

УДК 004.023  
DOI 10.47367/0021-3497\_2023\_1\_145

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ОПЕРАТИВНО-ТАКТИЧЕСКИХ МЕРОПРИЯТИЙ  
ПРИ ТУШЕНИИ ПОЖАРОВ ТЕКСТИЛЬНЫХ ПРЕДПРИЯТИЙ  
НА ОСНОВЕ ЛИНЕЙНО-КОРРЕЛЯЦИОННОЙ МОДЕЛИ**

**PREDICTION OF OPERATIONAL AND TACTICAL MEASURES  
WHEN EXTINGUISHING FIRES OF TEXTILE ENTERPRISES  
ON THE BASIS OF A LINEAR-CORRELATION MODEL**

*С.В. ФЕДОСОВ<sup>1</sup>, Б.Б. ГРИНЧЕНКО<sup>2</sup>, М.О. БАКАНОВ<sup>2</sup>, В.Е. РУМЯНЦЕВА<sup>2,3</sup>, Н.С. КАСЬЯНЕНКО<sup>3</sup>*  
*S.V. FEDOSOV<sup>1</sup>, B.B. GRINCHENKO<sup>2</sup>, M.O. BAKANOV<sup>2</sup>, V.E. RUMYANTSEVA<sup>2,3</sup>, N.S. KASYANENKO<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>Национальный исследовательский Московский государственный строительный университет,  
<sup>2</sup>Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России,  
<sup>3</sup>Ивановский государственный политехнический университет)

(<sup>1</sup>Moscow State University of Civil Engineering,  
<sup>2</sup>Ivanovo Fire Rescue Academy of State Firefighting Service of Ministry of Russian Federation  
for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Russia,  
<sup>3</sup>Ivanovo State Polytechnical University)

E-mail: fedosov-academic53@mail.ru; grinchenko.borya@mail.ru; mask-13@mail.ru; kasiyanenko@gmail.com

*В статье рассмотрены основные статистические показатели обстановки с пожарами на территории Российской Федерации за пять лет в зданиях производственного назначения, к которым относятся здания предприятий текстильной промышленности. В ходе анализа выявлена положительная тенденция к росту по всем параметрам (количество пожаров, гибель людей, прямой материальный ущерб). Приведена сравнительная оценка количества статистических и крупных пожаров к их причиненному пря-*

*мому материальному ущербу. Определены особенности и уровни функционирования системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты в зданиях производственного назначения. Проведено исследование вида горючего материала на основе применения известного уравнения линейной корреляции между факторами "температура" – "видимость в дыму". Определена возможность применения кумулятивных адресных пожарных извещателей для планирования боевых действий при тушении пожара в условиях непригодной для дыхания среды в зданиях текстильной промышленности. Предложено внести в систему многофакторного мониторинга динамики пожара построение и исследование оптимального маршрута движения пожарно-спасательных подразделений внутри зданий.*

*The article considers the main statistical indicators of the situation with fires in industrial buildings, which include buildings of textile industry enterprises in the territory of the Russian Federation for five years. The analysis revealed a positive upward trend in all parameters (number of fires, loss of life, direct material damage). A comparative assessment of the number of statistical and large fires to their direct material damage is given. The features and levels of functioning of the fire safety system of the object of protection in industrial buildings are determined. The type of combustible material is investigated based on the application of the well-known equation of linear correlation between the factors "temperature" - "visibility in smoke". The possibility of using cumulative address fire detectors for the planning of combat operations when extinguishing a fire in an environment unsuitable for breathing in buildings of the textile industry has been determined. It is proposed to introduce into the system of multifactorial monitoring of fire dynamics the construction and study of the optimal route of movement of fire and rescue units inside buildings.*

**Ключевые слова:** многофакторный мониторинг, система противопожарной защиты, пожарно-спасательные подразделения, оптимальный маршрут движения.

