

УДК 614.841.2

АНАЛИЗ РАЗНЫХ ПОДХОДОВ ПРИ РАСЧЕТЕ ДИНАМИКИ ОПАСНЫХ ФАКТОРОВ ПОЖАРА С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ КОМПЬЮТЕРНЫХ ТЕХНОЛОГИЙ

**Скрипник Игорь Леонидович, Дементьев Фёдор Алексеевич,
Савельев Дмитрий Вячеславович, Булатов Вячеслав Олегович**

Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, г. Санкт-Петербург, Россия

АННОТАЦИЯ

Проанализированы причины, пожарная опасность производств, связанных с окраской изделий. Выполнен расчет опасных факторов пожара на основе приказов МЧС России № 404 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах». Показаны трудности, возникающие с данным расчетом, основанным на использовании большого количества переменных, определяемых не всегда однозначным способом или с некоторыми погрешностями. Показано, что вероятность эвакуации по эвакуационным путям рассчитывается по различным аналитическим выражениям на основании трех рассматриваемых документов. На основе проведенного анализа компьютерных программ, используемых для оценки пожарных рисков, был выполнен расчет времени эвакуации в программе Pathfinder и времени блокирования путей в программе PyroSim на основе дифференциальной (полевой) модели, а именно: по времени наступления предельных значений повышенной температуры, потери видимости, содержанию кислорода, токсичных продуктов горения. Предложено согласовать аналитические выражения для определения вероятности эвакуации по эвакуационным путям и в ближайшее время разработать новое учебное пособие по использованию проекта приказа «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах», вводимого в действие с 01.09.2024, вместо действующего в настоящее время приказа МЧС России № 404.

Ключевые слова: пожар, эвакуация, расчет, вероятность, опасные факторы пожара, время блокирования, риск, компьютерная программа

ANALYSIS OF CALCULATION PROCEDURES FOR DETERMINATION OF FIRE HAZARDS USING COMPUTER TECHNOLOGIES

Igor L. Skripnik, Fedor A. Dementyev, Dmitriy V. Savelyev, Vyacheslav O. Bulatov

St. Petersburg University of the State Fire Service of EMERCOM of Russia, St. Petersburg, Russia

ABSTRACT

The causes and fire danger of industries related to the coloring of products are analyzed. The calculation of fire hazards was carried out on the basis of orders of the Ministry of

Emergency Situations of Russia No. 404 "On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities". The difficulties encountered with this calculation based on the use of a large number of variables, which are not always determined in an unambiguous way or with some errors, are shown. It is shown that the probability of evacuation by evacuation routes is calculated using various analytical expressions based on the three documents under consideration. Based on the analysis of computer programs used to assess fire risks, the calculation of the evacuation time in the Pathfinder program and the time of blocking paths in the PyroSim program was performed based on a differential (field) model, namely: by the time of the onset of the maximum values of elevated temperature, loss of visibility, oxygen content, toxic combustion products gorenje. It is proposed to coordinate analytical expressions for determining the probability of evacuation along evacuation routes and in the near future to develop a new textbook on the use of the draft order "On approval of the methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities", effective from 09/01/2024, instead of the current order of the Ministry of Emergency Situations of Russia No. 404.

Keywords: fire, evacuation, calculation, probability, fire hazards, blocking time, risk, computer program

Введение

Пожары на опасных производственных объектах характеризуются большой сложностью их тушения, привлечением значительных сил и средств для ликвидации очагов горения, нанесением материального ущерба, жизни и здоровью обслуживающего персонала и людей, находящихся в прилегающей зоне (вблизи пожара).

Так 13.05.2023. произошел пожар в покрасочном цехе предприятия по производству дверей и окон (г. Тольятти), в результате чего обрушилась кровля.

Многие лакокрасочные материалы (ЛКМ) являются горючими и легковоспламеняющимися жидкостями (ЛВЖ).

Процессы окраски изделий определяются физико-химическими явлениями, следствием которых могут являться аварийные ситуации. К ним можно отнести:

– электрофизические процессы, связанные с работой электроустановок, электризацией применяемых диэлектрических материалов, проявляющиеся в раз-

рядах статического электричества и приводящие к воспламенению паров летучих растворителей;

– экзотермические, физико-химические процессы в отложениях ЛКМ, что приводит к их разогреву и самовозгоранию.

Пожарная опасность процессов окраски зависит от характеристик, используемых ЛКМ, содержащих в своем составе горючий растворитель – ЛВЖ, возможности образования пожароопасных горючих сред при испарении растворителей, присутствия потенциальных источников зажигания, а также от разветвленных путей распространения пожара.

Причинами пожаров на окрасочных производствах являются:

– неисправность электрооборудования;

– самовозгорание отходов краски, ЛКМ. При нанесении ЛКМ на изделия некоторая доля эмали не попадает на устройство, вследствие этого мелкодисперсные частицы ЛКМ осаждаются на поверхности, образуя отложения, склонные к самовозгоранию;

– нагрев трущихся, подвижных устройств, механизмов сверх допустимой температуры;

– нарушение инструкций, правил, регламентов, последовательности проведения технологических операций, в том числе при выполнении огневых работ;

– разряды статического электричества.

