

УДК 614.8.01:51-7

chistanal@rambler.ru

**ПЛАНИРОВАНИЕ ПРОФИЛАКТИЧЕСКОЙ РАБОТЫ
С НАСЕЛЕНИЕМ НА ОСНОВЕ МАТРИЧНОГО ПРЕДСТАВЛЕНИЯ РИСКОВ**

**WAYS OF IMPROVING THE EFFICIENCY OF WORK
OF THE INSPECTOR OF THE STATE FIRE SUPERVISION (GPN)
IN THE IMPLEMENTATION OF PREVENTIVE WORK
WITH THE POPULATION**

*Чистякова А. А.,
Всероссийский ордена «Знак Почета»
научно-исследовательский институт
противопожарной обороны МЧС России, Балашиха,
Прус Ю. В., доктор физико-математических наук, профессор,
Российский государственный университет нефти и газа
(Научно-исследовательский университет) им. И. М. Губкина, Москва,
Чистяков А. А., кандидат технических наук,
Академия Государственной
противопожарной службы МЧС России, Москва*

*Chistyakova A. A., All-Russian Research Institute
for Fire Protection of EMERCOM of Russia, Balashikha,
PrusYu. V., National University of Oil and Gas (NRU) I.M. Gubkin, Moscow,
Chistyakov A. A., Academy of the State Fire Service
EMERCOM of Russia, Moscow*

Предложена модель реализации риск-ориентированного подхода при интеллектуальной поддержке управленческих решений в области пожарной безопасности, с использованием инструментария оценки пожарных рисков в социотехнических системах. Введены новые показатели эффективности планирования профилактической деятельности, построенные с учетом модифицированного авторами векторно-матричного представления пожарных рисков в жилом секторе. Описываются новые подходы к планированию профилактической работы с населением, направленной на пожарную профилактику и противопожарную пропаганду.

Ключевые слова: пожарный риск, социотехническая система, система обеспечения безопасности, профилактические мероприятия, риск-ориентированный подход, управление пожарной безопасностью.

A model for implementing a risk-based approach with intelligent support for management decisions in the field of fire safety, using tools for assessing fire risks in social engineering systems, is proposed. New indicators of the effectiveness of planning preventive activities were introduced, based on the modified vector-matrix representation of fire risks in the residential sector. New approaches to planning preventive work with the population aimed at fire prevention and fire promotion are described.

Keywords: fire risk, sociotechnical system, security system, preventive measures, risk-based approach, fire safety management.

Обеспечение безопасности людей от пожаров в жилом секторе является одной из важнейших проблем обеспечения Национальной безопасности, требующей целенаправленного объединения и координации усилий всех относящихся к системе обеспечения пожарной безопасности субъектов. Основная роль в обеспечении необходимого уровня пожарной безопасности населения в жилом секторе принадлежит органам местного самоуправления (ОМСУ) и надзорным органам МЧС России.

Однако проводимая работа по обеспечению пожарной безопасности в жилом секторе, согласно статистическим данным [1] не является достаточно эффективной и требует совершенствования (рисунок 1). При этом важно выделить элементы практической деятельности, направленные на пожарную профилактику, противопожарную защиту и противопожарную пропаганду.

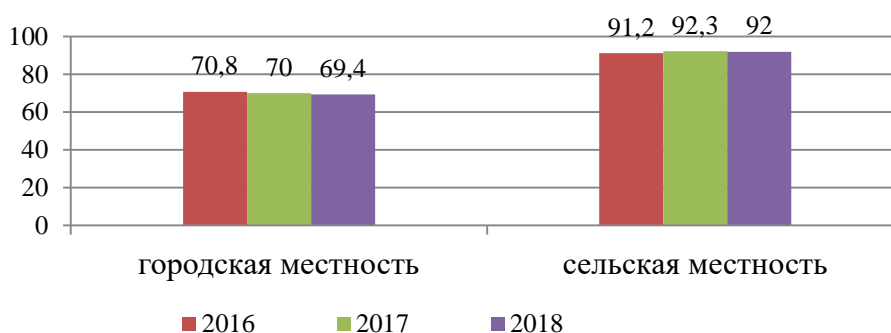


Рисунок 1. Обстановка с пожарами в жилом секторе

Требуют анализа процессы координации и взаимодействия по вопросам обеспечения пожарной безопасности в жилом секторе между представителями федеральных органов исполнительной власти, органов исполнительной власти субъектов Российской Федерации, органов местного самоуправления, организаций, общественных объединений.

