

УДК 614.84

В.И. Козлачков, Е.А. Ягодка

(Академия ГПС МЧС России; e-mail: e.a.yagodka@mail.ru)

ИНФОРМАЦИОННАЯ ПОДДЕРЖКА ОЦЕНКИ СООТВЕТСТВИЯ ОБЪЕКТОВ ЗАЩИТЫ ПРИ РЕАЛИЗАЦИИ РИСК-ОРИЕНТИРОВАННОЙ МОДЕЛИ КОНТРОЛЬНО-НАДЗОРНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Рассмотрена проблема реализации риск-ориентированной модели деятельности, связанная со сложностью проведения расчётной оценки пожарных рисков должностными лицами органов государственного пожарного надзора при оценке соответствия объектов защиты. Предложены пути решения проблемы и разработана первая гипер-формула оценки пожарных рисков, позволяющая производить расчёты времени наступления опасного фактора пожара "потеря видимости" на основе интегральной математической модели пожара.

Ключевые слова: экспресс-оценка, пожарный риск, гипер-формула, риск-ориентированная модель, опасные факторы пожара, государственный пожарный надзор.

В рамках реформы контрольно-надзорной деятельности, проводимой Правительством РФ по Поручению Президента РФ, в деятельность органов *государственного пожарного надзора (ГПН)* внедрён риск-ориентированный подход¹.

Реализация данного подхода предполагает организацию контрольно-надзорной деятельности с учётом информации о степени риска причинения вреда при пожаре на подконтрольных объектах.

Для получения такой информации необходимо проведение расчётной оценки пожарных рисков по нормативно-установленным или апробированным методикам^{2, 3}.

Однако большой объём и сложность расчётных методик оценки пожарных рисков не позволяют их применять в оперативном режиме в "полевых условиях" без предварительной подготовки специалистов [1, 2].

Данное обстоятельство обусловлено следующим:

- время, необходимое для проведения расчётов значительно превышает время, отводимое должностным лицам на проверку объектов. Так, в соответствии с Федеральным законом от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ⁴, максимальный срок проверки в отношении одного субъекта не должен превышать 20 рабочих дней, а для расчётной оценки пожарных рисков по одному сценарию пожара может потребоваться от 5-6 ч до 2-3 недель. При наличии большого количества помещений и множества вариантов сценариев возможного пожара, срок проведения расчётов значительно превысит время, отводимое на проверки;

¹ Постановление Правительства РФ от 17 августа 2016 г. № 806 "О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации";

² Федеральный закон от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности";

³ Федеральный закон от 30 декабря 2009 г. № 384-ФЗ "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений";

⁴ Федеральный закон от 26 декабря 2008 г. № 294-ФЗ "О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля"

- основу расчётных методик оценки пожарных рисков составляют математические модели динамики пожара и движения людей, реализация которых возможна в стационарных условиях с применением специализированного программного обеспечения и мощных персональных компьютеров. Данные условия не позволяют производить расчёты при проверках, которые проводятся по месту нахождения подконтрольных объектов;

- расчётные методики содержат большое количество сложных расчётных формул, зависимостей и показателей, большинство которых невозможно просчитать без применения персональных компьютеров и специализированного программного обеспечения, а для определения значений отдельных показателей требуется поиск и изучение дополнительной специализированной литературы. Отдельную проблему представляет обоснованный выбор математической модели и сценария пожара. Применение программных продуктов требует обучения работе с ними, а также дополнительных финансовых затрат на его приобретение.

Решением этих проблем является разработка информационных эквивалентов базовых расчётных методик оценки пожарных рисков – экспресс-методик. Исследования, проводимые в этой области под руководством профессора Козлячкова В.И. [3, 4] показали возможность разработки таких информационных эквивалентов.

В результате этих работ разработаны экспресс-методики, позволяющие определить необходимое время эвакуации из помещения, требуемый предел огнестойкости несущих конструкций, безопасное расстояние от горючей нагрузки до эвакуационного выхода, требуемую ширину эвакуационных выходов, расчётное время эвакуации людей из помещений со свободной планировкой, а также безопасные по тепловому потоку расстояния до соседних объектов.

Применение экспресс-методик позволяет сократить время на проведение расчётов по оценке пожарных рисков для одного помещения с 4-5 ч до 1-2 мин. При этом погрешность при проведении расчётов по экспресс-методикам относительно результатов расчётов, выполненных по базовым (полным) версиям методик, не превышает 2,87 %.

Вместе с тем, применение разработанных экспресс-методик представляет определённую сложность:

- результаты проведённых исследований имеют ограниченную область применения, обусловленную диапазоном исходных данных, принятых для их разработки (рассмотрено 12 из 54 видов твёрдой горючей нагрузки, представленных в [5]), что обуславливает необходимость разработки экспресс-формул для оценки пожарных рисков в ситуациях, отличных от принятых в этих работах;

- каждая экспресс-методика предусматривает разработку индивидуальной экспресс-формулы для каждого вида пожарной нагрузки. В результате чего количество таких формул будет равно количеству видов пожарной нагрузки, умноженное на количество экспресс-методик. Например, в учебнике Кошмарова Ю.А. "Прогнозирование опасных факторов пожара" представлено 67 наименований пожарной нагрузки, что потребует применения более 400 экспресс-формул.