Анализ литературных источников показал, что толщину отложений более 15–20 мм считают опасной для возникновения пожара [1]. Исходя из этого, вопросы пожарной безопасности принимают актуальное значение, особенно это касается окрасочных производств, в которых хранятся, обращаются ГЖ и ЛВЖ.

В научных исследованиях, посвященных расчету и моделированию динамики опасных факторов пожара (ОФП), большое внимание уделяется прогнозированию времени достижения их критических значений [2]. В работе [3] изучены теоретические основы применения трехмерного моделирования при расчете пожарных рисков. Выявлены особенности и проблемы использования 3D-модели для визуализации ОФП. В монографии [4] рассмотрены противопожарные требования при проектировании и строительстве деревообрабатывающих предприятий, тушение на них пожаров, прогнозирование ОФП в цехе деревообрабатывающего предприятия, экспертиза систем взрывопожарной безопасности предприятия. В статье [5] предложены пути совершенствования методов определения расчетного времени блокирования эвакуационных путей ОФП.

Знание прогнозируемых сценариев (вариантов) возникновения пожара, особенностей его развития, распространения горения позволит на начальном этапе своевременно его предотвратить

с наименьшим воздействием на здоровье людей в случае воздействия на них ОФП. Этому способствует развитие научно-технического прогресса, особенно

с точки зрения современных компьютерных технологий на основе моделей развития пожара с различными сценариями его возникновения.

В результате возникновения пожара в производственных зданиях, при этом целью людей является безопасная эвакуация в безопасное место до наступления критических значений ОФП. Для определения времени достижения критических значений ОФП приведены соответствующие аналитические выражения интегральной модели развития пожара.

Методология

В качестве анализа было взято типовое помещение окрасочного цеха производственного предприятия (рис. 1).

Для рассматриваемого цеха окраски используются следующие данные:

- высота помещения: 6 м;
- площадь помещения: 252,52 м²;
- начальная температура воздуха

в помещении: +15 °С.

Основная пожарная нагрузка в помещении представлена:

- эмалью НЦ-132П, ПФ-115, ПФ-218;
- растворителем 646 (50 % толуол,

данные в расчетах по нему) и уайт-спиритом, хранящимися в ведрах с закрывающимися крышками.

Помимо исходных данных, остальные параметры взяты из справочника [6] и сети Интернет. Значение критических продолжительностей пожара ($\tau_{кр}$), входящих в выражение (П 5.1), определяется по формулам (П 5.2 – П 5.9) [7].

Коэффициент «В» определяется по формуле (П5.6):

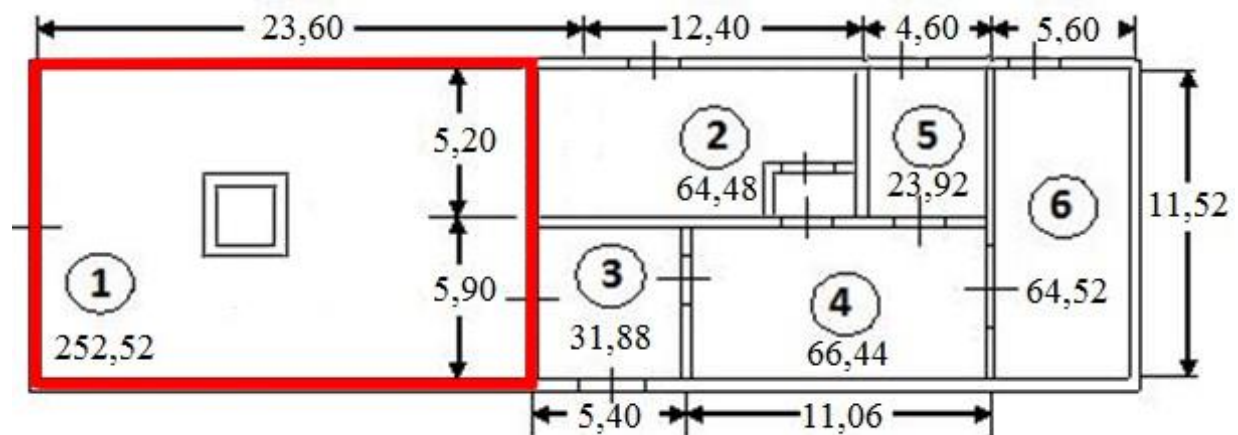


Рис. 1. Расположение помещений: 1 – окрасочный цех; 2 – склад ЛКМ; 3 – раздевалка; 4, 6 – комнаты обслуживающего персонала; 5 – вспомогательное помещение (бытовка)
Fig. 1. Location of premises: 1 – painting shop; 2 – paint and varnish warehouse; 3 – locker room; 4, 6 – rooms for service personnel; 5 – auxiliary room (change house)

$$B = \frac{353 \cdot C_p \cdot V}{(1 - \varphi) \cdot \eta \cdot Q} = \frac{353 \cdot 1,005 \cdot 10^{-3} \cdot 1212,1}{(1 - 0,55) \cdot 0,85 \cdot 41,03} = 27,4 \text{ кг}$$