При организации профилактических мероприятий с населением отсутствуют единые подходы и требования к их планированию, научно-обоснованные методики, учитывающие показатели эффективности использования различных ресурсов. В частности, отсутствуют показатели экономической эффективности проведения профилактических мероприятий в области пожарной безопасности.

В статье предлагается ввести показатели эффективности использования трудовых ресурсов при проведении про-

филактических мероприятий с населением, аналогичные существующим в различных отраслях экономики показателям эффективности использования труда персонала [2]. Для определения совокупности показателей экономической эффективности использования труда при проведении профилактических мероприятий введены показатели предотвращенного ущерба, выраженные в виде «вектора ожидаемых потерь» [3], компоненты которого соответствуют определенным видам последствий для совокупности объектов защиты.

Для описания пожарных рисков в жилом секторе предлагается следующая интерпретация векторно-матричной модели [3]. В качестве совокупности объектов защиты рассматривается население, проживающее в жилом секторе на определенной территории. Это множество необходимо дифференцировать на кластеры по группам риска, компоненты c_i вектора распределения объектов за-

щиты определяются численностью соответствующих групп населения:

$$\vec{C} = (c_1, \dots, c_i, \dots, c_n). \quad (1)$$

При разбиении множества на кластеры выразим совокупность кластеров в виде многомерной булевой функции от аргументов, представляющих собой различные социальные, психофизиологические и иные характеристики, влияющие на уровень пожарного риска.

В области экономики труда рассматривается [2] следующее разбиение населения по возрасту: к 1 группе относятся дети и подростки (до 16 лет), ко 2 группе – трудоспособное население (мужчины 16–59 лет, женщины 16–54 года), к 3 группе – лица старше трудоспособного возраста (мужчины 65 лет и старше, женщины 60 лет и старше). В то же время в этой классификации не рас-

сматриваются инвалиды и лица с ограниченными возможностями.

В настоящее время при анализе статистических данных по пожарам разбиение населения по группам риска не проводится и не определена необходимая совокупность соответствующих показателей.

Такая дифференциация, на наш взгляд, должна отражать распределение групп населения по степени уязвимости при пожарах в жилом секторе. В качестве показателей для дифференциации предлагается использовать статистические характеристики, включающие: пол, возраст, социальное положение, место проживания, объект домовладения, наличие ограниченных физических возможностей (инвалидности), ожидаемые потери (табл. 1). При отсутствии детализированных по этим характеристикам статистических данных разбиение на кластеры возможно реализовать на основе метода экспертных оценок.

Таблица 1
Задание булевых функций, определяющих совокупность управленческого решения при определении группы риска

№	пол		кластеры				место проживания		социальное положение				объекты домовладения				ожидаемые потери		группы риска				
	муж.	жен.	1-й	2-й	3-й	4-й	город	село	работает	не работает	пенсионер	бомж	дом	квартира	бытовка	баня	гибель	травма	1-я	2-я	3-я	4-я	
1	0	1	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0
2	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	1	0	0	0	1	0	0
3	1	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	1
4	0	1	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0

При качественном рассмотрении будем использовать разбиение населения по возрасту с добавлением кластера, в который входят лица с ограниченными возможностями (инвалиды). В результате получаем разбиение (1) на 4 кластера, со-

ответствующих определенным группам риска $i = \{1,2,3,4\}$.

Компоненты «вектора ожидаемых потерь» [3] в нашем случае должны отражать негативные последствия жизни и здоровью человека. В соответствии с [4] под вредом, причиненным здоровью

человека, понимается нарушение анатомической целостности и физиологической функции органов и тканей человека в результате воздействия физических, химических, биологических и психических факторов внешней среды. Квалифицирующими признаками тяжести вреда, причиненного здоровью человека [5], являются:

а) в отношении тяжкого вреда:
вред, опасный для жизни человека;
потеря зрения, речи, слуха, какого-либо органа или утрата органом его функций;

прерывание беременности;
психическое расстройство;
заболевание наркоманией либо токсикоманией;

неизгладимое обезображивание лица;

значительная стойкая утрата общей трудоспособности не менее чем на одну треть;

полная утрата профессиональной трудоспособности;

б) в отношении средней тяжести вреда:

длительное расстройство здоровья;
значительная стойкая утрата общей трудоспособности менее чем на одну треть;

в) в отношении легкого вреда:
кратковременное расстройство здоровья;

незначительная стойкая утрата общей трудоспособности.

