

---

---

# МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ, КОМПЬЮТЕРНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ В ТЕОРИИ УПРАВЛЕНИЯ СЛОЖНЫХ ПРОЦЕССОВ

---

---

## МЕТОДИКА ОЦЕНКИ ЭФФЕКТИВНОСТИ УПРАВЛЕНИЯ СИЛАМИ И СРЕДСТВАМИ ГАРНИЗОНА ПОЖАРНОЙ ОХРАНЫ

**А.А. Крупкин;**

**А.В. Максимов;**

**А.В. Матвеев, кандидат технических наук.**

**Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России**

Предложен подход к оценке эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны на основе использования коэффициентов боеготовности. Предлагаемая методика оценки позволяет учитывать взаимосвязь между отдельными видами сил и средств и в дальнейшем на основе разработки автоматизированной системы поддержки принятия решений обосновывать управленческие решения по количественному и качественному оснащению силами и средствами подразделений гарнизона пожарной охраны.

*Ключевые слова:* силы и средства, методика оценки, гарнизон пожарной охраны, ресурсы, коэффициент боеготовности, управление

## TECHNIQUE OF THE ASSESSMENT OF EFFECTIVE MANAGEMENT OF FORCES AND MEANS OF GARRISON OF FIRE PROTECTION

A.A. Krupkin; A.V. Maksimov; A.V. Matveev.

Saint-Petersburg university of State fire service of EMERCOM of Russia

In article approach to an assessment of effective management of forces and means of garrison of fire protection on the basis of use of coefficients of fighting capacity is offered. The offered technique of an assessment allows to consider interrelation between separate types of forces and means and further on the basis of development of the automated system of support of decision-making to prove administrative decisions on quantitative and high-quality equipment by forces and means of divisions of garrison of fire protection.

*Keywords:* forces and means, assessment technique, garrison of fire protection, resources, fighting capacity coefficient, management

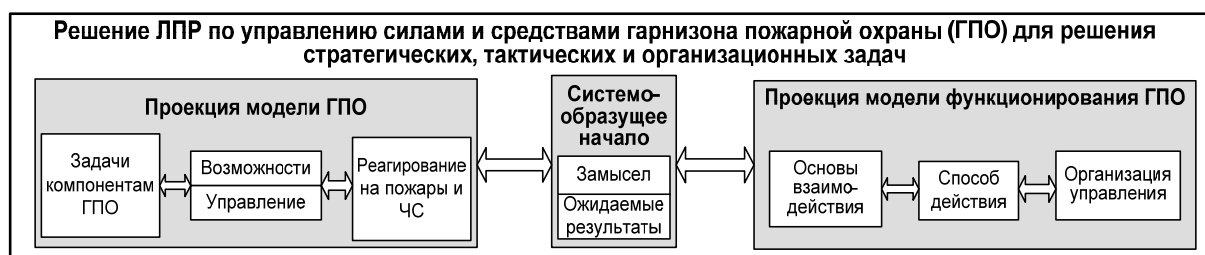
В настоящее время одним из наиболее частых факторов техногенного и природного характера, представляющих угрозу населению на территории Российской Федерации, являются пожары, потери от которых составляют около 15 млрд руб. каждый год [1]. Данный факт оказывает свое негативное воздействие на уровень социально-экономического развития государства. В настоящее время действует федеральная целевая программа «Пожарная

безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года», в которой отмечено, что важной и очевидной проблемой, подлежащей решению, является недостаточная эффективность действий подразделений пожарной охраны [2].

Использование системно-кибернетического подхода [3, 4] позволяет определить роль и место эффективности в управлении сложными системами, к которым можно отнести и гарнизон пожарной охраны. Управление невозможно без предварительного формирования целевой функции, которую можно декомпозировать на набор частных целей, каждой из которых соответствуют контрольные параметры достижения результата [5].

Так, целью деятельности гарнизона пожарной охраны является координация деятельности различных видов пожарной охраны и аварийно-спасательных формирований при реагировании на пожары и чрезвычайные ситуации (ЧС) различного характера [6]. Данная цель, в свою очередь, состоит из множества задач, для достижения которых гарнизонная служба выполняет определенные функции, результаты выполнения которых могут быть оценены соответствующими показателями эффективности (например, время прибытия подразделений к месту возгорания и др.).

Поэтому при формировании целевой функции исследователю стоит внимательно отнестись к частным функциям и задачам, которые он моделирует, выделить из них значимые. А чтобы оценить эффективность функционирования моделируемой системы, исследователь соотносит показатели контрольных параметров достигнутого результата с заданными (рис.).