Параметр Z рассчитывается по формуле (П5.7):

$$Z = \frac{h}{H} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{h}{H}\right) = \frac{1,7}{6} \cdot \exp\left(1,4 \cdot \frac{1,7}{6}\right) = 0,42 \text{ м}$$

Высота рабочей зоны находится по формуле (П5.8):

$$h = h_{\text{пл}} + 1,7 - 0,5 \cdot \delta = 0 + 1,7 - 0,5 \cdot 0 = 1,7$$

Размерный параметр A определяется по формуле (П5.9):

$$A = 1,05 \cdot \Psi_F \cdot v^2 = 1,05 \cdot 0,048 \cdot 0,13^2 = 0,00085, \text{ при } n = 3;$$

$\tau_{\text{КР}}^T$ по повышенной температуре равна (формула П5.2):

$$\tau_{\text{КР}}^T = \left\{ \frac{27,4}{0,00085} \cdot \ln\left[1 + \frac{70-15}{(273+15) \cdot 0,42}\right] \right\}^{1/3} = 22,97 \text{ с}$$

$\tau_{\text{КР}}^{\text{П.В.}}$ по потере видимости составляет (формула П5.3):

$$\tau_{\text{КР}}^{\text{П.В.}} = \left\{ \frac{27,4}{0,00085} \cdot \ln\left[1 - \frac{1212,1 \cdot \ln(1,05 \cdot 0,3 \cdot 50)}{20 \cdot 27,4 \cdot 562 \cdot 0,42}\right]^{-1} \right\}^{1/3} = 9,45 \text{ с}$$

$\tau_{\text{КР}}^{O_2}$ по содержанию кислорода равна (формула П5.4):

$$\tau_{\text{КР}}^{O_2} = \left\{ \frac{27,4}{0,00085} \cdot \ln\left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{27,4 \cdot 3,098}{1212,1} + 0,27\right) \cdot 0,42}\right]^{-1} \right\}^{1/3} = 17,06 \text{ с}$$

$\tau_{\text{КР}}^{\text{CO}}, \tau_{\text{КР}}^{\text{CO}_2}$ по содержанию токсичных продуктов горения (формула П5.5) находится

как:

$$\tau_{\text{КР}}^{\text{CO}} = \left\{ \frac{27,4}{0,00085} \cdot \ln\left[1 - \frac{1212,1 \cdot 0,00116}{27,4 \cdot 0,148 \cdot 0,42}\right]^{-1} \right\}^{1/3} = 38,34 \text{ с}$$

$$\tau_{\text{КР}}^{\text{CO}_2} = \left\{ \frac{27,4}{0,00085} \cdot \ln\left[1 - \frac{1212,1 \cdot 0,11}{27,4 \cdot 3,68 \cdot 0,42}\right]^{-1} \right\}^{1/1} = \frac{27,4}{1,92} \cdot \ln(-0,466) \text{ с}$$

Данные результаты показали, что для выполнения данного расчета «вручную» на основе приказа МЧС России № 404 потребовалось:

- хорошее знание многих преподаваемых (изучаемых) дисциплин;
- большое количество времени;

– применение большого количества показателей пожарной опасности веществ и материалов с [8] и сети Интернет.

Следует отметить, что не всегда эти данные носят достоверный характер. Некоторые находятся в интервальном диапазоне, другие изменяются при небольших внешних условиях (приращениях), третьи выбираются однозначно при условии большого количества неопределенности.

Поэтому значение $\tau_{\text{КР}}^{\text{П.В.}}$ получилось очень маленьким, а $\tau_{\text{КР}}^{\text{CO}_2}$ – неопределенным в силу наличия отрицательного значения под натуральным логарифмом.

В этом случае целесообразно применять апробированные компьютерные программы.

В настоящее время существуют современные программные продукты, такие как: PyroSim, Fenix+ и другие, в которых применяется пользовательский графический интерфейс по моделированию динамики развития ОФП полевым методом на основе программы Fire Dynamics Simulator (FDS). FDS реализует полевую (дифференциальную) модель расчета динамики ОФП. Полевая модель позволяет рассчитать значения показателей в каждой точке пространства с максимально высокой точностью из всех существующих на сегодняшний день моделей. При работе со сложными объектами, которые характеризуются нестандартной планировкой и архитектурой, множеством различных линейных размеров используется исключительно полевая (дифференциальная) модель. Полевая модель имеет множество преимуществ, за исключением продолжительности расчетов и высоких требований к ЭВМ.

Для построения модели пожара применяем программу PyroSim.

Целью моделирования процесса распространения ОФП было нахождение значений критических продолжительностей пожара ($\tau_{\text{КР}}$) и сравнение их с норма-

тивно допустимыми значениями по каждому из ОФП на уровне рабочей зоны (1,7 м от пола) [7].