Приведенная классификация позволяет разделить подвергнувшееся опасным факторам пожара население по видам последствий на следующие группы:

- погибшие;
- получившие тяжелые травмы;
- получившие травмы средней тяжести;
- получившие легкие травмы.

В соответствии с вышесказанным, компоненты d_j вектора ожидаемых потерь [3]

$$\vec{D} = (d_1, d_2, d_3, d_4), \quad (2)$$

разделяются по j -м видам последствий для населения:

d_1 – гибель;

d_2 – тяжелые травмы;

d_3 – травмы средней тяжести;

d_4 – легкие травмы.

При проведении профилактической работы с различными группами населения необходимо применять соответствующие методики, учитывающие психофизиологические и социальные особенности, пол и возраст. Детализация объектов защиты, в частности, распределение населения по группам риска (кластерам), позволяет определить комплекс профилактических мероприятий по повышению культуры безопасности, а также сделать профилактические мероприятия адресными, учитывающими специфику групп населения.

Для совершенствования планирования профилактической деятельности требуется обосновать и ввести показатели эффективности проводимых профилактических мероприятий, отражающие связь показателей риска с трудозатратами. С целью минимизации потерь при ограниченных трудовых ресурсах, необходимо определение требующей первоочередного воздействия группы риска. В качестве критерия эффективности выбирается отношение трудозатрат к снижению совокупных потерь.

Планирование профилактической работы с определенной группой риска необходимо осуществлять на основе определения эффективности трудозатрат, с учетом удаленности объектов жилого сектора, численности задействованных специалистов, а также затраченного на профилактические мероприятия времени и возможности охвата населения.

Профилактическая работа может проводиться с отдельными группами

риска непосредственно инспектором государственного пожарного надзора либо представителями ОМСУ, МВД России, других общественных объединений, организаций и заинтересованными лицами. Для получения наибольшего эффекта каждая группа риска требует временных затрат, определяемых суммарной продолжительностью занятий согласно принятой методике и программ подготовки.

При введении показателей эффективности используется модель [3], позволяющая детализировать влияние профилактической деятельности на составляющие риска, связанные с уязвимостью объектов защиты и их подверженности опасному воздействию.

Вероятностные характеристики рассматриваемых групп населения подвергнутся опасным факторам пожара определяются компонентами v_i матрицы \mathbf{V} , связанными с отдельным кластером c_i в соответствии с [3]:

$$\mathbf{V} = \begin{pmatrix} v_1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & v_2 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & v_3 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & v_4 \end{pmatrix}. \quad (3)$$

Характеристики уязвимости представляют условные вероятности наступления различного рода последствий для рассматриваемых групп населения и определяются в соответствии с [3] компонентами матрицы оператора:

$$\mathbf{S} = \begin{pmatrix} s_{11} & s_{12} & s_{13} & s_{14} \\ s_{21} & s_{22} & s_{23} & s_{24} \\ s_{31} & s_{32} & s_{33} & s_{34} \\ s_{41} & s_{42} & s_{43} & s_{44} \end{pmatrix}, \quad (4)$$

где компоненты s_{ij} представляют условную вероятность для i -го кластера получения j -го вреда здоровью или гибели (ожидаемых потерь d_j).

Каждая компонента вектора ожидаемых потерь (2) согласно [3] представ-

ляет собой сумму ожидаемых потерь вида j по всем кластерам:

$$d_j = \sum_{i=1}^4 d_j^i = \sum_{i=1}^4 c_i v_i s_{ij}, \quad (5)$$

где d_j^i — вклад i -го кластера в последствия вида j .

В результате осуществления полного комплекса планируемых профилактических мероприятий со всеми представителями i -го кластера можно уменьшить его вклад в последствия вида j до значения:

$$d_j^{i*} = c_i v_i^* s_{ij}^*, \quad (6)$$

где v_i^* и s_{ij}^* — измененные в результате проведенных мероприятий значения вероятностей подверженности опасному воздействию и условные вероятности наступления j -ых последствий для i -го кластера.

