

Разработка новых экспресс-методов оценки пожарного риска

И.К.Бакиров, А.И.Шакирова

Уфимский государственный нефтяной технический университет

Право
и
безопасность

Ключевые слова: методика оценки пожарного риска, пожарная безопасность, противопожарная защита, пожарный риск, пожар, вероятность возникновения пожара

Адрес для корреспонденции: bakirovirek@bk.ru, almira_ilshatovna@bk.ru

Разработка новых методов оценки пожарного риска (ПР) сегодня очень актуальна, т.к. в России на уровне высшего нормативного правового акта — федерального закона определен один из способов обеспечения пожарной безопасности объекта — расчет ПР. Существующие методики сложны в расчетах и на практике в основном используются только специализированными компьютерными программами и организациями и подготовленными специалистами в этой области. Хотелось бы иметь возможность использования более упрощенных и доступных для инженерных работников объектов методов оценки ПР, в том числе экспресс-методов.

В зависимости от исходной информации методы оценки рисков для населения и организаций можно разделить на статистические, теоретико-вероятностные и эвристические [1].

Статистические методики основаны на определении вероятностей по имеющимся статистическим данным. Изучаются статистические данные и составляется наиболее вероятный прогноз на будущее. Статистический метод количественной оценки ПР требует наличия значительного массива данных, которые не всегда имеются в распоряжении.

Теоретико-вероятностные методики основаны на использовании математических моделей и статистических данных по частным событиям. Они используются для оценки рисков от редких событий, когда статистика практически отсутствует. Если аналитическое моделирование затруднено,

то для получения оценок может быть использовано математическое моделирование.

Эвристические методики основаны на использовании субъективных вероятностей, получаемых с помощью экспертного оценивания, и используются для сложно формализуемых задач, например, при оценке комплексных рисков от совокупности опасностей, когда отсутствуют не только статистические данные, но и математические модели (либо модели слишком грубы, т.е. их точность низка) [2].

На сегодняшний день одними из наиболее распространенных методик является теоретико-вероятностная методика с использованием существующих статистических



БАКИРОВ Ирек Климович

Кандидат технических наук. Доцент кафедры «Пожарная и промышленная безопасность» Уфимского государственного нефтяного технического университета.



ШАКИРОВА Альмира Ильшатовна

Студентка Уфимского государственного нефтяного технического университета.

данных. В общем случае риск поражения при авариях и катастрофах обычно рассматривается как вероятность нанесения определенного ущерба человеку и окружающей среде или математическое ожидание ущерба [2]. Величина указанной вероятности R может быть выражена в виде произведения трех компонентов:

$$R=R_1 \times R_2 \times R_3, \quad (1)$$

где R_1 — вероятность возникновения опасного события;

R_2 — вероятность формирования и действия поражающих факторов в месте нахождения людей или объектов окружающей среды, риск поражения которых подлежит определению;

R_3 — вероятность того, что действие поражающих факторов приводит к ущербу (поражению) [2].

Организация оценки ПР в некоторых странах мира

Парламентом **Великобритании** утвержден новый закон о пожарной безопасности. Соблюдение закона контролируется пожарно-спасательной службой, за нарушение требований закона предусмотрено наказание до 2 лет лишения свободы. Определены требования к оценке ПР, на основании которой принимается решение о соответствии объекта требованиям. На основе этого проводятся мероприятия, направленные на снижение или исключение ПР, защиту людей. Оценка ПР осуществляется организацией, которая привлекает к этой работе экспертов (аудиторов). Пожарный аудит используется государственными и частными структурами при вводе новых объектов строительства или объектов после капитального ремонта. Независимый аудит самостоятельно проводят страховые компании для оценки риска возникновения пожара, степени ущерба, который может нанести пожар. Этот аудит проводится

Перед работодателем ставятся три задачи:
оценить уровень пожарного риска, предотвратить
пожар и защитить объект от пожара

обязательно при заключении страховой сделки и выборочно при повторном страховании или в период действия первичной страховки. Одним из основных требований является необходимость проведения независимой объективной оценки ПР руководителем объекта. Законом предусматривается отмена пожарного сертификата объекта и таким об-

разом возлагается большая ответственность за оценку ПР на бизнес [3].