В программной среде была создана модель производственного цеха.

Моделировалось распространение ОФП при пожаре длительностью 5 мин.

Для компьютерного моделирования добавляем следующие исходные данные:

- количество эвакуационных выходов (ЭВ) с цеха окраски – один (рассматриваем наиболее неблагоприятный сценарий, при котором второй ЭВ заблокирован);

- численность работающих составляла четыре человека;

- пожар возникает в центре помещения.

Время блокирования ($\tau_{\text{бл}}$) рассчитывается в два этапа: первый – это смоделировать процесс эвакуации из помещения. Вторым – рассчитать динамику ОФП и выбрать минимальное значение по критерию времени достижения критического значения, таким образом приблизить алгоритм расчета к алгоритму, описанному в приказе МЧС России № 404.

На первом этапе необходимо создать в программной среде помещение покрасочного цеха, которое геометрически полностью повторяет исходные размеры и планировочные решения помещения цеха. Добавить в модель ЭВ, указать количество эвакуирующихся, при этом расположить людей на рабочих местах.

На втором этапе отдельно рассчитать динамику каждого ОФП. Как правило, наименьшее время достижения критического значения имеет ОФП – потеря видимости. Если учитывать возникающую тягу, связанную с разностью давлений, которую можно указать в программе, то дым распространяется динамически.

Результаты и их обсуждение

При расчете динамики изменения состояния газовой среды в помещении в программной среде PyroSim рассчитываются значения ОФП, согласно приказу МЧС России № 404, при этом достигается более высокая точность вычислений, в отличие от расчета, проведенного вручную [8, 9].

По расчетным значениям определена критическая продолжительность

пожара для эвакуации людей. К ним относятся: снижение видимости в дыму $\tau_{\text{КР}}^{\text{П.В.}} = 40,2$ с (рис. 2б) и снижение концентрации кислорода $\tau_{\text{КР}}^{\text{O}_2} = 47,4$ с (рис. 3а).

Эти значения намного отличаются от значений, полученных в результате расчета: $\tau_{\text{КР}}^{\text{П.В.}} = 9,45$ с и $\tau_{\text{КР}}^{\text{O}_2} = 17,06$ с. Хотя тенденция выбора ОФП по приоритетности остается одинаковой.

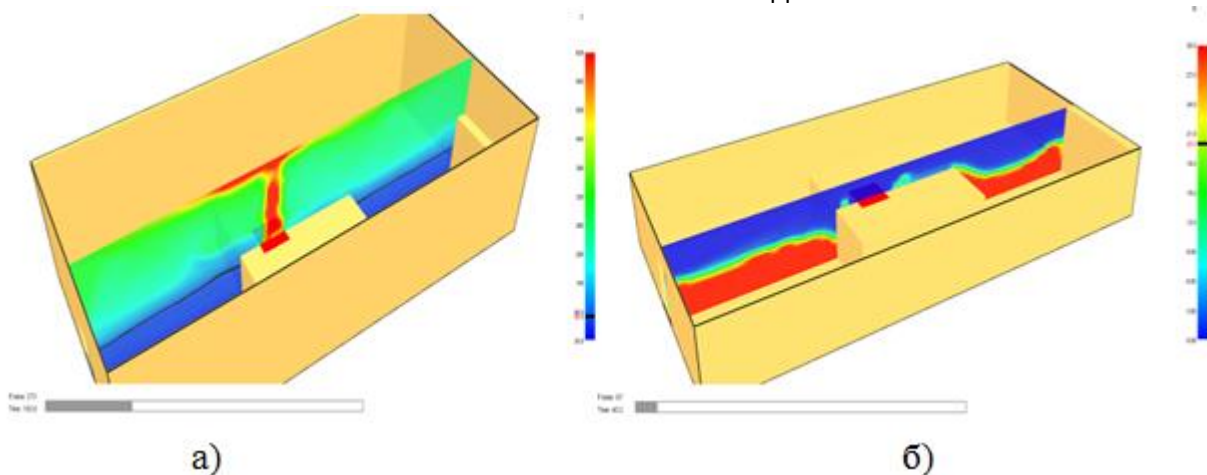


Рис. 2. Время достижения критических значений ОФП по: а) $\tau_{\text{КР}}^T = 163,8$ сек; б) $\tau_{\text{КР}}^{\text{П.В.}} = 40,2$ сек

Fig. 2. Time to reach critical RPP values according to: а) $\tau_{\text{КР}}^T = 163,8$ sec.; б) $\tau_{\text{КР}}^{\text{П.В.}} = 40,2$ sec