**Keywords:** multi-factor monitoring, fire protection system, fire and rescue units, the optimal route.

#### *Введение*

Промышленные производства являются одним из главных источников пожаровзрывоопасности на территории Российской Федерации. Развитая технологическая и сырьевая база на данных объектах характеризуется сложным комплексом инженерных мероприятий, обеспечивающих пожарную безопасность объекта. Текстильное производство является крупнейшей отраслью промышленности. В технологическом процессе, как правило, обращаются горючие вещества растительных, животных, искусственных и синтетических волокон. Все обозначенные вещества имеют высокий

уровень пожароопасных свойств. К примеру, хлопок, который является в большинстве случаев основным сырьем для производства, представляет собой горючее волокнистое легковоспламеняемое вещество, которое способно тлеть продолжительное время от источника зажигания [1]. Особенно это характерно для упаковок кип хлопка, которые хранятся на складах [2]. Хлопковая пыль способна образовывать взрывоопасные пылевоздушные смеси при концентрации 50 г/м<sup>3</sup>. Хлопок склонен к самовозгоранию при действии азотной и серной кислот, а также при контакте с окислителями. Растительные масла, попавшие на

хлопок, легко окисляются, вызывая его самовозгорание. В качестве средства тушения необходимо использовать распыленную воду со смачивателями или воздушно-механическую пену, при этом тушение водой неэффективно [1].

Основная цель работы заключалась в построении информационной модели для мониторинговых систем динамики пожара на основе кумулятивных адресных пожарных извещателей, адаптированных в качестве элементов поддержки принятия решений при планировании боевых действий по тушению пожара в зданиях текстильной промышленности.

Учитывая актуальность рассматриваемой тематики, авторы ставили перед собой следующие задачи.

1. Проанализировать основные показатели статистики пожаров на территории Российской Федерации в зданиях производственного назначения, к которым относятся здания предприятий текстильной промышленности.

2. Определить взаимосвязь и провести сравнительную оценку динамики пожаров по отношению к прямому материальному ущербу от них.

3. Установить особенности и уровни функционирования системы обеспечения пожарной безопасности в зданиях производственного назначения (в том числе в зданиях предприятий текстильной промышленности).

4. Определить степень влияния вида горючего материала на факторы "температура" – "видимость в дыму".

5. Изучить возможность применения кумулятивных адресных пожарных извещателей для планирования боевых действий при тушении пожаров в условиях непригодной для дыхания среды в зданиях текстильной промышленности.

По функциональной пожарной опасности предприятия текстильной промышленности относятся к классу Ф 5.1 [3] и размещаются в одноэтажных и многоэтажных зданиях, которые условно можно разделить на производственные, складские, административно-бытовые зоны. В случае возникновения возгорания на данных предприятиях пожар за считанные минуты перерастает до крупных размеров и может обернуться чрезвычайной ситуацией техногенного характера. Ущерб от таких пожаров наносит непоправимый вред государству и обществу в целом, в частности, это касается регионов, в которых текстильная промышленность является основной производственной отраслью. В качестве подтверждения следует привести данные, взятые на статистический учет, о пожарах, произошедших в зданиях производственного назначения, к которым относятся здания предприятий текстильной промышленности, за последние пять лет, [4]. Инфографика пожаров в зданиях производственного назначения представлена на рис. 1.

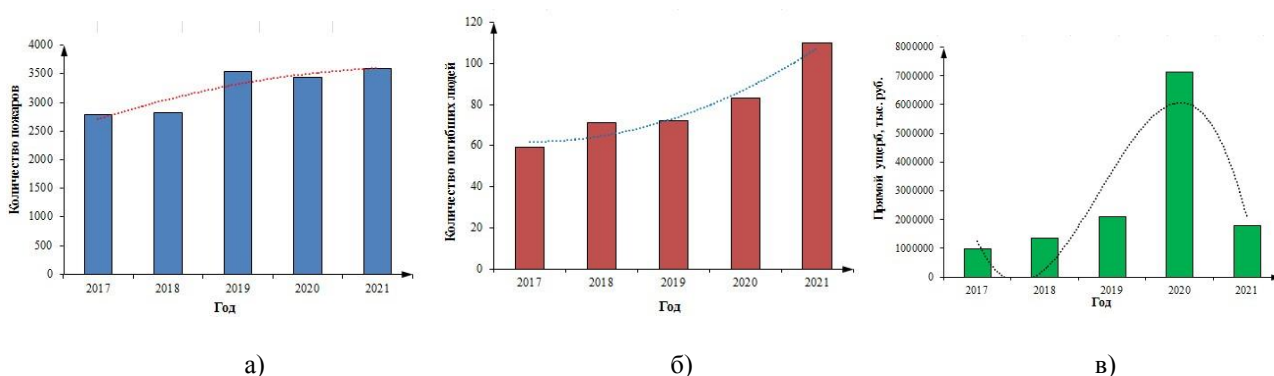


Рис. 1

Исходя из представленного анализа статистических данных в период 2017-2021 гг., на территории Российской Федерации в зданиях производственного назна-