В **Италии** утвержден декрет «Общие требования пожарной безопасности и управления чрезвычайными ситуациями в местах работы». Он устанавливает обязательные требования по оценке ПР на объекте и мерам предупреждения и противопожарной защиты (ППЗ). Перед работодателем ставятся три задачи: оценить уровень ПР, предотвратить пожар и защитить объект от пожара. И далее поступательно от приложения к приложению (всего их 10) доступно и логично разъясняются основные положения пожарной безопасности. Обязанность по оценке уровня риска возлагается на работодателя. Здесь же приведены категории уровней риска: высокий, средний и низкий. На основании оценки уровня ПР работодатель принимает организационные и управленческие меры, направленные на исключение пожара, приводя их в плане эвакуации. Данные меры могут не указываться в плане эвакуации при числе рабочих мест менее 10.

По мнению докт. техн. наук Н.Н.Брушлинского, риск является мерой возможности реализации конкретной опасности. Поскольку понятие «риск» практически всегда ассоциируется с возможностями каких-то потерь, утрат (имущества, финансов, здоровья, жизни, репутации и других) в результате реализации опасности, то в большинстве случаев размеры этих потерь поддаются количественной оценке, могут быть измерены в каких-то единицах, хотя в ряде ситуаций это сделать невозможно [4].

Методика расчета пожарного риска

Разработанная методика предлагается к использованию при расчетах общих показателей ПР на территории населенного пункта или региона РФ. Возможно использование ее для объектов, когда нет необходимости или времени проводить более подробные расчеты и известна статистическая информация по пожарам.

Методика разработана на основе самого глубокого комплексного исследования проблем, связанных с ПР. Исследования проводились группой ученых Национальной академии наук пожарной безопасности [5, 6].

Авторами были выделены следующие виды ПР:

R_1 — риск для человека столкнуться с пожаром за единицу времени:

$$R_1 = \left[\frac{\text{пожар}}{\text{чел.} \times \text{год}} \right]; \quad (2)$$

R_2 — риск для человека погибнуть при пожаре:

$$R_2 = \left[\frac{\text{жертвы}}{\text{пожар}} \right]; \quad (3)$$

R_3 — риск для человека погибнуть в результате пожара в единицу времени:

$$R_3 = \left[\frac{\text{жертв}}{\text{чел.} \times \text{год}} \right]; \quad (4)$$

R_4 — риск уничтожения строений в результате пожара (уничтоженное строение/пожар);

R_5 — риск прямого материального ущерба от пожара (денежная единица (средний ущерб от пожара)/пожар).

Кроме рисков, связанных с гибелью людей (R_1 , R_2 , R_3), введены риски уничтожения строений в результате пожара и прямого материального ущерба, не связанные с гибелью или травматизмом при пожаре [5, 6]. Это противоречит ст. 94 Технического регламента «О требованиях пожарной безопасности» и приказу МЧС России № 404 «Об утверждении методики определения

