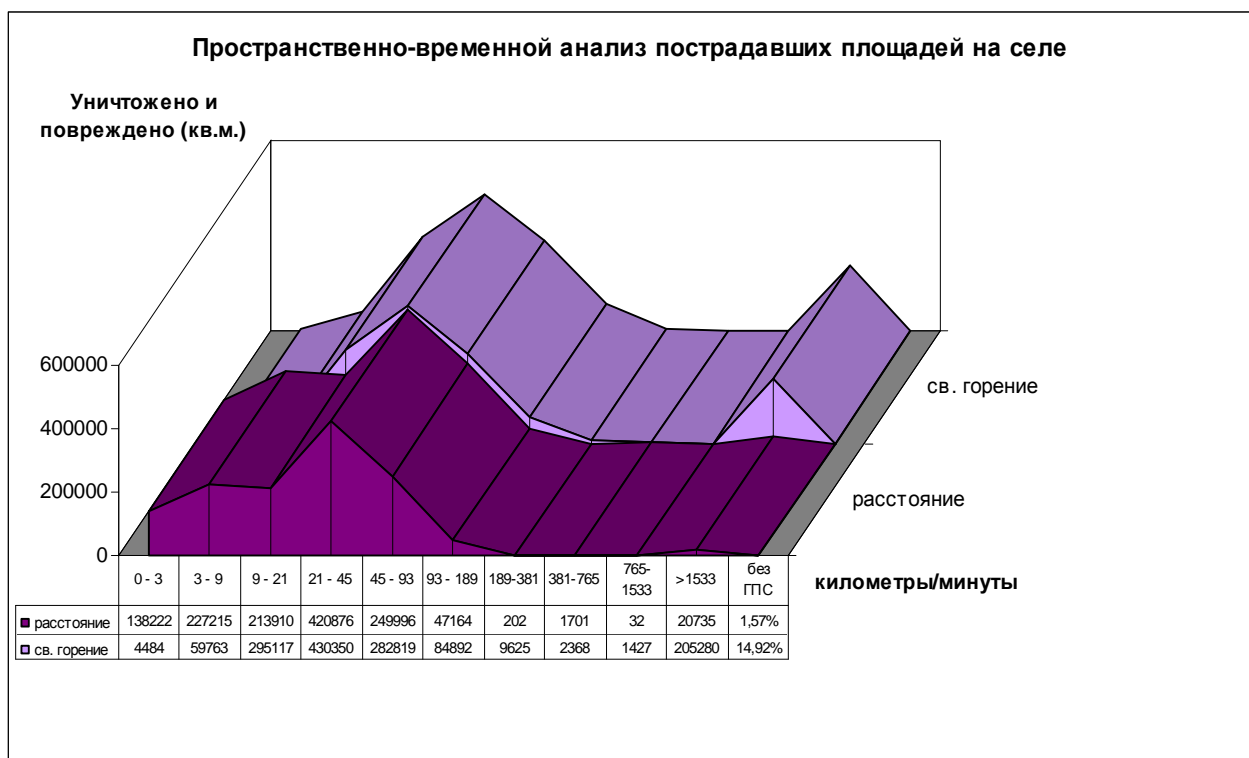
а)



б)



в)



г)

Рис. 3 - Гистограммы пространственно-временного анализа

Получаемые результаты позволяют использовать новое уравнение оперативно-тактической деятельности (ОТД) при управлении силами и средствами ГПС [4], которое

отличается от существующего тем, что времена в нём определяются по уравнению плотности вероятности (2), а вероятности, как обратные величины **коэффициентов качества выполнения каждой ОТЗ** - по уравнению вероятности событий (3):

$$t_{OTД} = \sum_{i=1}^5 \frac{t_i}{P_i} + 2 \frac{t_m \cdot P_n}{P_m (1 - P_n)} + \sum_{j,k=1}^4 \frac{t_j}{P_j \cdot P_k} + \sum_{\ell=1}^3 \frac{t_\ell}{(1 - P_\ell)} \quad , \quad (4)$$

где  $t_{отд}$  - время решения оперативно-тактических задач при пожаре;  $t_i/P_i$  - времена и вероятности *обнаружения и сообщения* о пожаре, *решения* диспетчером задачи привлечения подразделений и *сбора* боевого расчета по тревоге;  $t_m \cdot P_m / P_m (1 - P_n)$  - времена *следования/возвращения* к месту пожара, вероятности высылки ближайшего подразделения по кратчайшему маршруту и «невероятности» ДТП с ПА;  $t_j/P_j P_k$  - времена и вероятности *разведки, боевого развертывания, локализации и тушения* пожара;  $t_\ell / (1 - P_\ell)$  - времена и вероятности «*свертывания*» и *восстановления* ресурсов.