**Рис. Системно-кибернетический подход к управлению силами и средствами гарнизона пожарной охраны (ЛПР – лицо, принимающее решение)**

Огромный вклад в вопросах моделирования управления в Государственной противопожарной службе внесли, прежде всего, научные школы профессора Н.Н. Брушлинского [7] и профессора А.А. Таранцева [8]. В данных работах модели функционирования гарнизона пожарной охраны рассматриваются как системы массового обслуживания с пуассоновским входящим потоком сообщений и экспоненциальным временем их обслуживания. При этом вероятность состояния системы описывается уравнениями Эрланга. Однако данные модели носят частный характер, позволяют моделировать использование и оптимизировать лишь отдельные виды сил и средств, а также не в полной мере позволяют учитывать различные ранги пожаров.

Был предложен подход к разработке комплексной математической модели процесса управления силами и средствами (СиС) гарнизона пожарной охраны, учитывающей взаимосвязь между отдельными видами СиС, и позволяющей проводить одновременное моделирование управления различными видами материальных и кадровых ресурсов подразделений пожарной охраны [9].

Полученная модель позволяет получить основные аналитические закономерности между показателями оперативной деятельности гарнизона пожарной охраны (временные характеристики прибытия к месту вызова, проведения разведки места пожара, проведения аварийно-спасательных работ и др. видов служебной деятельности), количеством СиС гарнизона пожарной охраны, показателями оперативной обстановки (данные о динамике изменения количества пожаров, загораний, ложных выездов, а также выездов на другие

мероприятия), а также показателями эффективности функционирования гарнизона пожарной охраны. В качестве одного из таких показателей предлагается ввести коэффициент боеготовности сил и средств.

Предлагается методика оценки эффективности управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны, основанная на расчете значений коэффициентов боеготовности СиС гарнизона пожарной охраны.

Оценивание предполагает:

- формализацию процесса вызовов подразделений гарнизона пожарной охраны в рамках теории нестационарных потоков Пуассона;
- формализацию использования СиС при решении задач гарнизона пожарной охраны по показательному закону;
- разработку математической модели процесса функционирования гарнизона пожарной охраны;
- представление показателя эффективности управления силами и средствами уравнением результативности.

Разработанная в статье [9] модель позволяет определять коэффициент боеготовности личного состава вида  $l$  (командиры отделений, водители, ствольщики и др.) для каждого момента времени  $t$  следующим соотношением:

$$K_{лс,l}(t) = \frac{m_{z_0}^{(l)}(t) + m_{z_7}^{(l)}(t)}{N_L^{(l)}},$$

где  $m_{z_0}^{(l)}(t)$  – средняя численность личного состава вида  $l$ , находящегося в режиме боевого дежурства;  $m_{z_7}^{(l)}(t)$  – средняя численность личного состава вида  $l$ , находящегося в состоянии сбора и возвращения к месту постоянной дислокации с места ликвидации пожара или ЧС;  $N_L^{(l)}$  – количество личного состава вида  $l$ .

Коэффициент боеготовности нерасходуемых материальных ресурсов (средств) вида  $j$  (автоцистерны, автолестницы, автомобили газодымозащитной службы и др.) для каждого момента времени  $t$  определяется соотношением:

$$K_{p,j}(t) = \frac{m_{w_0}^{(j)}(t) + m_{w_4}^{(j)}(t)}{N_j^{(j)}},$$

где  $m_{w_0}^{(j)}(t)$  – среднее количество средств вида  $j$ , находящихся в гарнизоне пожарной охраны;  $m_{w_4}^{(j)}(t)$  – средняя численность нерасходуемых материальных ресурсов (средств), находящихся в состоянии сбора и возвращения к месту постоянной дислокации с места ликвидации пожара или ЧС;  $N_j^{(j)}$  – общее количество нерасходуемых материальных ресурсов (средств) вида  $i$ , находящихся в гарнизоне пожарной охраны.

Так как руководящий состав, как правило, могут интересовать значения коэффициентов боеготовности личного состава вида  $l$   $\bar{K}_{лс,l}(T)$  и нерасходуемых материальных ресурсов (средств) вида  $j$   $\bar{K}_{p,j}(T)$  за определенный период времени  $T$ , то их можно определить следующим образом:

$$\bar{K}_{лс,l}(T) = \frac{\int K_{лс,l}(t)}{T}, \quad \bar{K}_{p,j}(T) = \frac{\int K_{p,j}(t)}{T}, \quad (1)$$

где  $T$  – расчетный период функционирования гарнизона пожарной охраны.