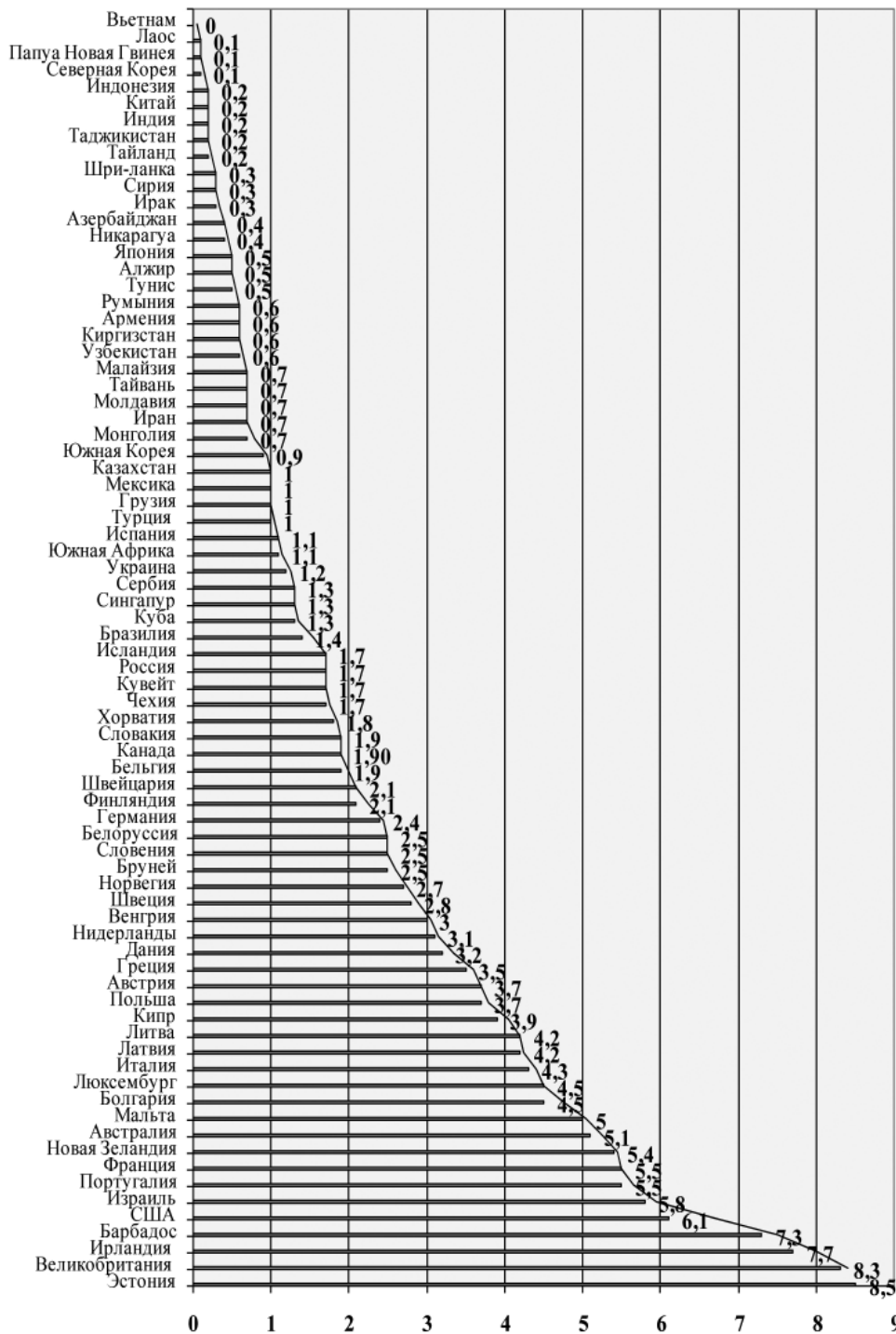


Рис. 1. Количество пожаров на 1000 человек (R_1) в странах мира.

Таблица 1. Формулы зависимости расчетных величин ПР на основе статистической информации по пожарам

Вид ПР	Формула зависимости ПР
ПР для человека столкнуться с пожаром в течение года	
для Российской Федерации	$R_1 = \frac{0,002 \times N}{I}$
для Республики Башкортостан	
ПР погибнуть при пожаре	
для Российской Федерации	$R_2 = \frac{0,002 \times F}{N}$
для Республики Башкортостан	
ПР погибнуть в результате пожара в течение года	
для Российской Федерации	$R_3 = \frac{0,1 \times F}{I}$
для Республики Башкортостан	
	$R_3 = \frac{0,18 \times F}{I}$

Условные обозначения: N — количество пожаров в год; I — количество людей, находящихся в зоне риска; F — количество жертв от пожаров в год.

расчетных величин пожарных рисков на производственных объектах». Поэтому не будем учитывать риск уничтожения строений в результате пожара (R_4) и прямого материального ущерба от пожара (R_5).

Пожарные риски в России

Население Земли в 2011 г. составило 7 млрд человек. Ежегодно фиксируется около 8 млн пожаров, при которых погибает примерно 75 тыс. человек. В таком случае риск для человека оказаться в условиях пожара в течение года (R_1) равен согласно формуле (2) $1,2 \times 10^{-3}$. Риск для человека погибнуть при пожаре (R_2) равен согласно формуле (3) $0,9 \times 10^{-2}$. Риск для человека погибнуть от пожара в течение года (R_3) равен согласно формуле (4) $1,2 \times 10^{-5}$.

Из каждой тысячи землян в течение года в среднем один человек окажется в условиях пожара, на каждые 100 пожаров в среднем

приходится один погибший, а из каждых 100 тыс. человек за год от пожара погибнет один землянин.