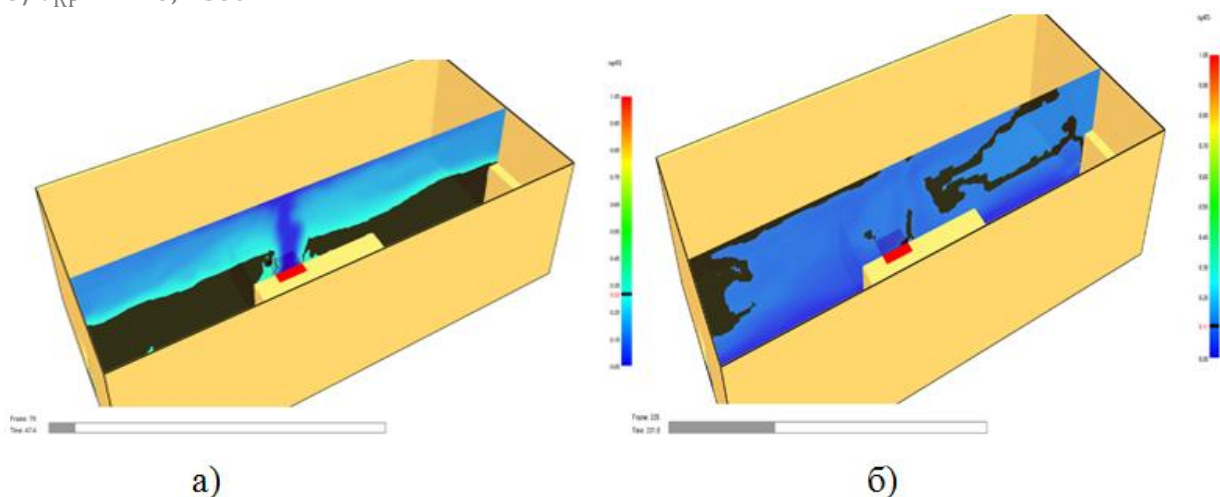


Рис. 3. Время достижения критических значений ОФП по: а) $\tau_{\text{КР}}^{\text{O}_2} = 47,4$ сек; б) $\tau_{\text{КР}}^{\text{CO}_2} = 201$ сек

Fig. 3. Time to reach critical RPP values according to: а) $\tau_{\text{КР}}^{\text{O}_2} = 47,4$ sec.; б) $\tau_{\text{КР}}^{\text{CO}_2} = 201$ sec

Для моделирования эвакуации персонала был применена программа Pathfinder. Время эвакуации составило ($\tau_{\text{ЭВ}} = 40,9$ с) (рис. 4). Поэтому по ОФП

из-за пониженной видимости в дыму персонал не успеет покинуть помещение ($40,2$ с < $40,9$ с). По другим ОФП время блокирования больше времени эвакуации персонала [10].

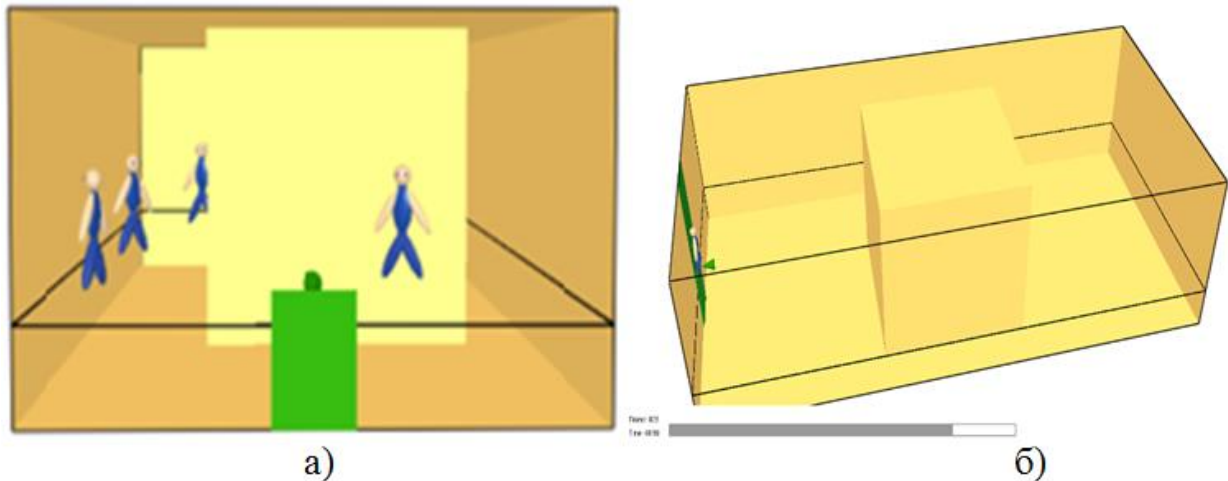


Рис. 4. Время эвакуации: а) начала; б) окончания
Fig. 4. Evacuation time: a) beginning; b) ending

Расчет, выполненный по приказу МЧС России № 404 вручную, показал большие трудности в выборе исходных данных, их большом количестве, интервальной оценки, в некоторых случаях неопределенности и неадекватности получаемых результатов.

В то же время компьютерное моделирование на основе апробированных программ показало качество выполняемых расчетов, их наглядность, достоверность, понятность для лица, принимающего решение (ЛПР).