Ожидаемое предельно достижимое снижение вклада i -го кластера в последствия вида j после проведенных мероприятий выражается как

$$\Delta d_j^{i*} = d_j^i - d_j^{i*}. \quad (7)$$

При неполном охвате представителей i -го кластера профилактическими мероприятиями вклад i -го кластера в последствия вида j выражается как

$$d_j^{i\#} = (1 - \alpha_i) c_i v_i s_{ij} + \alpha_i c_i v_i^* s_{ij}^*, \quad (8)$$

где α_i — доля охвата представителями i -го кластера, $0 \leq \alpha_i \leq 1$.

Ожидаемое снижение вклада i -го кластера в последствия вида j после проведенных мероприятий при неполном охвате, с учетом (6–8), выражается как

$$\begin{aligned} \Delta d_j^i &= d_j^i - d_j^{i\#} = \\ &= \alpha_i c_i (v_i s_{ij} - v_i^* s_{ij}^*). \end{aligned} \quad (9)$$

Эффективность профилактической работы зависит от методики проведения занятий с каждой группой населения и продолжительности общего планируемого объема занятий. В основе показателей эффективности профилактической работы предлагается использовать характеристики снижения

условной вероятности получения вреда здоровью или гибели s и снижения условной вероятности подвергнуться опасным факторам пожара v . Общий вид зависимостей указанных показателей от трудозатрат представлен на графике (рис. 2, 3).

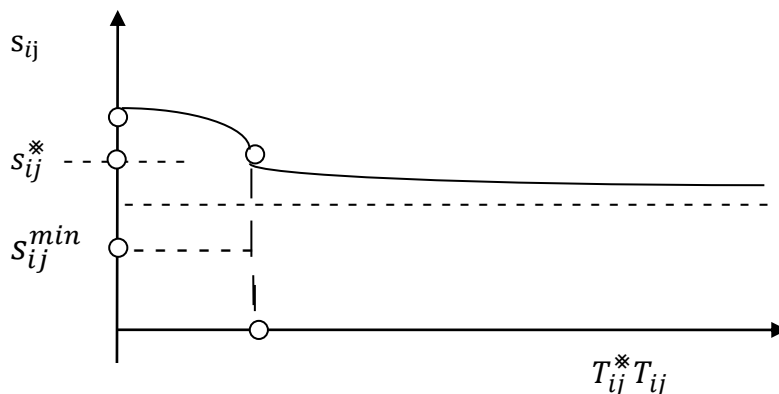


Рисунок 2. Зависимость условных вероятностей s_{ij} от трудозатрат

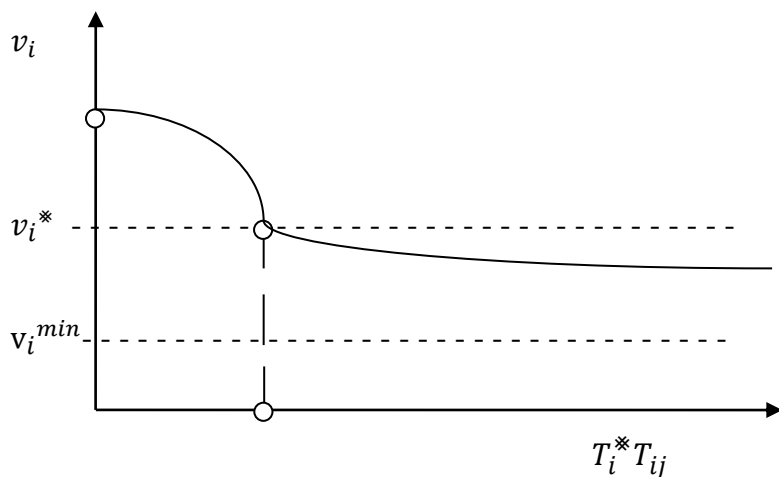


Рисунок 3. – Зависимость условных вероятностей v_i от трудозатрат

Для нахождения оптимальной продолжительности планируемого комплекса профилактических мероприятий необходимо определить на графиках (рис. 2, 3) точки T_{ij}^* и T_i^* , соответствующие достижению необходимой степени эффекта от профилактических занятий. Как видно из графиков s_{ij} и v_i (рис. 2, 3), T_{ij}^* и T_i^*

соответствуют точкам перегибов кривых s_{ij}^* и v_i^* , в которых меняется знак второй производной по времени.