Решение этих проблем заключается в разработке более универсальных экспресс-формул – гипер-формул, являющихся информационным эквивалентом группы однородных экспресс-формул и позволяющих производить расчёты для различных видов горючей нагрузки. Результаты численных экспериментов и исследований [3] показывают наличие такой возможности.

В качестве первого исследования в этой области интерес представляет возможность разработки гипер-формулы определения времени наступления критических значений **опасных факторов пожара (ОФП)** в помещениях при горении всех видов твёрдых горючих материалов, представленных в [5]. Необходимо отметить, что такие исследования ранее проводились [3]. По их результатам разработана экспресс-формула, позволяющая производить расчёты для 12 видов горючей нагрузки из твёрдых материалов. В качестве макропоказателей приняты объём ($V, м^3$), высота ($h, м$) помещения и линейная скорость распространения пламени по поверхности горючей нагрузки ($V_{лин}, м/мин$). Для повышения точности расчётов потребовалось определение и введение в итоговую формулу уточняющего коэффициента для каждого вида горючей нагрузки. Итоговая формула содержит два показателя, отражающих геометрические характеристики помещения, и два показателя, зависящих от конкретного вида горючей нагрузки.

Анализ результатов серии проведённых расчётов по интегральной математической модели пожара позволил сформулировать гипотезу о возможности разработки более простой гипер-формулы, содержащей всего один показатель – безразмерный коэффициент, зависящий от вида горючей нагрузки. По результатам расчётов динамики опасных факторов пожара установлено наличие соотношений между результатами расчётов для различных видов нагрузки при одинаковых геометрических характеристиках помещения (табл. 1).

Изменение геометрических характеристик помещения не оказывает существенного влияния на коэффициент, отражающий соотношение результатов расчётов (табл. 2).

Таблица 1

**Результаты расчётов времени наступления
опасного фактора пожара "потеря видимости"**

№ п/п	Площадь помеще- ния, м ²	Высота помеще- ния, м	Вид нагрузки (номер нагрузки по [5])	Время наступле- ния ОФП (потеря видимости), мин	Соотношение результатов расчётов относительно нагрузки № 1
1	100	3	Здание 1-2 СО: мебель + бытовые изделия (1)	0,80604	1
2	100	3	Здание 3-4 СО: мебель + бытовые изделия (3)	0,22835	0,283302488
3	100	3	Выст. зал, мастерская: дерево + ткани + краска (0,9 + 0,09 + 0,01) (17)	1,04180	1,292499666
4	100	3	Штабель дрв.: хвойный + лиственный лес (42)	0,44047	0,546465284
5	100	3	Вешала текстильных изделий (64)	1,38613	1,719684782

Таблица 2

**Результаты оценки влияния геометрических характеристик помещения
на коэффициент соотношения**

№ п/п	Вид нагрузки	Время наступления ОФП, мин			Соотношение результатов расчётов относительно нагрузки № 1			Относи- тельное отклоне- ние соотноше- ний, %
		10×2	50×4	100×6	10×2	50×4	100×6	
1	Здание 1- 2 СО: мебель + бытовые изделия	0,25002	0,82847	1,46313	1	1	1	0
2	Здание 3-4 СО: мебель + бытовые изделия	0,07083	0,23471	0,41451	0,283302	0,283302	0,283302	0
3	Выст. зал, мастерская: дерево + ткани + краска (0,9 + 0,09 + 0,01)	0,32244	1,07354	1,90676	1,289635	1,295816	1,303207	1,05243
4	Штабель дрв.: хвойный + лиственный лес	0,13636	0,45377	0,80546	0,545381	0,547719	0,550505	0,939485
5	Вешала текстильных изделий	0,42896	1,42853	2,53799	1,715692	1,724309	1,734629	1,103714

Результаты, представленные в табл. 2 показали, что относительное отклонение между соотношениями не превышает 1,1 %. Была проведена серия расчётов по 54 видам твёрдой горючей нагрузки, представленной в [5], для помещений площадью 10, 50 и 100 м² высотой 2, 4 и 6 м. Результаты этих расчётов показали, что относительное отклонение значений соотношений для одного вида горючей нагрузки не превышает 1,63 %. Полученные результаты подтвердили перспективность дальнейшего исследования.

При этом было установлено, что увеличение объёма помещения за счёт изменения его площади не влияет на коэффициент соотношения, данный коэффициент меняется только при изменении высоты помещения.

Для проведения дальнейших расчётов было решено учитывать минимальное значение коэффициента соотношения по каждому виду нагрузки. Такое решение обусловлено тем, что это исключает возникновение ситуаций, в которых результаты расчётов с применением коэффициентов окажутся завышенными, что может привести к занижению уровня опасности возможного пожара. Значения коэффициентов соотношений, принятые для расчётов по помещениям площадью от 1 до 100 м² и высотой от 2 до 6 м, представлены в табл. 3.

В целях дальнейшей проверки гипотезы были произведены сравнительные расчёты времени наступления ОФП по интегральной модели и с учётом полученных коэффициентов, представленных в табл. 3, для помещений с различными видами горючей нагрузки и геометрическими характеристиками. Результаты расчётов представлены в табл. 4.