Сопоставим эти данные с показателями пожарной опасности в России. В 2011 г. население России насчитывало около 143 млн человек, произошло около 255 тыс. пожаров, при которых погибло 19 250 человек. Отсюда следует, что значения ПР для нашей страны выглядят следующим образом [5, 6]:

$$R_1 = 1,7 \times 10^{-3}, R_2 = 7,7 \times 10^{-2}, R_3 = 1,3 \times 10^{-4}.$$

Риск оказаться в условиях пожара в течение года в России выше, чем в среднем в мире, в 1,4 раза, риск погибнуть при пожаре в России выше в 8,5 раза, риск погибнуть в России от пожара в течение года выше, чем в мире, в 11,5 раза [5, 6].

Рассмотрена статистическая информация по пожарам в 80 странах мира, где проживает 75% населения мира. По уровню риска для человека столкнуться с пожаром (R_1) Россия расположена в середине всех рассматриваемых стран (на 40-м месте).

В комплексном исследовании проблем, связанных с ПР, проведенной Национальной академией наук пожарной безопасности, определены также данные по показателям R_2 ($6,8 \times 10^{-2}$) и R_3 ($11,7 \times 10^{-5}$) — по этим показателям у России самый большой ПР по сравнению с другими странами мира.

Кроме того, определены и показатели ПР по субъектам РФ [5, 6].

Показатели R_1, R_2, R_3 нельзя сравнить с допустимыми ПР по Техническому регламенту «О требованиях пожарной безопасности», т.к. у них разные показатели формул зависимости [7].

Экспресс-методика оценки пожарного риска № 1

На основании данных о количестве пожаров на 1000 человек в странах мира (рис. 1), формул зависимости показателей ПР (R_1, R_2, R_3) и исходя из значения допустимого ПР по Техническому регламенту «О требованиях пожарной безопасности» разработаны новые формулы зависимости ПР R_1, R_2, R_3 . Найден коэффициент, связывающий допустимое значение ПР по Техническому регламенту «О требованиях пожарной безопасности» и допустимое значение ПР.

ПР для человека столкнуться с пожаром в течение года (R_1) для России равен 1,7 пожаров на 1000 человек в год. За уровень допустимого ПР выбран фактический уровень риска Японии, Алжира и Туниса — 0,5 пожаров на 1000 человек в год. Это уровень, к которому можно стремиться (если не учи-

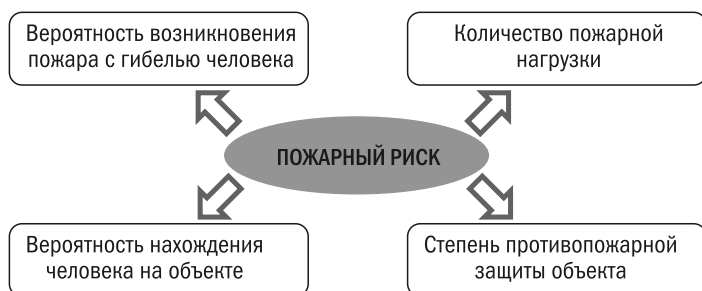


Рис. 2. Зависимость величины ПР от величин показателей объекта.

тывать произошедшие аварии в Японии на атомных электростанциях в 2011 г.).

Когда Россия достигнет уменьшения ПР до уровня риска Японии, можно установить «новую планку» ПР в сторону его уменьшения. Для установления связи между допустимым значением ПР по Техническому регламенту «О требованиях пожарной безопасности» и выбранным значением ПР по статистике пожаров определен поправочный коэффициент между фактическим ПР Японии и допустимым ПР, который равен 2×10^{-3} .

Коэффициент подставлен в формулу зависимости ПР R_I и выведена формула зависимости расчетного значения ПР:

$$R_I = \frac{0,002 \times N}{I}, \quad (5)$$

где N — количество пожаров в год; I — количество людей, находящихся в зоне ПР.

По этой формуле зависимости при достижении уровня ПР Японии ПР в России будет равен допустимому риску по Техническому регламенту «О требованиях пожарной безопасности» — одна миллионная.

По этому методу выведены формулы зависимости других ПР для Российской Федерации и Республики Башкортостан (табл. 1). По выведенным формулам расчетные значения ПР теперь можно сравнивать с допустимыми значениями ПР по Техническому регламенту «О требованиях пожарной безопасности».

Экспресс-методика оценки пожарного риска № 2

Отличие этой методики в том, что она более понятна и доступна при определении ПР. Выполнен анализ понятия ПР [7] и сделан вывод, что на расчетную величину ПР влияют показатели пожарной опасности объекта (рис. 2).