Решение нового уравнения ОТД (4) для Юга России, в сравнении со «старым» уравнением ОТД при управлении силами и средствами ГПС, позволяет провести детальный анализ качества управления оперативно-тактической деятельностью всех гарнизонов ГПС [3; 4].

$$T_C = 2,7333 \cdot \left( \frac{t_{об}}{0,99176} + \frac{t_{сп}}{0,89688} + \frac{t_{сб}}{0,96175} \right) \quad T_{Л} = 4,7259 \cdot \left( \frac{t_p}{0,5340} + \frac{t_{оп}}{0,5340} + \frac{t_{л}}{0,1089} \right)$$

$$T_{П} = 1,5168 \cdot \left( \frac{t_{р0}}{0,8485} + \frac{t_{сб}}{0,3386} + \frac{0,5506 t_{сн}}{0,3722(1 - 17,44 \cdot 10^{-5} \cdot R_c)} \right) \quad T_{ЛИК} = 9,1859 t_{лик}$$

Так, коэффициент качества при  $T_C$  свидетельствует о том, что только **в 36,59% случаях** (1/2,7333) **в обнаружении и сообщении о пожарах**, на которые привлекалась ГПС, **использовались технические средства**. При этом вероятности обнаружения (0,99176), срабатывания (0,89688) и сообщения (0,96175) характеризуют низкий уровень надежности имеющихся средств автоматической пожарной сигнализации. Если «добавить» к оставшимся 63,41% пожарам 22,91%, на которые ГПС не вызывалась и не выезжала, то полученный показатель 86,32% свидетельствует о чрезвычайно низком уровне (13,68%) применения технических средств обнаружения и сообщения о пожаре, что подтверждается статистикой пожаров на объектах, оборудованных АПС и АУП.

Коэффициент качества при  $T_{П}$  свидетельствует о том, что время реакции гарнизонов ГПС, т.е. **время прибытия к месту пожара, только в 65,93% случаев** (1/1,5168) **соответствует среднему радиусу выезда** ( $R_C=10,7$  км), **который** в свою очередь более чем **в 2 раза превышает нормативный**. При этом вероятность достижения ПА своей конструктивной скорости (0,5506) говорит о неудовлетворительном состоянии дорожно-

транспортной инфраструктуры, а вместе с вероятностью ДТП ( $1,866 \cdot 10^{-4}$ ) свидетельствует о том, что **уровень безопасности в системах управления дорожным движением** (0,999813) более чем **в 500 раз ниже нормативного уровня безопасности населения**. Низкая вероятность оптимальной маршрутизации (0,3722), т.е. привлечения сил и средств по кратчайшим путям, **характеризует неадекватность оперативных планов и неоптимальность дислокации ПЧ**, а вместе с невысокой вероятностью правильного решения задачи диспетчером (0,8485) – **низкий уровень автоматизации решения ОТС**.

Коэффициент качества при  $T_{л}$  характеризует тот факт, что время локализации, т.е. разведки, боевого развертывания и локализации пожара, только в 21,16% случаев (1/4,7259) соответствует нормативам. Практически равновероятные значения при временах разведки и боевого развертывания (0,5340) **свидетельствуют об отсутствии необходимого информационного обеспечения боевых расчетов о каждом 2-м объекте пожара**, а низкая вероятность локализации (0,1089) подтверждает, что **только на одном из 10 пожаров управление привлеченными силами и средствами** (численность, тип и интенсивность подачи ОТС и т.д.) **соответствовали классу и рангу пожара**.

Коэффициент качества при  $T_{лик}$  свидетельствует о том, что время ликвидации в 10,89% случаев (1/9,1859) соответствовало оптимальному, т.е. **только на одном пожаре из 10-ти пожарная тактика соответствовала его классу и рангу**.

### **Выводы**

Пространственно-временной статистический анализ пожаров, синхронизируя территориальные и временные параметры пожаров и последствий от них, позволяет определить коэффициенты качества деятельности каждого гарнизона ГПС и выявить «слабые места» в противопожарной защите АТЕ, что дает возможность планирования целевых мероприятий (организация ДПД, укрупнение и перевооружение ПЧ, внедрение современных средств обнаружения и первичного тушения пожаров и т.д.), которые смогут обеспечить требуемый уровень пожарной безопасности населения (0,999999 по ГОСТ 12.1.004).

### **Список литературы**

1. Андерсон Т. Статистический анализ временных рядов. - М.: Мир, 1976. - 756 с.
2. Белозеров В.В. О применении закона больших чисел при статистическом анализе пожаров // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. - 2010. - Вып. 2 (30). - 14 с. – URL: <http://ipb.mos.ru/ttb/2010-2/2010-2.html>.- 0421000050/0020.

3. Белозеров В.В. Методы, модели и средства автоматизации управления техносферной безопасностью: автореф. дис. ... д-ра тех. наук: 05.13.06/05.13.10. – Ростов н/Д : ЮФУ, 2012. – 46 с.
4. Белозеров В.В., Олейников С.Н. К обеспечению пожарной безопасности в городах Юга России // Системы безопасности – СБ 2011: мат-лы 20-й науч.-тех. конф. – М. : АГПС МЧС РФ, 2011. - С. 222-225.
5. Дьяконов В.П., Исачков А.В., Кабанец Е.Е., Присадков А.И. Автоматизированная система обработки статистических данных о пожарах и загораниях // Применение математических методов исследования в вопросах пожарной охраны. - М.: ВНИИПО, 1982. - С. 83-88.

**Рецензенты:**

Бутузов С.Ю., д.т.н., доцент, начальник учебно-научного комплекса автоматизированных систем и информационных технологий Академии ГПС МЧС России, г.Москва.

Прус Ю.В., д.ф.-м.н., профессор, начальник научно-образовательного комплекса организационно-управленческих проблем ГПС Академии ГПС МЧС России, г.Москва.