Результаты расчётов подтвердили достоверность гипотезы, а также возможность принятия в расчётах минимального значения коэффициента соотношения. Максимальная относительная погрешность составила 0,64 %.

Полученные коэффициенты соотношения представляют самостоятельную практическую значимость, поскольку позволяют исключить необходимость поиска дополнительной информации о характеристиках горючей нагрузки в процессе оценки времени наступления ОФП для различных видов нагрузки, а также производить такую оценку по 54 видам твёрдой горючей нагрузки при наличии результатов расчётов для одного вида нагрузки.

Далее для получения базовой экспресс-формулы определения времени наступления ОФП по первым пяти этапам алгоритма, представленного в работе [4] (рис. 1), был организован численный эксперимент. Расчёты производились для помещений площадью от 1 до 100 м², высотой от 2 до 6 м с горючей нагрузкой "здание 1-2 СО: мебель + бытовые изделия" и расстояние от наиболее удалённой точки в помещении до эвакуационного выхода (предельная дальность видимости в дыму) от 1 до 20 м.

Таблица 3

Коэффициенты соотношений к нагрузке "Здание 1-2 СО мебель + бытовые изд."
для помещений площадью от 1 до 100 м² и высотой от 2 до 6 м

№ п/п	Вид нагрузки [5]	Базовое значение коэффициента соотношения	№ п/п	Вид нагрузки [5]	Базовое значение коэффициента соотношения
1	2	3	4	5	6
1	Здание 1-2 СО: мебель + бытовые изделия	1	28	Лесопильный цех 4-5 СО: древесина	0,546627
2	Здание 1-2 СО: мебель + ткани	1,489293	29	Цех деревообработки: древесина	1,04678
3	Здание 3-4 СО: мебель + бытовые изделия	0,283302	30	Цех сушки древесины: древесина	0,733584
4	Здание 3-4 СО: мебель + ткани	0,42192	31	Производство фанеры: древесина + фанера (0,5 + 0,5)	1,100818
5	Здание 1СО: мебель + ткани (0,75 + 0,25)	1,458032	32	Штабель дрв.: хвойный + лиственный лес	0,545381
6	Здание 3СО: мебель + ткани (0,75 + 0,25)	0,671429	33	Хвойные древесные материалы	0,703882
7	Кабинет: мебель + бумага (0,75 + 0,25)	0,724731	34	Лиственные древесные стройматериалы	0,565431
8	Помещение, облицованное панелями ДВП	0,531433	35	Клееные стройматериалы: фанера	1,21068
9	Адм. помещение: мебель + бумага (0,75 + 0,25)	0,948094	36	Сырьё для лёгкой промышленности: лён разрыхлённый	1,424564
10	Общественные здания: мебель + линолеум ПВХ (0,9 + 1)	1,461946	37	Сырьё для лёгкой промышленности: хлопок + капрон (0,75 + 0,25)	2,285797
11	Библиотеки, архивы: книги, журналы на стеллажах	1,996085	38	Сырьё для лёгкой промышленности: шерсть	0,562461
12	Сценическая часть зрительного зала: древесина	0,742857	39	Пищевая промышленность: пшеница, рис, гречиха и мука из неё	1,276785
13	Верхняя одежда: ворс, ткани (шерсть + нейлон)	0,339646	40	Сырьё и синтетические изделия из каучука	0,986905
14	Резинотех. изделия: резина, изделия из неё	0,521279	41	Склад льноволокна	1,123801

Окончание табл. 3

1	2	3	4	5	6
15	Окрашенные полы, стены: дерево + краска	1,248111	42	Склад бумаги в рулонах	3,828895
16	Выставочный зал, мастерская: дерево + ткани + краска (0,9 + 0,09 + 0,01)	1,289635	43	Провода в резиновой изоляции типа КПРТ, ПТ, ВПРС	0,482143
17	Издательство типографии	4,863627	44	Склад оргстекла (ПММА): оргстекло	2,821952
18	Каюта с синтетической отделкой: дерево + ткани + отделка	0,900042	45	Кабели + провода: 0,75 (АВВГ, АПВГ, ТПВ) + 0,25 (КПРТ, ПР, ШРПС)	0,743755
19	Мебель: дерево + облицовка	1,193723	46	Дерево + лак. покрытие: 0,95 древесина + 0,05 (ФЛ + РХО)	1,117193
20	Промтовары: текстильные изделия	1,838731	47	Автомобиль: 0,3 (резина, бензин) + 0,15 (ППУ, кожа ПВХ) + 0,1 эмаль	0,954866
21	Кабельный подвал/лоток: кабели АВВГ + АПВГ	0,89325	48	Зал: 0,5 ДВП + 0,1 (ткань, иск. кожа, ПВХ, ППУ) + 0,2 (дерево с покрытием)	0,627028
22	Радиоматериалы: поли(этилен, стирол, пропилен), гетинакс	0,712129	49	Тара: древесина + картон + полистирол (0,5 + 0,25 + 0,25)	1,179297
23	Электротехнические материалы: текстолит, карболит	1,055631	50	Упаковка: бумага + картон + поли(этилен + стирол) (0,4 + 0,3 + 0,15 + 0,15)	2,326817
24	Электрокабель АВВГ: ПВХ оболочка + изоляция	0,836098	51	Вешала текстильных изделий	1,715692
25	Электрокабель АПВГ: ПВХ оболочка + полиэтилен	0,970133	52	Отделка: ковролин	0,81013
26	Телефонный кабель ТПВ: ПВХ + полиэтилен	2,713023	53	Мебель + бумага (0,8) + ковровое покрытие (0,2)	0,751553
27	Лесопильный цех 1-3 СО: древесина	0,707414	54	Занавес зрительного зала кинотеатра	0,683605