В случае если исходные данные в модели, а следовательно и функции коэффициентов боеготовности имеют вид кусочно-постоянных функций, то выражения (1) примут следующий вид:

$$\bar{K}_{лс,l}(T) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T K_{лс,l}(t), \quad \bar{K}_{p,j}(T) = \frac{1}{T} \sum_{t=1}^T K_{p,j}(t).$$

Комплексные коэффициенты боеготовности личного состава (сил)  $K_{лс}(t)$  и нерасходуемых материальных ресурсов (средств)  $K_p(t)$  предлагается определить как средневзвешенные суммы коэффициентов боеготовности каждого вида, входящего в состав СиС гарнизона пожарной охраны на каждый момент времени  $t$ :

$$K_{лс}(t) = \sum_{l=1}^L K_{лс,l}(t) \cdot \frac{N_L^{(l)}}{N_L}, \quad K_p(t) = \sum_{j=1}^J K_{p,j}(t) \cdot \frac{N_J^{(j)}}{N_J},$$

где  $N_L = \sum_{l=1}^L N_L^l$ ,  $N_J = \sum_{j=1}^J N_J^j$  – общая численность личного состава (сил) и нерасходуемых материальных ресурсов (средств) гарнизона пожарной охраны.

На основе динамики изменения значений комплексных коэффициентов боеготовности СиС можно рассчитать их среднее значение за период времени  $T$ :

$$\bar{K}_{лс}(T) = \frac{\int K_{лс}(t)}{T}, \quad \bar{K}_p(T) = \frac{\int K_p(t)}{T},$$

для их кусочно-постоянных функций:

$$\bar{K}_{лс}(T) = \frac{\int K_{лс}(t)}{T}, \quad \bar{K}_p(T) = \frac{\int K_p(t)}{T}.$$

Полученные выше выражения для расчета коэффициентов боеготовности сил и средств на основе комплексной математической модели позволяют обосновывать возможности функционирования гарнизона пожарной охраны, обосновывать рациональные действия по его ресурсному оснащению, что в нынешних экономических условиях является весьма важным фактором.

При этом важным шагом дальнейших исследований и практической реализации полученных в статье результатов является автоматизация расчетов по предлагаемой модели и методике оценки эффективности управления СиС гарнизона пожарной охраны.

### Литература

1. Максимов А.В., Воднев С.А. Анализ проблем в сфере обеспечения пожарной безопасности в России // *Фундаментальные и прикладные исследования в современном мире*. 2015. № 9-1. С. 120–125.
2. О федеральной целевой программе «Пожарная безопасность в Российской Федерации на период до 2017 года»: Постановление Правительства Рос. Федерации от 30 дек. 2012 г. № 1481. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».
3. Матвеев А.В. Схема выработки управленческих решений на основе структурно-функционального синтеза системы обеспечения безопасности потенциально опасных объектов // *Национальная безопасность и стратегическое планирование*. 2013. № 1. С. 60–68.

4. Матвеев А.В., Магулян Г.Г., Бурлов В.Г. Общий подход к моделированию систем обеспечения безопасности // Научно-технические ведомости СПбГПУ. Информатика. Телекоммуникации. Управление. 2011. № 5 (133). С. 73–77.

5. Матвеев А.В., Матвеев В.В. Системно-кибернетический подход к определению понятия «безопасность» // Национальная безопасность и стратегическое планирование. 2015. № 1 (9). С. 1825.

6. Об утверждении Порядка привлечения сил и средств подразделений пожарной охраны, гарнизонов пожарной охраны для тушения пожаров и проведения аварийно-спасательных работ: Приказ МЧС РФ от 5 мая 2008 г. № 240. Доступ из информ.-правового портала «Гарант».

7. Брушлинский Н.Н., Соколов С.В. Математические методы и модели управления в Государственной противопожарной службе. М.: Академия ГПС МЧС России, 2011.

8. Таранцев А.А., Абдурагимов Г.И. Теория массового обслуживания в управлении пожарной охраной. М.: Академия ГПС МЧС России, 2000. 101 с.

9. Водахова В.А., Максимов А.В., Матвеев А.В. Комплексная математическая модель процесса управления силами и средствами гарнизона пожарной охраны // Проблемы управления рисками в техносфере. 2015. № 2 (34). С. 85–96.