С учетом зависимости величины ПР от величин показателей объекта выведена общая формула зависимости для нахождения ПР:

$$P = Q_{вп} \times K_{км} \times K_{пз} \times K_{вч}, \quad (6)$$

где $Q_{вп}$ — частота возникновения пожара; $K_{км}$ — коэффициент количества материала; $K_{пз}$ — коэффициент степени ППЗ объекта; $K_{вч}$ — коэффициент вероятности нахождения на объекте человека.

Для нахождения частоты возникновения пожаров использовались данные ВНИИПО о происшедших пожарах за 2000-2010 гг. [8,9].

Вероятность возникновения пожара $Q_{вп}$ определяем по формуле:

$$Q_{вп} = \frac{q}{z}, \quad (7)$$

где q — количество пожаров по одной из причин возникновения пожаров в год; z — общее количество пожаров в год.

Таблица 2. Вероятность возникновения пожаров в зависимости от устройства или материала, на котором или от которого возник пожар

Изделие, устройство, материал, на котором или от которого возник пожар	Частота возникновения пожара ($Q_{вп}$)
Деревянные, бумажные изделия, материалы	0,189
Сигарета, спички, зажигалка, свеча	0,182
Отходы материалов (трава, сено, мусор, камыш)	0,129
Кабель, провод	0,127
Печи, дымоходы	0,088
Прочие изделия	0,073
Одежда, текстиль, спальные принадлежности	0,055
Легковоспламеняющиеся и горючие жидкости	0,0322
Детали, узлы, механизмы транспортных средств	0,032
Мебель (дерево, текстиль)	0,02
Бытовой электронагревательный прибор	0,0198
Электрораспределительный щит, счетчик	0,0127
Выключатель, вилка, электрическая розетка, разветвитель	0,0112
Газовая установка, прибор, плита	0,0103
Телевизор	0,0072
Холодильник	0,0054
Плита электрическая	0,005
Электроосветительный прибор	0,0041
Двигатель на жидком топливе	0,0032
Нагревательный, осветительный прибор на жидком топливе	0,0032
Электроинструмент	0,0031
Взрывное, зажигательное устройство	0,0026
Сельскохозяйственные продукты	0,0024
Трансформатор, стабилизатор	0,00237
Газовый баллон	0,002
Технологический аппарат	0,0019
Пиротехнические изделия	0,0015
Электроразвод	0,00148
Электробытовая машина	0,0014
Автоматический выключатель	0,00132
Магнитофон, радиоприемник	0,0012
Электродвигатель	0,0011
Электроутюг	0,0008
Теплогенератор	0,00073
Химические вещества	0,0007
ЭВМ, оргтехника	0,00063
Кондиционер	0,0005
Видеомагнитофон	0,0002

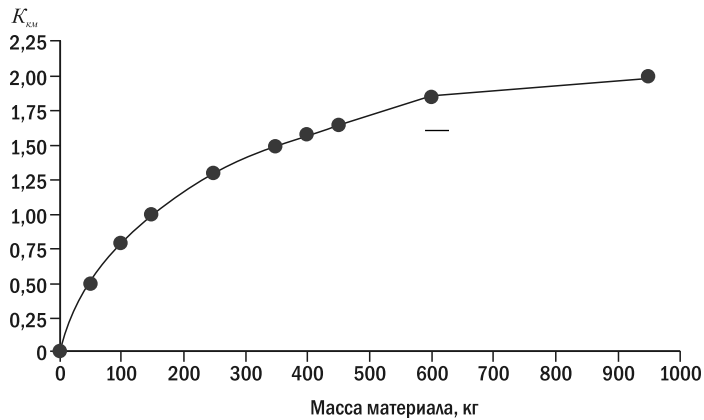


Рис. 3. Зависимость $K_{км}$ от количества (массы) материала на объекте.

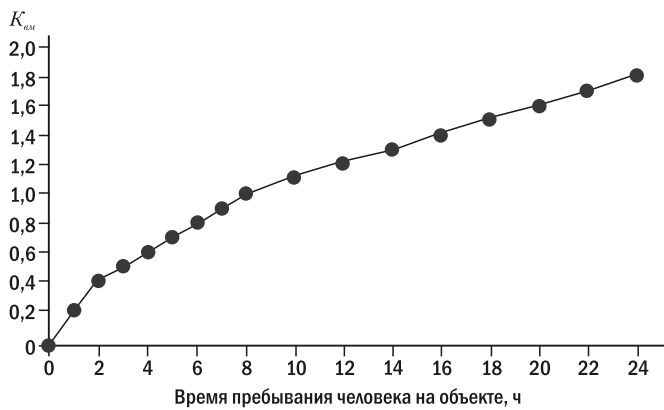


Рис. 4. Зависимость $K_{вм}$ от времени пребывания человека на объекте.