Таблица 4

**Результаты сравнительных расчётов по интегральной модели
и с учётом коэффициента соотношения**

№ п/п	Площадь помеще- ния, м ²	Высота помеще- ния, м	Вид нагрузки [5]	Время наступления ОФП (потеря видимости), мин		Относитель- ная погреш- ность, %
				по инте- граль- ной модели	с учётом коэффициента, отражающего соотношение с нагрузкой № 1	
1	65	4,5	Здание 1-2 СО: мебель + бытовые изделия	1,00015	1,000147	0
2	65	4,5	Здание 3-4 СО: мебель + бытовые изделия	0,28334	0,283344	0,00
3	65	4,5	Выставочный зал, мастерская: дерево + ткани + краска (0,9 + 0,09 + 0,01)	1,29777	1,289825	0,61
4	65	4,5	Штабель дрв.; хвойный + лиственный лес	0,54847	0,545461	0,55
5	65	4,5	Вешала текстильных изделий	1,72703	1,715944	0,64



Рис. 1. Блок-схема алгоритма разработки метода оперативной обработки информации при использовании первичных средств пожаротушения

Результаты расчётов позволили построить зависимости времени наступления опасного фактора пожара "потеря видимости" от геометрических характеристик помещения (рис. 2, 3) и предельной дальности видимости в дыму (рис. 4, 5). При этом, в целях упрощения процесса сбора информации для экспресс-оценки, в качестве макропоказателя принята площадь помещения ($S, м^2$), что исключает необходимость проведения дополнительных расчётов для определения объёма помещения.

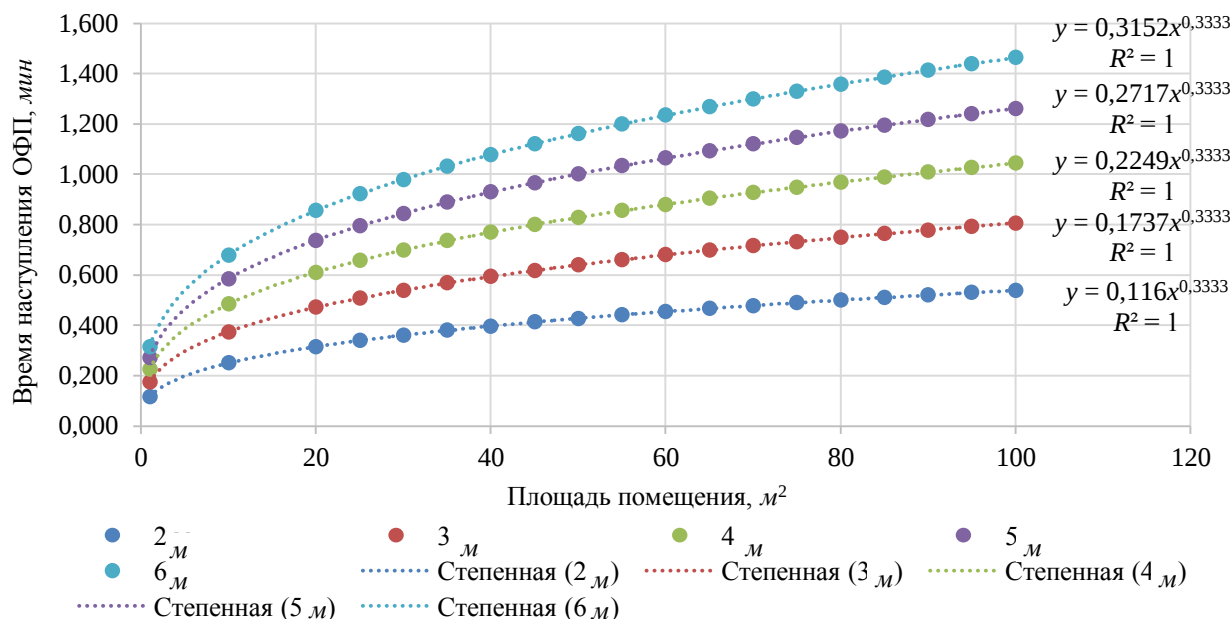


Рис. 2. Зависимость времени наступления опасного фактора пожара "потеря видимости" от площади помещения (предельная дальность видимости в дыму 20 м)

