

В.А. Трунева

(ВНИИПО МЧС России; e-mail: truneva@mail.ru)

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДОВ ОПРЕДЕЛЕНИЯ РАСЧЁТНОГО ВРЕМЕНИ БЛОКИРОВАНИЯ ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ ОПАСНЫМИ ФАКТОРАМИ ПОЖАРА

Предложены пути совершенствования методов определения расчётного времени блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара. Проведён сравнительный анализ результатов расчёта с учётом существующих и предлагаемых методов. Опробованы новые подходы к определению величины пожарного риска в зданиях.

Ключевые слова: пожарный риск, опасные факторы пожара.

V.A. Truneva

IMPROVEMENT OF METHODS FOR DETERMINING THE ESTIMATED TIME OF BLOCKING THE ESCAPE ROUTES OF DANGEROUS FACTORS OF FIRE

The ways to improve the methods for determining the estimated time of blocking the escape routes of dangerous factors of fire were suggested. The comparative analysis of the calculations by using existent and suggested methodology was executed. The new methods of the determination of fire risk quantity in buildings were tested.

Key words: fire risk, dangerous fire factors.

Статья поступила в редакцию Интернет-журнала 26 декабря 2014 г.

В настоящее время в России осуществляется проектирование и строительство большого количества сложных и, зачастую, новых для нашей страны промышленных объектов повышенной пожарной опасности, включающих в свой состав производственные здания и сооружения, в которых осуществляются различные пожаровзрывоопасные технологические процессы. Пожарная опасность таких зданий и сооружений характеризуется различными вариантами развития пожара, в том числе и с выделением токсичных продуктов, отличных от рассматриваемых в существующей Методике [1]. В [1] при воздействии ОФП на человека нормируются лишь основные токсические вещества, выделяющиеся при горении и термическом разложении наиболее распространённых видов пожарной нагрузки. Однако для оценки поражающего воздействия ОФП на человека следует учитывать более полный спектр выделяющихся при пожаре токсичных веществ.

Также следует отметить, что в настоящее время нормируются предельные значения опасных факторов пожара, рассмотренные независимо друг от друга. Современные данные показывают, что при одновременном поступлении продуктов горения в организм человека, наблюдается сложный эффект совместного воздействия.

Одним из наиболее современных нормативных документов, устанавливающих критерии блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара, является международный стандарт ISO 13571:2007. Life-threatening components of fire – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data [2]. В работе [3] были предложены методы совершенствования определения времени блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара, учитывающие их взаимное воздействие, на основе методов, приведённых в [2].

Согласно [2], критическая продолжительность пожара t_{KP}^T по тепловому потоку и повышенной температуре определяется по времени достижения на путях эвакуации эффективной тепловой дозой Q_{FED} величины, равной 1.

Эффективная тепловая доза Q_{FED} определяется по формуле:

$$Q_{FED} = \begin{cases} \sum_{t_1}^{t_2} \left(\frac{1}{t_{conv}} \right) \Delta t, & \text{если } q < 2,5 \text{ кВт/м}^2; \\ \sum_{t_1}^{t_2} \left(\frac{1}{t_{Irad}} + \frac{1}{t_{conv}} \right) \Delta t, & \text{если } q \geq 2,5 \text{ кВт/м}^2, \end{cases} \quad (1)$$

где t_{Irad} – допустимое время воздействия теплового излучения заданной интенсивности теплового потока, мин;

t_{conv} – допустимое время воздействия повышенной температуры, мин;

q – интенсивность теплового потока, кВт/м²;

Δt – промежуток времени воздействия, мин;

t_1, t_2 – границы временного интервала, в течение которого рассматривается возможность эвакуации людей из помещения, мин.

Величина t_{Irad} определяется по формуле:

$$t_{Irad} = 4,2 \cdot q^{-1,9}. \quad (2)$$

Время t_{conv} для помещений, в которых концентрация паров воды в воздухе менее 10 % (об.), определяется по формулам:

- для людей в защитной одежде:

$$t_{conv} = 4,1 \cdot 10^8 \cdot T^{-3,61}, \quad (3)$$

- для людей без защитной одежды:

$$t_{conv} = 5 \cdot 10^7 \cdot T^{-3,4}, \quad (4)$$

где T – температура воздуха, °С.

Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку и повышенной температуре определяется по достижении на путях эвакуации одного из следующих критических значений:

- интенсивности теплового потока – 2,5 кВт/м²;

- температуры воздуха $T = 90$ °С.

Критическая продолжительность пожара по воздействию токсичных продуктов горения и термического разложения определяется по наименьшему из времен достижения эффективной дозой X_{FED} или эффективной концентрацией X_{FEC} величины, равной 1. К токсичным продуктам горения, для которых рас-

считывается величина X_{FED} , относят вещества, вызывающие потерю сознания, приводящие к летальному исходу в результате гипоксии, воздействующие на центральную нервную систему и/или сердечно-сосудистую систему. К токсичным продуктам, для которых рассчитывается величина X_{FEC} , относят вещества, которые стимулируют нервные рецепторы в глазах, дыхательных путях, вызывая разную степень дискомфорта и боль наряду с возбуждением различных физиологических защитных реакций.

Эффективная доза X_{FED} по воздействию таких газов, как CO и HCN, определяется по формуле:

$$X_{FED} = \sum_{t_1}^{t_2} \frac{\varphi_{CO}}{35000} \Delta t + \sum_{t_1}^{t_2} \frac{\exp\left(\frac{\varphi_{HCN}}{43}\right)}{220} \Delta t, \quad (5)$$

где φ_{CO} – средняя концентрация CO на временном отрезке Δt , $мкл \cdot л^{-1}$;
 φ_{HCN} – средняя концентрация HCN на временном отрезке Δt , $мкл \cdot л^{-1}$;
 Δt – временной отрезок, $мин.$

Если концентрация CO_2 на путях эвакуации превышает 2 % об., величины φ_{CO} и φ_{HCN} в предыдущей формуле на каждом временном отрезке должны умножаться на коэффициент v_{CO_2} , учитывающий изменение частот дыхания человека и определяемый по формуле:

$$v_{CO_2} = \exp\left(\frac{\varphi_{CO_2}}{5}\right), \quad (6)$$

где φ_{CO_2} – средняя концентрация CO_2 , % об.

Предложенные усовершенствования методов определения времени блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара опробованы на примере расчёта индивидуального пожарного риска для **здания склада полиэтилена** высокой плотности. Был проведён сравнительный анализ результатов расчёта.

Анализ пожароопасных ситуаций

Перечень пожароопасных аварийных ситуаций, связанных с поступлением в помещения горючих веществ при разгерметизации оборудования, приведён в табл. 1.

Таблица 1

Перечень пожароопасных аварийных ситуаций

№ сценария	Наименование помещения	Наименование пожароопасного вещества
1	Склад готовой продукции	Полиэтилен
2	Помещение переключающих устройств	Электрокабели
3	Комната ОВКВ	Электрокабели
4	Хранилище деревянных поддонов	Древесина
5	Хранилище вспомогательных материалов	Электрокабели

Результаты расчёта индивидуального пожарного риска в соответствии с методикой [1]

Были рассмотрены *сценарии пожара*, представленные в табл. 1. Для каждого сценария был произведён расчёт времени от начала реализации сценария до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара. Была оценена вероятность эвакуации людей по эвакуационным путям.

Постоянные рабочие места в здании находятся только в офисной части здания. Максимальное количество персонала, находящегося в здании, – 21 человек. Ввиду отсутствия постоянных рабочих мест в основной части здания и необходимости регулярного (ежедневного) посещения здания для текущего технического обслуживания и ремонта, время присутствия конкретного работника из числа персонала в здании принято равным 4 часам в неделю, что соответствует доле времени 0,024 в течение года.

Результаты оценки потенциального пожарного риска для различных помещений здания приведены в табл. 2.