чения наблюдается положительная динамика основных параметров пожара (рис. 1). За 5 лет произошло 16172 пожара, что в среднем составляет 3235 пожара в год

(рис.1-а). На этих пожарах всего погибли 395 человек, что в среднем составляет 79 человек в год (рис. 1-б). Прямой материальный ущерб от таких пожаров исчисляется миллиардами рублей и за отчетный период в общей сумме составил  $13\,323\,969 \cdot 10^3$  руб, что в среднем  $2\,664\,793,8 \cdot 10^3$  руб. в год (рис. 1-в). При этом, как ранее было отмечено, пожары в зданиях производственного назначения (зданиях предприятий текстильной промышленности) могут в короткие сроки развиваться до крупных размеров. Так, за рассматриваемый период всего произошло 49 крупных пожаров, прямой материальный ущерб от которых составил  $9\,773\,388 \cdot 10^3$  руб., что составляет более 73% от всего прямого материального ущерба на характерных пожарах (рис. 2 – инфографика крупных пожаров в зданиях производственного назначения).

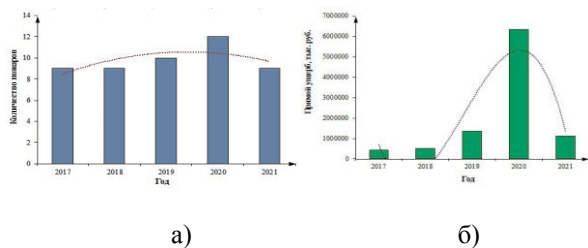


Рис. 2

Для более наглядного представления аналитических данных представлено сравнение прямых материальных ущербов статистического и крупного пожара (рис. 3-а) и их количество по годам (рис. 3-б).

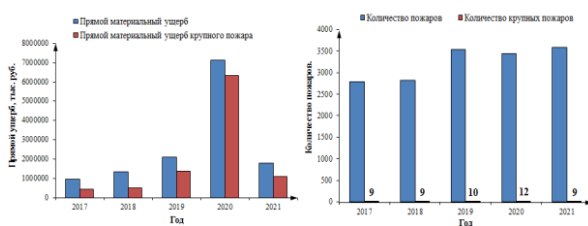


Рис. 3

Таким образом, исходя из вышеизложенного? проблематика, связанная с обеспечением оптимального уровня пожарной безопасности в зданиях производственного назначения (зданиях предприятий текстильной промышленности), не вызывает сомнений.

## Методы

Пожарная безопасность объекта защиты от опасных факторов пожара (ОФП) обеспечивается в соответствии с требованиями нормативных правовых документов [3], общий принцип функционирования которой можно представить принципиальной схемой (рис. 4 – схема функционирования пожарной безопасности объекта защиты).