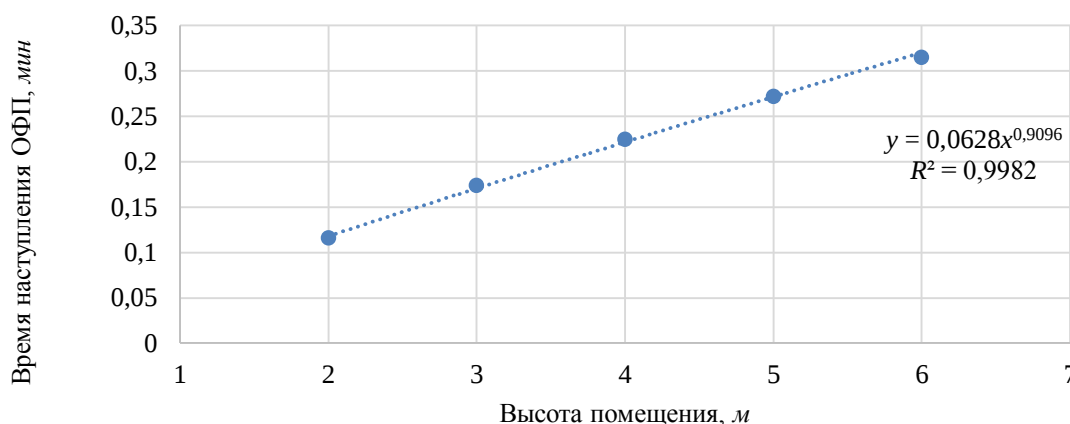


Рис. 3. Зависимость времени наступления опасного фактора пожара "потеря видимости" от высоты помещения (предельная дальность видимости в дыму 20 м)

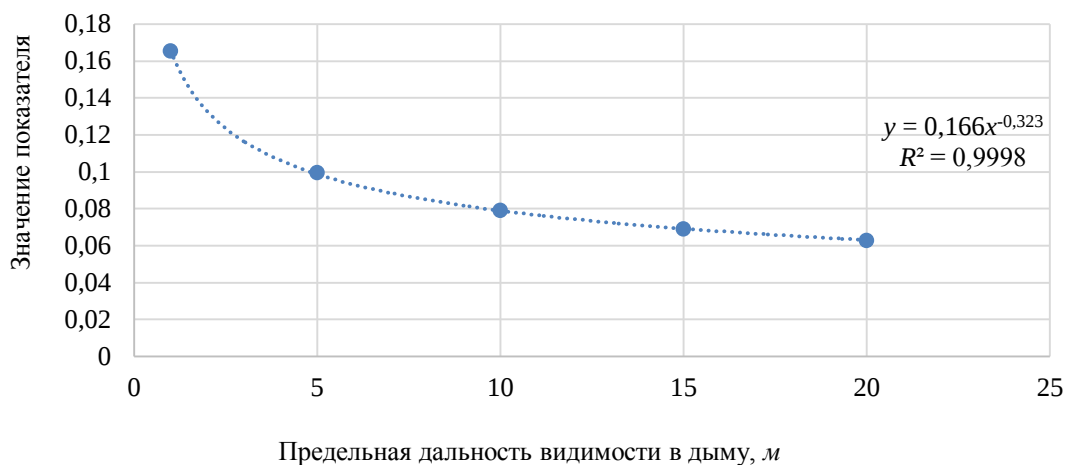


Рис. 4. Зависимость времени наступления опасного фактора пожара "потеря видимости" от предельной дальности видимости в дыму (изменение первого показателя)

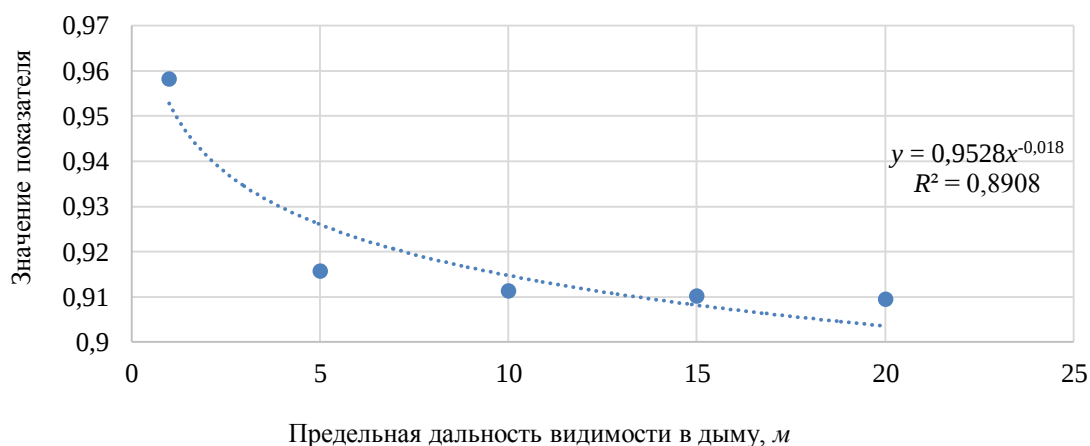


Рис. 5. Зависимость времени наступления опасного фактора пожара "потеря видимости" от предельной дальности видимости в дыму (изменение показателя степени)

По полученным зависимостям была разработана экспресс-формула определения времени (*мин*) наступления опасного фактора пожара "потеря видимости" при горении горючей нагрузки "здание 1-2 СО: мебель + бытовые изд." в помещениях площадью от 1 до 100 м², высотой от 2 до 6 м, с расстоянием от наиболее удалённой точки до эвакуационного выхода (предельная дальность видимости в дыму) от 1 до 20 м:

$$\tau_{\text{нб}} = 0,166 \cdot l_{\text{пр}}^{-0,323} \cdot h^{0,9528} \cdot l_{\text{пр}}^{-0,018} \cdot S^{0,3333}, \quad (1)$$

где h – высота помещения, м;

S – площадь помещения, м²;

$l_{\text{пр}}$ – предельная дальность видимости в дыму, м.