В табл. 2 приведены твердые горючие материалы и устройства из них. Представленные вероятности возникновения пожара предназначены не только для нефтегазовой отрасли, но и для других объектов различной функциональной опасности.

Далее для нахождения коэффициента количества материала ($K_{км}$) определим его зависимость от массы хранящегося на объекте материала.

За среднее значение массы материала (эталон) методом экспертного оценивания принята масса материала, при которой наиболее часто происходят пожары, — 150 кг. Установлено, что при весе 150 кг значение этого коэффициента будет равно 1. При меньшей массе материала ПР будет уменьшаться: чем меньше масса материала, тем меньше ПР. С увеличением массы значение $K_{км}$ увеличивается и увеличивает ПР (рис. 3).

Для определения коэффициента ППЗ ($K_{пз}$) необходимо установить, какие виды активной ППЗ имеются в наличии на рассматриваемом объекте. $K_{пз}$ — это поправочный коэффициент, зависящий от степени ППЗ объекта.

К каждому виду активной ППЗ объекта применяются коэффициенты, каждый

из которых определяет значимость вида ППЗ:

- ▶ автоматическое пожаротушение, значимость которого определяет K_1 ;
- ▶ дислокация пожарного депо в нормативном времени прибытия (K_2);
- ▶ наличие противопожарного водоснабжения (наружного или внутреннего) (K_3);
- ▶ автоматическая установка пожарной сигнализации (K_4);
- ▶ система оповещения и управления эвакуацией (K_5);
- ▶ противодымная вентиляция или дымоудаление (K_6);
- ▶ огнезащита несущих конструкций и отделочных материалов на путях эвакуации (K_7);
- ▶ обучение работников организаций мерам пожарной безопасности изучением минимума пожарно-технических знаний (K_8).

При соблюдении всех видов ППЗ риск должен уменьшаться. Чтобы $K_{пз}$ уменьшался с усилением ППЗ объекта, определены коэффициенты каждого вида ППЗ. Величины коэффициентов значимости видов ППЗ получены методом экспертного оценивания.

$K_{пз}$ определяется по формуле:

$$K_{пз} = 3 - K_1 - K_2 - K_3 - K_4 - K_5 - K_6 - K_7 - K_8. \quad (8)$$

При соблюдении всех видов ППЗ риск должен уменьшаться. Чтобы значение ПР уменьшалось, необходимо, чтобы $K_{пз}$ уменьшался с увеличением ППЗ объекта. Для этого определен коэффициент значимости каждого вида ППЗ объекта в зависимости от процента влияния на защиту объекта.

Автоматическое пожаротушение — наиболее эффективный вид ППЗ, его коэффициент принят равным 1 (33%). Таким же эффективным видом ППЗ объекта определен фактор дислокации пожарного депо в нормативном времени прибытия.

Автоматическая установка пожарной сигнализации — также эффективный вид ППЗ, но менее эффективный, его коэффициент принят равным 0,4 (13%).

Система оповещения и управления эвакуацией, противодымная вентиляция или дымоудаление, огнезащита несущих конструкций и отделочных материалов на путях эвакуации приняты еще менее эффективными, но имеющими значение, значения их коэффициентов приняты равными по 4% или от 0,109 до 0,100009.

Немного более эффективным определен коэффициент от изучения минимума пожарно-технических знаний — 5% или 0,19.

В сумме при соблюдении всех видов ППЗ получаем показатель значимости ППЗ равным 2,999999.

Если все виды ППЗ в сумме по значимости равны 2,999999, необходимо, чтобы $K_{пз}$ при увеличении количества видов ППЗ уменьшался. Поэтому для определения $K_{пз}$ определим цифру, немного большую, чем 2,999999 (при сильной разнице этих цифр будет малое влияние ППЗ на величину риска).

При соблюдении всех видов ППЗ $K_{пз} = 3 - 2,999999 = 0,000001$, т.е. ПР уменьшается в 1 000 000 раз, т.к. по формуле (8) ПР умножается на $K_{пз}$, который будет равен 0,000001. Таким образом, $K_{пз}$ имеет большое значение при определении расчетного значения ПР объекта.