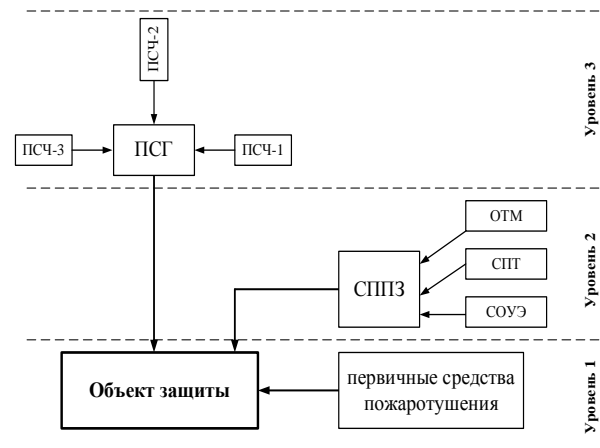


Рис. 4

В настоящее время на территории Российской Федерации основным элементом, характеризующим пожарную безопасность объектов защиты, являются пожарные риски. Предполагается, что планирование и реализация мероприятий различного характера, которые направлены на снижение пожарных рисков до допустимых значений, могут быть обоснованы социально-экономическими условиями, а также научно-техническими возможностями. Так, авторы [5] отмечают, что показатели пожарных рисков, с точки зрения теории управления, играют роль некоторых целевых функций при управлении в системах обеспечения пожарной безопасности объектов защиты. В работе [6] разработана динамическая модель социотехнической системы на основе рассмотрения случайных процессов Марковского типа, с представлением в векторно-матричной форме совокупности показателей пожарных и иных техногенных рисков в качестве подтверждения предположения о повышении адекватности моделей, описывающих риски для реальных объектов посредством введения некоторых новых

тензорных (векторных и матричных) характеристик рисков.

Исходя из зарубежного опыта по оценке функционирования систем обеспечения пожарной безопасности объектов защиты, можно сделать вывод, что методология основана на определении совокупности мероприятий, направленных на предотвращение пожаров, что позволяет управлять вероятностью возникновения случайных и преднамеренных пожаров без превышения уровня человеческих и материальных потерь. Проектирование систем обеспечения пожарной безопасности носит предписывающий характер и регламентируется соответствующими нормами и сводами правил [7]. В зданиях проектируются активные и пассивные системы противопожарной защиты, в свою очередь, активные системы противопожарной защиты (спринклеры, пожарные извещатели и т.п.) предназначены для обнаружения и мониторинга пожара в здании, а также его тушения в начальной стадии, а пассивные системы (конструктивные, объемно-планировочные решения и т.п.) предназначены для того, чтобы обеспечить устойчивость строительных конструкций и элементов здания при воздействии открытого пламени и высоких температур. Главной задачей систем противопожарной защиты зданий является обеспечение необходимого времени для проведения эвакуации и спасения людей из здания, а также минимизация экономического ущерба от пожара.

Безусловно, методологические подходы по оценке систем обеспечения пожарной безопасности объектов защиты достаточно разнообразны и часто отражают частные расчетные методики по определению показателей пожарного риска. Стоит отметить, что намечается тенденция по разработке моделей, которые способны учитывать различные показатели динамики пожара в помещении, полученные от средств мониторинга для целей планирования боевых действий при тушении пожаров.

Система обеспечения пожарной безопасности объекта защиты рассматривается как многоуровневая система, в которой на каждом уровне защиты реализуются

определенные мероприятия (алгоритмы). Стоит отметить, что функционирование уровней системы может происходить как последовательно, так и параллельно.

На первом уровне (рис. 4) реализуются мероприятия, связанные с первичными средствами пожаротушения, которые подразумевают использование персоналом внутреннего противопожарного водоснабжения (пожарные краны с ручными стволами) или различного типа огнетушителей только в тех случаях, в которых возможно их применение для ликвидации горения или снижения воздействия ОФП до реализации следующих уровней. Второй уровень представляет собой сложную мониторинговую систему, реализованную в общую концепцию системы противопожарной защиты объекта. Составными элементами противопожарной защиты являются: система оповещения и управления эвакуацией людей [8]; системы пожаротушения [9]; организационно-технические мероприятия. В зависимости от типа и классификации объекта в систему противопожарной защиты могут входить дополнительные элементы, например, системы противодымной защиты [3]. В большинстве случаев ликвидация горения и устранение его последствий происходит на третьем уровне, который обусловлен прибытием пожарно-спасательных подразделений на место пожара. Так как основная работа по тушению сосредоточена внутри зданий и сооружений, она невозможна без применения средств индивидуальной защиты органов дыхания и зрения (СИЗОД), к которым относятся дыхательные аппараты со сжатым воздухом (ДАСВ). Это в первую очередь обусловлено высокой концентрацией токсичных продуктов горения, содержащейся в зоне задымления на путях эвакуации. Поэтому для работы в таких условиях создаются специальные подразделения пожарной охраны, основной единицей которых являются звенья газодымозащитной службы (звено ГДЗС).