Относительная погрешность результатов расчётов, произведённых по полной версии методики и экспресс-формуле, не превышает 2,04 %. Результаты сравнительных расчётов представлены в табл. 5.

Таблица 5

**Результаты сравнительных расчётов, произведённых по полной версии методики
и экспресс-формуле**

№ п/ п	Площадь помеще- ния, m^2	Высота поме- щения, m	Предельная дальность видимости в дыму, m	Вид нагрузки [5]	Время наступления ОФП (потеря видимости), $мин$		Относи- тельная погреш- ность, %
					по полной версии методики	по экспресс- формуле	
1	2	2	1	Здание 1-2 СО: мебель + бытовые изд.	0,40017	0,40482	1,16
2	10	6	20		0,67912	0,68497	0,86
3	47	3	10		0,79034	0,77725	1,65
4	10	6	20		0,67912	0,68497	0,86
5	83	4	15		1,08023	1,06221	1,67
6	100	6	9		1,91604	1,95505	2,04

Результаты проведённых исследований позволили получить гипер-формулу определения времени наступления опасного фактора пожара "потеря видимости" в помещениях площадью от 1 до 100 m^2 , высотой от 2 до 6 m , с расстоянием от наиболее удалённой точки до эвакуационного выхода (предельная дальность видимости в дыму) от 1 до 20 m для всех видов твёрдой горючей нагрузки, представленной в [5]:

$$\tau^{нб} = 0,166 \cdot l_{пр}^{-0,323} \cdot h^{0,9528 \cdot l_{пр}^{-0,018}} \cdot S^{0,3333} \cdot K_{НАГР}, \quad (2)$$

где $K_{НАГР}$ – безразмерный коэффициент, соответствующий конкретному виду горючей нагрузки. Принимается по табл. 3.

Для оценки погрешности расчётов по гипер-формуле были проведены расчёты по оценке сходимости результатов расчётов по полной версии методики и гипер-формуле для помещений площадью от 1 до 100 m^2 , высотой от 2 до 6 m , с различными видами горючей нагрузки и значениями предельной дальности видимости в дыму. Результаты расчётов представлены в табл. 6.

Результаты расчётов, показали, что относительная погрешность не превышает 2,21 %.

В целях расширения области применения экспресс-оценки пожарных рисков на основе серии дополнительных расчётов динамики опасных факторов пожара авторами разработаны гипер-формулы, позволяющие производить экспресс-оценку пожарных рисков для помещений площадью от 1 до 10000 m^2 , высотой от 2 до 15 m при горении различных видов твёрдой горючей нагрузки.

Таблица 6

**Результаты сравнительных расчётов, произведённых по полной версии методики
и экспресс-формуле с учётом коэффициента соотношения (гипер-формула)**

№ п/п	Площадь помещения, m^2	Высота по- мещения, m	Предель- ная даль- ность ви- димости в дыму, m	Вид нагрузки [5]	Время наступления ОФП (потеря видимости), мин		Отно- си- тель- ная по- греш- ность, %
					по полной версии методики	по экспресс- формуле с учётом коэф- фициента, отражающего соотношение с нагрузкой № 1	
1	2	2	1	Здание 3-4 СО: мебель + ткани	0,11337	0,11468	1,16
2	10	6	20	Выст. зал, мастерская: дерево + ткани + краска (0,9 + 0,09 + 0,01)	0,88504	0,88337	0,19
3	47	3	10	Штабель древ.: хвойный + лиственный лес	0,43348	0,4239	2,21
4	10	6	20	Вешала текстильных изделий	1,17803	1,17521	0,24
5	83	4	15	Адм. помещение: мебель + бумага (0,75 + 0,25)	1,03139	1,01224	1,86
6	100	6	9	Общественные здания: мебель + линолеум ПВХ (0,9 + 1)	2,88988	2,85818	1,09

Разработаны гипер-формулы для различных диапазонов геометрических характеристик помещений:

1. Площадь от 1 до 100 m^2 , высота от 2 до 6 м:

- $l_{пр}$ от 1 до 20 м

$$\tau^{нб} = 0,166 \cdot l_{пр}^{-0,323} \cdot h^{0,9528 \cdot l_{пр}^{-0,018}} \cdot S^{0,3333} \cdot K_{НАГР} \quad (3)$$

(относительная погрешность не более 2,21 %);

- $l_{пр} = 20$ м

$$\tau^{нб} = 0,0628 \cdot h^{0,9096} \cdot S^{0,3333} \cdot K_{НАГР} \quad (4)$$