В качестве рекомендуемой продолжительности планируемого комплекса профилактических мероприятий можно предложить точку, характеризующую достижение всеми показателями точек перегиба s_{ij}^* и v_i^* :

$$T_i^* = \max \{T_{ij}^*, T_i^*\}. \quad (10)$$

T_{ij}^* T_i^* – временные интервалы проведения профилактических мероприятий для представителей i -го кластера, необходимые для снижения ожидаемых потерь до значения d_j^{i*} .

Трудозатраты T на проведение профилактических занятий определяются количеством чел/ч, учитывающих временные интервалы, затрачиваемые: на подготовку к занятиям, проведение обучения, инструктирование, пропаганду, проверку знаний и дорогу к объекту.

Количество проводимых с одной учебной подгруппой из i -ой группы риска занятий определяется как:

$$N_i = \frac{T_i^*}{\langle T_i \rangle}, \quad (11)$$

где T_i^* и $\langle T_i \rangle$ – суммарное время и временные интервалы, соответственно затрачиваемые на полный цикл обучения и на проведение одного занятия с представителями i -ой группы риска.

Временные трудозатраты на подготовку одной учебной подгруппой из i -ой группы риска представим как:

$$T_i^\# = T_i^* + n_i(T_D + T_P), \quad (12)$$

где T_D – время, затраченное на дорогу, T_P – время, затраченное на подготовку к занятию.

Количество учебных подгрупп для представителей i -ой группы риска, проживающих на определенной территории:

$$M_i = \frac{c_i}{\langle c_i \rangle}, \quad (13)$$

c_i – количество человек в i -ой группе риска;

$\langle c_i \rangle$ – средняя численность учебной подгруппы людей, которых можно обучить за один раз.

Определим введенный ранее показатель охвата профилактической работой представителей i -ой группы риска за определенный период как:

$$\alpha_i = \frac{\Delta M_i}{M_i}, \quad (14)$$

где ΔM_i – количество подготовленных учебных подгрупп из i -ой группы риска.

С другой стороны, количество подготовленных учебных подгрупп из i -ой группы риска за определенный период выражается как

$$\Delta M_i = \frac{\Delta T_i}{\langle T_i \rangle}, \quad (15)$$

где ΔT_i – временные трудозатраты на профилактическую работу с представителями i -ой группы риска.

Таким образом, с учетом (13) и (15) показатель охвата профилактической работой представителей i -ой группы риска за определенный период выразим:

$$\alpha_i = \frac{\Delta T_i \langle c_i \rangle}{\langle T_i \rangle c_i}. \quad (16)$$

В процессе разработки методик по обучению населения в области пожарной безопасности для отдельных групп риска необходимо определить характеризующие относительное изменение показателей виктимности и уязвимости соответствующие коэффициенты эффективности обучения:

$$\beta_i = \frac{v_i^*}{v_i}, \quad (17)$$

$$\gamma_{ij} = \frac{s_{ij}^*}{s_{ij}}. \quad (18)$$

Таким образом, с учетом (16), (17) и (18) ожидаемое снижение вклада i -го кластера в последствия вида j после проведенных мероприятий выражается как:

$$\Delta d_j^i = \frac{\Delta T_{i < c_i}}{\langle T_i \rangle_{c_i}} v_i s_{ij} (1 - \beta_i \gamma_{ij}). \quad (19)$$

На основании (19) введем показатель эффективности трудозатрат при работе с i -ой группой риска по снижению последствий вида j :

$$A_j^i = \frac{\Delta d_j^i}{\Delta T_i} = \frac{\langle c_i \rangle}{\langle T_i \rangle_{c_i}} v_i s_{ij} (1 - \beta_i \gamma_{ij}). \quad (20)$$