В успешном тушении пожара значительную роль играют результаты планирования и рационального распределения имеющихся сил и средств пожарно-спасательных подразделений на определенных ин-

тервалах времени. Мониторинговые системы, реализованные на втором уровне обеспечения пожарной безопасности объекта защиты, могут быть адаптированы в качестве элементов системы планирования боевых действий по тушению пожара. Так, в работе [10] было установлено, что для эффективного управления системой противопожарной защиты необходима многофакторная информация о динамике пожара внутри здания, которая была определена моделью мониторинга пожара с допущениями, которые неоднократно обоснованы в работах, посвященных конструированию многофакторных пожарных извещателей [11]. Используя линейное тождество факторов пожара при мониторинге, в работе [10] был получен вид уравнения линейной корреляции между факторами "температура" – "видимость в дыму":

$$T^* = \frac{\eta(1-\phi)Q_{\text{нр}}}{C_p}, \text{ К}, \quad (1)$$

$$\Omega^* = \frac{\eta(1-\phi)Q_{\text{нр}} \ln(1,05\alpha E)}{C_p \rho_0 T_0 D}, \text{ м}, \quad (2)$$

где  $Q_{\text{нр}}$  – низшая теплота сгорания материала,  $\text{кДж}\cdot\text{кг}^{-1}$ ;  $C_p$  – удельная изобарная теплоемкость дымовой среды,  $\text{кДж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$  ( $C_p=1 \text{ кДж}\cdot\text{кг}^{-1}\cdot\text{К}^{-1}$ );  $\phi$  – коэффициент тепловых потерь ( $\phi = 0,95$ );  $\eta$  – коэффициент полноты горения ( $\eta = 0,87$ );  $\alpha$  – коэффициент отражения предметов на путях эвакуации ( $\alpha = 0,3$ );  $E$  – начальная освещенность, лк ( $E = 50$  лк);  $\rho_0$  – начальная плотность дымовой среды,  $\text{кг}\cdot\text{м}^{-3}$  ( $\rho_0 = 1,21 \text{ кг}\cdot\text{м}^{-3}$ );  $T_0$  – начальная температура дымовой среды, К ( $T_0=293$  К);  $T^*$  – пороговое значение температуры газовой среды пожара, К;  $\Omega_0$  – начальная дальность видимости в дыму внутри помещения, м ( $\Omega_0 = 20$  м);  $\Omega^*$  – предельная дальность видимости в дыму при пожаре внутри помещения, м.

#### Результаты и обсуждения

На основе уравнения (1) дополним оценку факторов мониторинга для зданий производственного назначения (зданий предприятий текстильной промышленности), обращающихся и содержащихся в них веществ (табл. 1).

Т а б л и ц а 1

Вид горючего материала	Справочные данные		Расчетные параметры	
	$Q_{\text{нр}}$ , $\text{кДж}\cdot\text{кг}^{-1}$	$D$ , $\text{Нп}\cdot\text{м}^2\cdot\text{кг}^{-1}$	$T^*$ , К	$\Omega^*$ , м
Промтовары; текстильные изделия	16700	60,6	835	0,09
Сырье для легкой промышленности; шерсть	21800	164	1090	0,04
Сырье и изделия из синтетического каучука	43000	212	2150	0,06

Таким образом, из полученных результатов расчетов (табл. 1) следует, что звенья ГДЗС внутри здания будут работать в условиях нулевой видимости в зависимости от установочных значений модели "температура" – "дымовая среда". Данные показатели модели оказывают непосредственное влияние на эвакуационные пути, которые, с другой стороны, входят в систему многофакторного мониторинга динамики пожара, что в целом несет полезную информацию для лица, принимающего решение, при выборе оптимального маршрута движения звеньев ГДЗС. В качестве построения таких маршрутов на этапе планирования ресурсов пожарно-спасательных подразделений возможно применение кумулятивных адресных пожарных извещателей [12], где точечное размещение извещателя

будет являться событием, а расстояние до следующего или соседнего извещателя – видом выполняемой работы звеном ГДЗС. В целом такой подход позволит сформировать теоретико-графовую модель возможных маршрутов движения в условиях непригодной для дыхания среды [13].

#### Заключение

Особенность взаимодействия рассмотренных моделей ("температура" – "видимость в дыму" и теоретико-графовая) в системе многофакторного мониторинга заключается в оперативном планировании боевых действий по тушению пожаров с последующим определением критического, оптимального и альтернативного маршрута движения звеньев ГДЗС на основе декомпозиции участков движения в зависимости от параметров "скорости движения" – "види-

мость в дыму" [14,15]. Такой подход позволит на начальных этапах тушения пожара рационально распределить имеющиеся силы и средства пожарно-спасательных подразделений по недопущению развития пожара в зданиях производственного назначения (зданиях предприятий текстильной промышленности) до крупных размеров.