По методике, описанной в формуле П5.1 [7], полученное значение ($\tau_{\text{бл}}$) используется в выражении (6), а для нахождения потенциального риска в помещении (формула 3) через величины: условной вероятности поражения человека (формула 4); вероятности эвакуации – $P_{\text{э}}$ (формула 5) через значение вероятности эвакуации по эвакуационным путям – $P_{\text{э.п.}}$ (формула 1):

$$P_{\text{э.п.}} = \begin{cases} \frac{0,8 \cdot \tau_{\text{бл}} - t_p}{\tau_{\text{н}}}, & \text{если } t_p < 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}} < t_p + \tau_{\text{н}} \\ 0,999, & \text{если } t_p + \tau_{\text{н}} \leq 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}} \\ 0,001, & \text{если } t_p \geq 0,8 \cdot \tau_{\text{бл}} \end{cases} \quad (1)$$

Однако в действующем в настоящее время приложении 2 выражение для нахождения $P_{\text{э.п.}}$ (формула 5) записано в следующем виде, (формула 2) [11].

$$P_{\text{э.п.}} = \begin{cases} \frac{\tau_{\text{бл}} - t_p}{\tau_{\text{н}}}, & \text{если } t_p < \tau_{\text{бл}} < t_p + \tau_{\text{н}} \\ 0,999, & \text{если } t_p + \tau_{\text{н}} \leq \tau_{\text{бл}} \\ 0, & \text{если } t_p \geq \tau_{\text{бл}} \end{cases} \quad (2)$$

В вышедшем приказе № 1140 МЧС России представлено другое соотношения для определения величины $P_{\text{э.п.}}$ [12]. Проанализируем действие данных соотношений при следующих исходных данных: $\tau_{\text{э.в.}} = 40,9$ с; $\tau_{\text{н}} = 5 + 0,01 \cdot 252,52 = 7,52$ мин (таблица), на примере реальной ($\tau_{\text{бл}} = 40,2$ с) и взятых абстрактных значений ($\tau_{\text{бл}} = 60$ с) и ($\tau_{\text{бл}} = 9$ мин).

Видно, что значения $P_{\text{э.п.}}$, рассчитанные по трем действующим НД, отличаются друг от друга, особенно это проявляется при ($\tau_{\text{бл}} = 9$ мин). В итоге это влияет на величину потенциального и в конечном итоге на значение индивидуального пожарного риска.

Выводы

Ручной способ (на основе интегральной модели) загроубляет значения всех видов ОФП. Результат расчета на основе полевой (дифференциальной) модели с помощью компьютерных технологий лучше сходится с результатами натурных экспериментов и реальных пожаров, попавших в объектив видеокamer.

Таблица 1.
Результаты расчета
Table 1.
Calculation results

Нормативные доку- менты (НД) Regulatory documents (RD)		Показатели Indicators					
		$\tau_{\text{бл, С}}$ $\tau_{bl, S}$	$P_{\text{Эп}}$ P_{EP}	$\tau_{\text{бл, С}}$ $\tau_{bl, S}$	$P_{\text{Эп}}$ P_{EP}	$\tau_{\text{бл, МИН}}$ $\tau_{bl, min}$	$P_{\text{Эп}}$ P_{EP}
ГОСТ 12.1.004-91 Gost 12.1.004-91		40,2	0	60	0,04233	9	0,999
Приказы МЧС Рос- сии Orders of the Ministry of Emer- gency Situa- tions of Russia	№ 404		0,001		0,01574		0,8668
	№ 1140		0		0,01572		0,8659

Различие в численных значениях объясняется использованием разных моделей расчета ОФП (в программе применяется полевой метод).

Пространственная визуализация вместе с количественным анализом позволяют наглядно представить динамику развития пожара, оценить влияние ОФП на исход эвакуации. С помощью трехмерной визуализации ОФП в помещении позволяет ЛПР определить основные этапы данного процесса и применять ее для принятия наилучшего варианта по безопасной эвакуации людей.

Таким образом, целесообразно:

- скорректировать аналитические выражения для определения основных величин по расчету пожарных рисков;
- оперативно подготовить новое пособие по применению проекта приказа

Список источников

1. Колеров Д. А. Компьютерное моделирование определения индивидуального риска работника лакокрасочного предприятия // Сборник трудов Конкурса научно-исследовательских работ (Конкурса НИР). 2021. М., с. 158–161.
2. Куватов В. И., Горбунов А. А., Колеров Д. А. Метод интеллектуальной поддержки управленческих решений с помощью ассоциативных связей при прогнозировании чрезвычайных ситуаций // Вестник

«Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах», вводимого в действие с 01.09.2024, вместо действующего в настоящее время приказа МЧС России № 404, в котором будут содержаться рекомендации по использованию апробированных, современных, хорошо зарекомендованных компьютерных программ.

С помощью математического моделирования с использованием компьютерных технологий можно наглядно увидеть процесс распространения ОФП с течением времени. Предложить рекомендации для увеличения уровня пожарной безопасности и снижения материального ущерба.