(относительная погрешность не более 2,2 %);

$$\tau^{нб} = (-0,0023 \cdot h^2 + 0,0684 \cdot h - 0,0111) \cdot S^{0,3333} \cdot K_{НАГР} \quad (5)$$

(относительная погрешность не более 0,8 %);

2. Площадь от 100 до 1000 m^2 , высота от 3 до 10 м, $l_{пр} = 20$ м:

$$\tau^{нб} = 0,0717 \cdot h^{0,8204} \cdot S^{0,3333} \cdot K_{НАГР} \quad (6)$$

(относительная погрешность не более 2,0 %);

$$\tau^{нб} = (-0,0012 \cdot h^2 + 0,0578 \cdot h + 0,0125) \cdot S^{0,3333} \cdot K_{НАГР} \quad (7)$$

(относительная погрешность не более 1,7 %);

3. Площадь от 1000 до 10000 m^2 , высота от 6 до 15 м, $l_{пр} = 20$ м:

$$\tau^{нб} = 0,0814 \cdot h^{0,7584} \cdot S^{0,3333} \cdot K_{НАГР} \quad (8)$$

(относительная погрешность не более 4,4 %);

$$\tau^{нб} = (-0,0006 \cdot h^2 + 0,0477 \cdot h + 0,0514) \cdot S^{0,3333} \cdot K_{НАГР} \quad (9)$$

(относительная погрешность не более 4,9 %);

4. Площадь от 1 до 10000 m^2 , высота от 2 до 15 м, $l_{пр} = 20$ м:

$$\tau^{нб} = (-0,0009 \cdot h^2 + 0,0548 \cdot h + 0,017) \cdot S^{0,3333} \cdot K_{НАГР} \quad (10)$$

(относительная погрешность не более 1,5 %).

Максимальная погрешность 6 % для всего диапазона площадей при высоте 2 м, после увеличения высоты до 2,45 м погрешность снижается до 2-3 %, дальнейшее увеличение высоты снижает погрешность. В отдельных случаях погрешность не превышает 0,1 % – высота 2,9 м).

Необходимо отметить, что максимальные значения относительных погрешностей по формулам (8) и (9) обусловлены ранее указанным влиянием высоты помещения на изменение значения коэффициента соотношения нагрузки и получены при расчётах для высоты 15 м при значениях коэффициентов нагрузки, принятым по табл. 3 для высот от 2 до 6 м.

При проведении вычислений и разработке формул (1)-(10) использовались следующие исходные данные, определяющие область эффективного применения гипер-формул:

- люди в помещениях находятся на нулевой отметке;
- начальная температура воздуха в помещении $t_0 = 37$ °C;
- удельная изобарная теплоёмкость дымовых газов:

$$C_p = 0,001068 \text{ МДж/(кг} \cdot \text{K)}.$$

- коэффициент теплопотерь: $\varphi = 0,6$;
- коэффициент полноты горения: $\eta = 0,95$;
- коэффициент отражения предметов на путях эвакуации: $\alpha = 0,3$.
- начальная освещённость: $E = 50$ лк.

- предельно допустимое содержание токсичного газа в помещениях:

$$X_{CO_2} = 0,11 \text{ кг/м}^3, X_{CO} = 1,16 \cdot 10^{-3} \text{ кг/м}^3, X_{HCl} = 23 \cdot 10^{-6} \text{ кг/м}^3.$$

- высота площадки, на которой находятся люди, над полом помещений:

$$h_{пл} = 0 \text{ м.}$$

- разность высот пола: $\delta = 0$ м.

Вышеуказанные значения приняты в соответствии с [3, 5] и определяют область эффективного применения разработанных гипер-формул.

Применение гипер-формул (2)-(10) позволяет:

- оценить наличие угрозы для жизни и здоровью людей при горении различных видов твердых горючих нагрузок в помещении;
- оценить качество расчётов по оценке пожарных рисков, проведенных организациями, осуществляющими аудит пожарной безопасности;
- определить необходимость выполнения дополнительных мероприятий по обеспечению безопасной эвакуации людей;
- принять обоснованное решение о наличии нарушений обязательных требований пожарной безопасности;
- принять обоснованное решение о наличии признаков правонарушения и необходимости применения мер административного воздействия;
- разделять требования пожарной безопасности на обязательные, направленные на защиту жизни и здоровья людей, и добровольные, направленные на защиту имущества собственника;
- определить необходимость и направление профилактической работы на объектах защиты;
- оценивать эффективность мер по обеспечению пожарной безопасности, реализованных на объекте;
- выбирать наиболее экономически приемлемые способы и средства обеспечения безопасности людей при пожаре.

Информационная поддержка такого качества позволяет должностным лицам органов государственного пожарного надзора оценивать пожарные риски в процессе реализации контрольно-надзорных полномочий по риск-ориентированной модели деятельности. При этом, для проведения расчётов не требуется применение персональных компьютеров – достаточно инженерного калькулятора или мобильного телефона, и дополнительного повышения квалификации, а все необходимые данные для расчётов могут быть установлены в ходе визуального осмотра.