В качестве основных выводов следует отметить следующее.

1. Исходя из анализа основных показателей статистики пожаров на территории Российской Федерации в зданиях производственного назначения, к которым относятся здания предприятий текстильной промышленности, установлено, что прямой материальный ущерб от пожаров, произошедших на данных объектах, составляет более 73% от всего прямого материального ущерба по характерным пожарам за рассматриваемый период. Данный факт можно объяснить тем, что пожары на объектах промышленности (предприятиях текстильной промышленности) характеризуются высокой скоростью распространения горения в его начальной стадии, а также развитой сетью технологических помещений, что способствует быстрому распространению горения по горючим материалам на больших площадях.

2. Разработанная функциональная схема системы обеспечения пожарной безопасности объекта защиты позволяет реализовать планирование боевых действий по тушению пожаров, базируясь на информации, предоставленной пожарными извещателями, которая характеризует динамику параметров развития пожара на промышленных предприятиях (предприятиях текстильной промышленности), что является структурным элементом в системе информационного обеспечения оперативных должностных лиц на месте пожара.

3. На основе уравнения линейной корреляции определены параметры, учитывающие взаимозависимость вида горючей нагрузки в помещении текстильных производств и факторами "температура" – "видимость в дыму", что позволяет проектиро-

вать критические, оптимальные и альтернативные маршруты движения звеньев ГДЗС на основе декомпозиции участков движения в зависимости от его скорости. Представленные значения позволят осуществлять оперативную корректировку траектории перемещения звеньев ГДЗС внутри здания с учетом особенностей объемно-планировочных решений, а также плотности дисперсной системы, состоящей из мелких твердых частиц, находящихся во взвешенном состоянии в газах, образующихся при сгорании горючих материалов.

Рассмотренные предложения по моделированию маршрутов движения звеньев ГДЗС в условиях непригодной для дыхания среды допускают осуществлять их оперативную корректировку, учитывая параметры температуры в помещениях и видимости в дыму в зависимости от вида горючей нагрузки. Расширяя информацию, путем увеличения номенклатуры горючих материалов текстильных производств, появляется возможность дополнять и детализировать прогнозируемые маршруты движения, что непосредственно снижает время проведения обследования помещений и непосредственное тушение пожара.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. *Корольченко А.Я., Корольченко Д.А.* Пожаро-взрывоопасность веществ и материалов и средства их тушения. – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: Асс. "Пожнаук", 2004. Ч. I. 713 с. Ч. 2. 774 с.
2. *Усманов Д.А. и др.* Упаковка кип хлопка: технические нормы загрузки их в вагоны // *Universum: технические науки.* – 2022, №. 3-2 (96). С. 38...42.
3. Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" (с изменениями и дополнениями).
4. Пожары и пожарная безопасность в 2021 году: статистический сборник / ФГБУ ВНИИПО МЧС России; редколлегия: В.С. Гончаренко [и др.]. – Балашиха: П 46, 2022.
5. *Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А., Иванова О.В.* О детализации пожарных рисков // *Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация.* – 2011, № 1. С. 29...33.
6. *Прус Ю. В. и др.* Моделирование структуры и динамики техногенных и пожарных рисков в социотехнических системах // *Технологии техносферной безопасности.* – 2014, №. 4. С. 16...16.

7. Kodur V., Kumar P., Rafi M. Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety // PSU Research Review. – 2019. P. 1...23.

8. СП 3.13130.2009. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности (утв. Приказом МЧС РФ от 25.03.2009 № 173).

9. СП 485.1311500.2020. Системы противопожарной защиты. Установки пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования.

10. Гринченко Б.Б. и др. Многофакторный мониторинг динамики пожара на текстильных предприятиях // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 3. С. 135...140.

11. Членов А.Н. и др. Об эффективности функционирования мультикритериального пожарного извещателя // Пожаровзрывобезопасность. – 2016. Т.25, № 12. С. 55...60.