И последний фактор, влияющий на величину ПР, — это коэффициент вероятности нахождения на объекте человека ($K_{вч}$):

$$K_{вч} = K_{в} + K_{вм}, \quad (9)$$

где $K_{в}$ — вероятность нахождения человека на объекте без учета количества;

$K_{вм}$ — массовость нахождения человека на объекте.

$K_{вч}$ определяется по следующей пропорции: если на объекте человек находится 8 ч — обычный рабочий день — коэффициент принят равным 1. Если на объекте человек находится менее 8 ч, ПР должен уменьшаться. В этом случае по формуле (9) и $K_{вч}$ должен уменьшаться, чтобы уменьшить значение ПР.

Также важным критерием является время нахождения человека в течение 2 ч и дольше, т.к. в Техническом регламенте «О безопасности зданий и сооружений» это время является переходным между отнесением объекта защиты к объектам с постоянным пребыванием или к объектам с временным пребыванием людей. Если человек находится на объекте более 8 ч, ПР должен увеличиваться (рис. 4), т.к. ПР зависит от присутствия человека и возможности его гибели.

Определено, что при нахождении 10 человек и более $K_{вм}$ будет равен 0,5. При нахождении на объекте 50 человек и более $K_{вм}$ будет равен 1.

Все коэффициенты, влияющие на величину ПР, определялись эвристическим методом (методом экспертного оценивания).

Вывод

Предлагаемые экспресс-методы оценки ПР актуальны на российском рынке и помогли бы решить многие проблемы в области пожарной

безопасности, а также в области развития малого и среднего бизнеса. С их принятием появилась бы возможность на объектах не тратить порой немалые финансовые средства на дорогостоящие расчеты по оценке ПР «на стороне», а проводить их своими силами. Таким же подходом к оценке ПР могли бы пользоваться и другие страны мира, принципы определения ПР с помощью статистической информации по пожарам, основных характеристик ППЗ объектов понятны и общедоступны. Возможна в будущем разработка единого подхода по оценке ПР во всех странах мира.

1. ГОСТ 14-1-010-76. Взрывобезопасность. Общие требования. М., 1976.
2. ГОСТ Р 12.3.047-98 ССБТ. Пожарная безопасность технологических процессов. Общие требования. Методы контроля. М., 1996.
3. ПБ 09-540-03 Общие правила взрывобезопасности для взрывопожароопасных химических, нефтехимических и нефтеперерабатывающих производств. М., 2003.
4. Брушлинский Н.Н. О понятии пожарного риска и связанных с ним понятиях // Пожарная безопасность. 1999. № 3. С. 60-65.
5. Брушлинский Н.Н., Клепко Е.А. К вопросу о вычислении рисков // Проблемы безопасности и чрезвычайных ситуаций. М., 2004. Вып. 1. С. 55-57.
6. Брушлинский Н.Н. Пожарные риски: основные понятия. М., 2008. С. 55-60.
7. Закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» (вступил в силу 01.05.2009).
8. Письмо ФГУ ВНИИПО МЧС России от 22.06.2011 № 90-33/132 «Об информации по пожарам». М., 2011.
9. Письмо ФГУ ВНИИПО МЧС России от 04.04.2011 № ГИ-2874 «Информация о пожарах». М., 2011.

Development of new express methods of assessment of fire risk

Bakirov I.K., PhD in Engineering, Shakirova A.I., Ufa State Petroleum Technological University

The article describes the various methods of risk assessment for individuals and organizations. The results of studies of the problems associated with fire risk, and risk indicators by regions of the Russian Federation. New formulas for the rapid assessment of fire risk was developed. The coefficient linking the calculated value of fire risk and indicators of fire risk was set. Types of active fire protection facility and the factors that determine the importance of each type of fire protection were shown. The conclusion about the necessity of fast and free to calculate the fire risk assessment was done. This would help to solve many problems in the field of fire safety, as well as development of small and medium business. It is established that express methods, if they will be approved by EMERCOM of Russia and allowed to use in organizations, would give the opportunity not to spend considerable financial means for the calculation of fire risk in third-party organizations, and conduct them on their own.

Key Words: methodology for the assessment of fire risk, fire safety, fire protection, fire risk, fire, probability of a fire

Corresponding address: bakirovirek@bk.ru, almira_ilshatovna@bk.ru