Санкт-Петербургского университета Государственной противопожарной службы МЧС России. 2022. № 2. С. 116–124.

3. Валиуллина Р. А., Аминова Л. Р., Шарафутдинов А. А. Трехмерное моделирование в задачах расчёта и визуализации распространения опасных факторов пожара при оценке пожарных рисков // Нефтегазовое дело. 2021. № 4. С. 4–21.

4. Федоренко Е. А., Нормов Д. А., Драгин В. А. Прогнозирование опасных факторов пожара и экспертиза взрывопожарной безопасности деревообрабатывающего предприятия : монография. Краснодар, 2015. 127 с.

5. Трунева В. А. Совершенствование методов определения расчётного времени блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара // Технологии техносферной безопасности. 2015. № 1 (59). С. 77–82.

6. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов и средств их тушения / А. Н. Баратов и др. М., 1990. 496 с.

7. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : приказ МЧС России от 10.07.2009 № 404 : с изменениями и дополнениями.

8. Воронин С. В., Скрипник И. Л. Моделирование опасных факторов пожара с использованием монтажа ячеистого настила // Актуальные вопросы совершенствования инженерных систем обеспечения пожарной безопасности объектов. Иваново, 2018. С. 105–109.

9. Применение компьютерного моделирования для расчета индивидуального риска на примере окрасочного производства / И. Л. Скрипник и др. // Природные и техногенные риски (Физико-математические и прикладные аспекты). 2017. № 4. С. 5–12.

10. Скрипник И. Л. Расчет параметров опасных факторов пожара и безопасной эвакуации из помещения насосной // Передовые инновационные разработки. Перспективы и опыт использования, проблемы внедрения в производство. СПб., 2019. С. 77–80.

11. ГОСТ 12.1.004–91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

12. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС России от 14.11.2022 № 1140.

References

1. Kolerov D. A. Computer modeling of determining the individual risk of an employee of a paint and varnish enterprise. Collection of proceedings of the Scientific Research Competition (R&D Competition): Materials of the Youth Program of the 25th International Specialized Exhibition and Forum "Occupational Safety and Health" BIOT-2021; 158–161. (rus).

2. Kuvatov V.I., Gorbunov A.A., Kolerov D.A. Method of intellectual support of management decisions using associative connections when forecasting emergency situations. Scientific and analytical journal "Bulletin of the St. Petersburg University of the State Fire Service of the Ministry of Emergency Situations of Russia". 2022; 2: 116–124. (rus).

3. Valiullina R. A., Amineva L. R., Sharafutdinov A. A. Three-dimensional modeling in problems of calculation and visualization of the spread of fire hazards when assessing fire risks. Electronic scientific journal Oil and Gas Business. 2021; 4: 4–21. DOI 10.17122/ogbus-2021-4-4-21. (rus).

4. Fedorenko E. A., Normov D. A., Dragin V. A. Forecasting hazardous fire factors and examination of fire and explosion safety of a woodworking enterprise. NCOU VPO "Kuban Socio-Economic Institute". 2015; 127. ISBN 978-5-91276-116-4. (rus).

5. Truneva V. A. Improving methods for determining the estimated time of blocking evacuation routes by dangerous fire factors. Technosphere Safety Technologies. 2015; 1(59): 77–82. (rus).

6. Fire and explosion hazard of substances and materials and their extinguishing agents: Reference. ed.: in 2 books / A.N. Baratov, A.Ya. Korolchenko, G.N. Kravchuk et al. Moscow, Chemistry, 1990; 496. (rus).

7. Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated July 10, 2009 No. 404 "On approval of the methodology for determining the estimated values of fire risk at production facilities" (with amendments and additions). (rus).

8. Voronin, S.V. Skripnik I.L. Modeling of fire hazards using the installation of cellular flooring. Current issues in improving engineering systems for ensuring fire safety of objects: collection of materials of the V All-Russian Scientific and Practical Conference, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Ivanovo Fire and Rescue Academy State Fire Service EMERCOM of Russia, 2018; 105–109. (rus).

9. Skripnik I.L., Marchenko M.A., Kolerov D.A., Isembulatov A.S. Application of computer modeling to calculate individual risk using the example of painting production. Scientific-analytical journal. Natural and man-made risks (Physical, mathematical and applied aspects). 2017; 4: 5–12. (rus).
10. Skripnik I.L. Calculation of parameters of fire hazards and safe evacuation from the pump room. Advanced innovative developments. Prospects and experience of use, problems of implementation in production: a collection of scientific articles of the third international scientific conference. 2019; 77–80. (rus).
11. GOST 12.1.004-91. System of occupational safety standards. Fire safety. General requirements Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated November 14, 2022 No. 1140 “On approval of the methodology for determining the estimated values of fire risk in buildings, structures and fire compartments of various classes of functional fire hazard.” (rus).