12. Приказ МЧС России от 31.07.2020 № 582 "Об утверждении свода правил "Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования" (вместе с "СП 484.1311500.2020. Свод правил. Системы противопожарной защиты. Системы пожарной сигнализации и автоматизация систем противопожарной защиты. Нормы и правила проектирования").

13. Гринченко Б.Б., Шалявин Д.Н., Степанов Е.В. Теоретико-графовая модель действий участников тушения пожара в непригодной для дыхания среде // Мат. Междунар. научн.-техн. конф.: Системы безопасности. – Академия государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий", 2021. – №. 30. С. 171...174.

14. Габдуллин В.Б., Ищенко А.Д. Влияние периодов работы звеньев газодымозащитной службы на непрерывность тушения пожара // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – 2020, № 1 (87). С. 25...37. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2020-1/04-01-20.ttb.pdf> (дата обращения 12.04.2020).

15. Чистяков И.М. Динамика параметров работы звеньев ГДЗС при снижении видимости на пожаре // Мат. XIV Междунар. научн.-практич. конф.: Пожарная и аварийная безопасность, посвященной 370-й годовщине образования пожарной охране России. – Иваново: Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2019. С. 205...208.

## REFERENCES

1. Korolchenko A.Ya., Korolchenko D.A. Fire and explosion hazard of substances and materials and means of extinguishing them. Handbook in 2 hours - 2nd ed., Revised. and additional – М.: Ass. "Pozhnauk", 2004. - Ch. I. -713 p. Part 2.

2. Usmanov D.A. Packing bales of cotton: technical norms for loading them into wagons // Universum: technical sciences. – 2022, no. 3-2(96). P. 38...42.

3. Federal Law of July 22, 2008 No. 123-FZ "Technical Regulations on Fire Safety Requirements" (as amended).

4. Fires and fire safety in 2021: statistical collection / FGBU VNIPO EMERCOM of Russia; editorial board: V.S. Goncharenko [i dr.]. - Balashikha: P 46, 2022.

5. Brushlinsky N.N., Klepko E.A., Ivanova O.V. On detailing fire risks // Fires and emergency situations: prevention, liquidation. - 2011, No. 1. P. 29 ... 33.

6. Prus Yu. V. et al. Modeling the structure and dynamics of technogenic and fire risks in sociotechnical systems //Technologies of technospheric safety. – 2014, no. 4. S. 16-16.

7. Kodur V., Kumar P., Rafi M. Fire hazard in buildings: review, assessment and strategies for improving fire safety // PSU Research Review. – 2019.P. 1...23.

8. SP 3.13130.2009. Set of rules. Fire protection systems. Fire warning and evacuation control system. Fire safety requirements (approved by the Order of the Ministry of Emergency Situations of the Russian Federation of March 25, 2009 No. 173).

9. SP 485.1311500.2020 Fire protection systems. Automatic fire extinguishing installations. Design norms and rules.

10. Grinchenko B.B. et al., Multifactorial monitoring of fire dynamics at textile enterprises // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, no. 3. P. 135...140.

11. Chlenov A.N. et al., On the effectiveness of the functioning of a multi-criteria fire detector, Pozharovzryvobezопасnost. – 2016. V.25, No. 12. P. 55...60.

12. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated July 31, 2020 No. 582 "On approval of the set of rules "Fire protection systems. Fire alarm systems and automation of fire protection systems. Design norms and rules" (together with "SP 484.1311500.2020. Code of Practice. Fire protection systems. Fire alarm systems and automation of fire protection systems. Design norms and rules").

13. Grinchenko B.B., Shalyavin D.N., Stepanov E.V. Graph-theoretic model of the actions of participants in extinguishing a fire in an environment unsuitable for breathing // Proceedings of the international scientific and technical conference "Security Systems". – Academy of the State Fire Service of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergency Situations and Elimination of Consequences of Natural Disasters", 2021. no. 30. P. 171...174.

14. Gabdullin V.B., Ishchenko A.D. Influence of the periods of operation of the units of the gas and smoke protection service on the continuity of fire extinguishing. - 2020, No. 1 (87). S. 25...37. – Access mode: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2020-1/04-01-20.ttb.pdf> (accessed 04/12/2020).

15. Chistyakov I.M. Dynamics of the operation parameters of the GDZS links with a decrease in visibility