Общие затраты времени при планировании деятельности со всеми группами риска по снижению последствий вида j выражается как

$$\Delta T = \sum_{i=1}^4 \Delta T_i. \quad (21)$$

Определим общий Показатель эффективности трудозатрат при работе со всеми группами риска по снижению последствий вида j в соответствии с планом (21) профилактических мероприятий

$$A_j = \frac{\Delta d_j}{\Delta T}. \quad (22)$$

Выразим ожидаемое снижение последствий вида j после проведенных занятий:

$$\Delta d_j = \sum_{i=1}^4 \Delta d_j^i. \quad (23)$$

С учетом (23) общий показатель эффективности трудозатрат при работе со всеми группами риска по снижению последствий вида j выражается как:

$$A_j = \frac{\sum_{i=1}^4 \Delta d_j^i}{\Delta T} = \frac{1}{\Delta T} \sum_{i=1}^4 \frac{\Delta T_{i < c_i}}{\langle T_i \rangle_{c_i}} v_i s_{ij} (1 - \beta_i \gamma_{ij}). \quad (24)$$

Определение комплексного показателя эффективности трудозатрат по всем видам последствий можно представить следующим образом.

Для каждого вида последствий могут быть введены весовые коэффициенты ω_j , характеризующие относительную значимость отдельных видов последствий. Эти показатели могут быть определены на основе экспертных оценок.

Комплексный показатель эффективности трудозатрат в условных единицах при работе со всеми группами риска по снижению последствий всех видов в соответствии с планом (21) профилактических мероприятий выражается как

$$G = \frac{\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^4 \omega_j \Delta d_j^i}{\Delta T}. \quad (25)$$

Если определен экономический эквивалент жизни человека в соответствии с подходом предложенным авторами [6] показатели стоимости жизни и степени тяжести травмирования e_j :

$$G = \frac{\sum_{j=1}^4 \sum_{i=1}^4 e_j \Delta d_j^i}{\Delta T}. \quad (26)$$

Такие подходы позволяют произвести расчет времени на обучение совокупности всех групп риска при выполнении полного цикла профилактических занятий по пожарной безопасности в целях снижения уязвимости и подверженности опасности населения, для достижения максимального эффекта при необходимых и достаточных трудозатратах.

Литература

1. Пожары и пожарная безопасность в 2018 г.: статистический сборник. М., 2019. 125 с.
2. Экономика труда / под ред. проф. П. Э. Шлендера и проф. Ю. П. Кокина. М., 2002. 203 с.
3. Прус Ю. В., Чистякова А. А., Россинская К. Г. Управление профилактической деятельностью на основе матричного представления рисков // Техносферная безопасность. – 2019. – № 4(25). – С. 42.
4. Уголовный Кодекс Российской Федерации. Ч. 1. Ст. 112.
5. Постановление Правительства РФ от 17 августа 2007 г. № 522 «Об утверждении Правил определения степени тяжести вреда, причиненного здоровью человека».

6. Харисов Г. Х., Фирсов А. В. X 20 Обоснование нормативного значения и расчетной величины индивидуального пожарного риска в зданиях и сооружениях. М., 2014. 225 с.

7. Прус Ю. В., Присяжнюк Н. Л., Чистякова А. А. Управление техногенными, природными и пожарными рисками на основе динамической стохастической модели угроз в социотехнической системе // XXIX Международная научно-практическая конференция, посвященная 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. М., 2017. С. 193–196.

References

1. Fire and fire safety in 2018. Statistical collection. М., 2019. 125 с.
2. Labor Economics: Textbook / ed. prof. P. E. Shlender and prof. Yu. P. Kokina. М., 2002. 203 p.
3. Prus Yu. V., Chistyakova A. A., Rossinskaya K. G. management of preventive activities based on the matrix representation of risks // Technosphere security. – 2019. – № 4 (25). – P. 42.
4. Criminal Code of the Russian Federation. Part 1 of Art. 112.
5. Decree of the Government of the Russian Federation of August 17, 2007 № 522 «On approval of the Rules for determining the severity of harm caused to human health».
6. Kharisov G. Kh., Firsov A. V. X 20 Justification of the standard value and the calculated value of the individual fire risk in buildings and structures. М., 2014. 225 p.
7. Prus Yu. V., Prisyazhnyuk N. L., Chistyakova A. A. Managing technological, natural and fire risks based on a dynamic stochastic threat model in a sociotechnical system // XXIX International Scientific and Practical Conference dedicated to the 80th anniversary of the FSBI VNIPO EMERCOM of Russia. М., 2017. P. 193–196.