Информация об авторах

Скрипник Игорь Леонидович, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр-кт, д. 149; РИНЦ ID: 970943; Scopus Author ID: 57210910552; ORCID: 0000-0001-6319-5413; e-mail: ig.skripnick2011@yandex.ru

Дементьев Фёдор Алексеевич, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр-кт, д. 149; РИНЦ ID: 814205; ORCID: 0000-0003-1853-3001; e-mail: dementyev.f@igps.ru

Савельев Дмитрий Вячеславович, кандидат военных наук, доцент, начальник кафедры пожарной безопасности технологических процессов и производств, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр-кт, д. 149; РИНЦ ID: 426114; ORCID: 0000-0001-7912-8864; e-mail: savelev.d@igps.ru

Information about the authors

Igor L. Skripnik, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of Fire Safety of Technological Processes and Production, St. Petersburg State Fire Service University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moskovsky Prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation; RSCI ID: 970943; Scopus Author ID: 57210910552; ORCID: 0000-0001-6319-5413; e-mail: ig.skripnick2011@yandex.ru

Fedor A. Dementyev, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor Associate Professor, Department of forensics and engineering and technical examinations, St. Petersburg State Fire Service University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moskovsky Prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation; RSCI ID: 814205; ORCID: 0000-0003-1863-3001; e-mail: dementyev.f@igps.ru

Dmitry V. Saveliev, Candidate of Military Sciences, Associate Professor Head, Department of Fire Safety of Technological Processes and Production, St. Petersburg State Fire Service University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moskovsky Prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation; RSCI ID: 426114; ORCID: 0000-0001-7912-8864; e-mail: savelev.d@igps.ru

Булатов Вячеслав Олегович, кандидат технических наук, доцент кафедры криминалистики и инженерно-технических экспертиз, Санкт-Петербургский университет ГПС МЧС России, 196105, Россия, Санкт-Петербург, Московский пр-кт, д. 149; РИНЦ ID: 974531; ORCID: 0000-0002-4907-1024; e-mail: 79112231238@yandex.ru

Vyacheslav O. Bulatov, Candidate of Technical Sciences, Associate Professor, Department of forensics and engineering and technical examinations n, St. Petersburg State Fire Service University of the Ministry of Emergency Situations of Russia, Moskovsky Prospekt, 149, St. Petersburg, 196105, Russian Federation; RSCI ID: 974531; ORCID: 0000-0002-4907-1024; e-mail: 79112231238@yandex.ru

БЕЗОПАСНОСТЬ В ЧРЕЗВЫЧАЙНЫХ СИТУАЦИЯХ / SAFETY IN EMERGENCY SITUATIONS

УДК 502.45

ИЗМЕНЕНИЯ ПОВТОРЯЕМОСТИ ГРОЗ НАД ТЕРРИТОРИЕЙ КРАСНОЯРСКОГО КРАЯ ПРИ СОВРЕМЕННОМ ПОТЕПЛЕНИИ КЛИМАТА**Холопцев Александр Вадимович^{1,2}, Шубкин Роман Геннадьевич¹,
Проскова Наталья Юрьевна¹**¹ Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, г. Железногорск, Россия² Севастопольское отделение ФГБУ «Государственный океанографический институт имени Н. Н. Зубова», г. Севастополь, Россия**АННОТАЦИЯ**

Ландшафтные пожары являются актуальной проблемой современности. В России вопрос предотвращения и ликвидации чрезвычайных ситуаций, обусловленных лесными пожарами, наиболее остро ежегодно стоит перед сибирскими регионами. Одной из причин их возникновения на территории Красноярского края являются грозы, однако изменения их повторяемости над различными его районами в современном периоде ранее не исследовались. Последнее не позволяет учесть этот фактор при планировании деятельности соответствующих подразделений Государственной противопожарной службы и «Государственной лесной охраны». В статье проверена справедливость выдвинутой авторами гипотезы о том, что в период 1961–2020 гг. климатические нормы повторяемости гроз за летний сезон, а также все его месяцы над различными районами территории Красноярского края значительно увеличились. Оценены также значения средней повторяемости гроз и тенденции их изменений для всех пунктов территории края, где в последние годы осуществлялся их систематический мониторинг. Установлено, что в целом за упомянутый период повторяемость гроз над всей территорией края увеличилась, однако в современном периоде на исследуемой территории существовали также участки, где повторяемость гроз снижалась, что могло вызывать снижение рисков возникновения ландшафтных пожаров.

Ключевые слова: Красноярский край, ландшафтный пожар, грозы, повторяемость, тенденция, распределение, современный период

CHANGES IN THE FREQUENCY OF THUNDERSTORMS OVER THE TERRITORY OF THE KRASNOYARSK TERRITORY WITH MODERN CLIMATE WARMING**Alexander V. Kholoptsev^{1,2}, Roman G. Shubkin¹, Natalia Y. Proskova¹**¹ Siberian Fire and Rescue Academy of the State Fire Service of the Ministry of Emergencies of Russia, Zheleznogorsk, Russia