Таблица 2

№ сценария	Наименование помещения	Потенциальный пожарный риск для помещения, год ⁻¹
1	Склад готовой продукции	$2,9 \cdot 10^{-4}$
2	Помещение переключающих устройств	$8,9 \cdot 10^{-6}$
3	Комната ОВКВ	$8,9 \cdot 10^{-6}$
4	Хранилище деревянных поддонов	$9,1 \cdot 10^{-5}$
5	Хранилище вспомогательных материалов	$1,6 \cdot 10^{-5}$
1	Хранилище смазочных материалов и красок	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Инструментальная мастерская	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Комната младшего персонала	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Помещение документов транспортировки	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Хранилище запасных частей	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Комната для курения	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Хранилище запасных частей	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Противопожарное водоснабжение	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Начальник участка и начальник отдела	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Офис менеджера-механика	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Заведующий складом	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Печать/архив	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Кладовая	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Склад длительного хранения	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Офис заместителя начальника цеха	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Офис начальника цеха	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Конференц-зал	$2,9 \cdot 10^{-4}$
1	Столовая	$2,9 \cdot 10^{-4}$

Максимальное значение потенциального пожарного риска в рассматриваемом здании, за исключением офисной части, для помещения склада готовой продукции (поз. 1) составляет $2,9 \cdot 10^{-4}$ год⁻¹. Таким образом, для персонала рассматриваемого объекта "вклад" в индивидуальный пожарный риск составляет $6,9 \cdot 10^{-6}$ год⁻¹.

Расчёт пожарного риска в соответствии с работой [3]

При расчёте индивидуального риска с учётом предлагаемых методов оценки определения времени блокирования эвакуационных путей опасными факторами пожара были рассмотрены сценарии пожара, представленные в табл. 1. Для каждого сценария был произведен расчёт времени от начала реализации сценария до блокирования эвакуационных путей. Была оценена вероятность эвакуации людей по эвакуационным путям. Вероятность успешной эвакуации людей определялась с учётом огнестойкости несущих конструкций здания [3].

Результаты оценки потенциального пожарного риска для различных помещений здания приведены в табл. 3.

Таблица 3

Результаты оценки потенциального пожарного риска

№ сценария	Наименование помещения	Потенциальный пожарный риск для помещения, год ⁻¹
1	Склад готовой продукции	$1,5 \cdot 10^{-7}$
2	Помещение переключающих устройств	$9,4 \cdot 10^{-15}$
3	Комната ОВКВ	$9,4 \cdot 10^{-15}$
4	Хранилище деревянных поддонов	$1,1 \cdot 10^{-7}$
5	Хранилище вспомогательных материалов	$1,8 \cdot 10^{-12}$
1	Хранилище смазочных материалов и красок	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Инструментальная мастерская	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Комната младшего персонала	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Помещение документов транспортировки	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Хранилище запасных частей	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Комната для курения	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Хранилище запасных частей	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Противопожарное водоснабжение	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Начальник участка и начальник отдела	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Офис менеджера-механика	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Заведующий складом	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Печать/архив	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Кладовая	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Склад длительного хранения	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Офис заместителя начальника цеха	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Офис начальника цеха	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Конференц-зал	$1,5 \cdot 10^{-7}$
1	Столовая	$1,5 \cdot 10^{-7}$

Максимальное значение потенциального пожарного риска в рассматриваемом здании, за исключением офисной части, для помещения склада готовой продукции (поз. 1) составляет $1,5 \cdot 10^{-7} \text{ год}^{-1}$. Таким образом, для персонала рассматриваемого объекта "вклад" в индивидуальный пожарный риск составляет $3,6 \cdot 10^{-9} \text{ год}^{-1}$.

Выводы

Выполненные расчёты показывают, что результаты, полученные при вычислении по утверждённой методике, несколько выше результатов, полученных при вычислении по предлагаемым усовершенствованным подходам. Анализ полученных результатов показал, что предлагаемые методы оценки пожарного риска в большей степени учитывают специфику пожарной опасности ряда промышленных предприятий.

Целесообразно использование усовершенствованных критериев поражения человека опасными факторами, а также важен учёт пределов огнестойкости несущих конструкций здания.

Использование перечисленных подходов в большей степени соответствует подходам, установленным в международных стандартах.

Литература

1. *Методика* определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах (Утверждена приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404. Изменения утверждены приказом МЧС России от 14 декабря 2010 г. № 649).
2. *ISO 13571:2007*. Life- threading components of fire – Guidelines for the estimation of time available for escape using fire data.
3. *Шебеко Ю.Н., Гордиенко Д.М., Шебеко А.Ю., Дроздов А.Е., Кириллов Д.С., Гилетич А.Н.* Совершенствование методов определения расчётных величин пожарного риска для производственных объектов // Пожарная безопасность, 2011. № 3. С. 57-65.