Полученные результаты могут быть использованы широким кругом специалистов, занимающихся вопросам обеспечения пожарной безопасности. Для упрощения процедуры оценки пожарных рисков по гипер-формулам в настоящее время ведётся разработка программного обеспечения для мобильных устройств на базе iOS и Android.

Вместе с тем, в дальнейшем в целях снижения относительных погрешностей при расчётах по гипер-формулам и расширения области их применения необходимо провести исследования по:

- учёту динамического значения коэффициента соотношения нагрузки, то есть изменяющегося от высоты помещения;
- учёту изменений значений других исходных данных;
- оценке возможности применения интегральной математической модели пожара, являющейся основой разработанных гипер-формул, для ситуаций, соответствующих области применения зонной и полевой математических моделей;
- разработке гипер-формул оценки динамики других опасных факторов пожара, в том числе при горении жидких горючих материалов;
- разработке гипер-формул на основе зонной и полевой моделей пожара.

Литература

1. Козлачков В.И. Типовая и риск-ориентированная модели надзорной деятельности в области обеспечения пожарной безопасности. Сравнительный анализ. М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. Деп. в ВНИИТИ РАН, № 31-B2016 от 10.02.2016.
2. Ягодка Е.А., Добродицкий Н.А. Проблема оценки пожарных рисков при проверках объектов защиты // Материалы 25-й междунар. науч.-практ. конф. "Системы безопасности – 2016". М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. С. 439-441.
3. Козлачков В.И., Андреев А.О. Разработка метода экспресс-оценки угрозы людям при пожаре. М.: ВНИИТИ РАН, 2006. 144 с.
4. Козлачков В.И., Ягодка Е.А. Оперативная обработка информации при оценке угрозы причинения вреда лучистым теплом. М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. 228 с. Деп. в ВНИИТИ РАН, № 370-B2013 от 16.12.2013.
5. Кошмаров Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: учеб. пос. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.

Статья поступила в редакцию интернет-журнала 9 октября 2017 г.

V.I. Kozlachkov, E.A. Yagodka

INFORMATION SUPPORT OF CONFORMITY ASSESSMENT OF PROTECTION OBJECTS WHEN IMPLEMENTING A RISK-ORIENTED MODEL OF CONTROL AND SUPERVISION

The problem of implementation of risk-oriented model of activity associated with the complexity of the calculation of fire risk assessment for officials of bodies of state fire supervision in the assessment of conformity of objects of protection. The problem is in the complexity of calculation methods to evaluate the fire risks, which are based on deterministic models of fire and movement of people. Calculations based on these models require a considerable work, highly qualified specialists and application of personal computers. Such conditions do not allow assess the fire risks in the field in the examination object. The solution is the development of information equivalents of the basic deterministic-based models Express the formulas. Such formulas can significantly (180 or more) reduce the time of calculations to make calculations on mobile devices and do not require high qualification of the specialist. In this paper the author considers and substantiates the possibility of developing more universal Express-formulas – Hyper-formulas, allowing a rapid assessment of the fire risks in the shortest time when burning different types of solid combustible load. The study on the basis of integral mathematical model of fire developed Hyper-formula for determining the time of occurrence of critical values of dangerous factors of fire on the loss of visibility for 54 types of solid combustible load.

Key words: rapid assessment of fire risks, fire risk, Hyper-formula, the risk-oriented model, hazards of fire, State fire supervision.

References

1. Kozlachkov V.I. *Tipovaya i risk-orientirovannaya modeli nadzornoj deiatelnosti v oblasti obespecheniya pozharnoi bezopasnosti. Sravnitelnyi analiz* [Typical and risk-oriented model of surveillance activities in the field of fire safety. Comparative analysis]. Moscow, State Fire Academy of EMERCOM of Russia Publ., 2016. Deposited in All-Russian Institute for Scientific and Technical Information, No 31-B2016, 10.02.2016.
2. Yagodka E.A., Dobroditskiy N.A. The problem of fire risk assessment during tests of facilities protection. Proceedings of 25th International Scientific-Technical Conference "Safety Systems – 2016". Moscow, State Fire Academy of EMERCOM of Russia Publ., 2016, pp. 439-441 (in Russ.).
3. Kozlachkov V.I., Andreev A.O. *Razrabotka metoda ekspress-otsenki ugrozy liudiam pri pozhare* [Development of the method of rapid assessment of the threat to people in case of fire]. Moscow, All-Russian Institute for Scientific and Technical Information Publ., 2006. 144 p.
4. Kozlachkov V.I., Yagodka E.A. *Operativnaya obrabotka informatsii pri otsenke ugrozy prichineniya vreda luchistym teplom* [Operational processing of information in assessing the threat of harm caused by radiant heat]. Moscow, State Fire Academy of EMERCOM of Russia Publ., 2013. 228 p. Deposited in All-Russian Institute for Scientific and Technical Information, No 370-B2013, 16.12.2013.
5. Koshmarov Yu.A. *Prognostirovaniye opasnykh faktorov pozhara v pomeshchenii: ucheb. pos.* [Forecasting of dangerous fire factors in the room: a tutorial]. Moscow, State Fire Academy of Ministry of Internal Affairs of Russia Publ., 2000. 118 p.