

Е.А. Ягодка

(Академия Государственной противопожарной службы МЧС России;
e-mail: e.a.yagodka@mail.ru)

КОРРЕКТИРОВКА МЕТОДИК ОЦЕНКИ ПОЖАРНОГО РИСКА С УЧЁТОМ ТЕПЛОВОГО ПОТОКА ПОЖАРА

Проведён анализ существующих расчётных методик определения времени безопасной эвакуации людей. Разработан расчётный метод оценки воздействия лучистого тепла на человека при горении твёрдых горючих материалов.

Ключевые слова: эвакуация, лучистое тепло, опасные факторы пожара.

E.A. Yagodka

CORRECTION OF TECHNIQUES OF THE ASSESSMENT OF FIRE RISK TAKING INTO ACCOUNT THE THERMAL STREAM OF THE FIRE

The analysis of existing settlement techniques of definition of time of safe evacuation of people is carried out. The settlement method of assessing influence of radiant heat on the person is developed when burning firm combustible materials.

Key words: evacuation, radiant heat, dangerous factors of a fire.

Анализ расчётных методик воздействия теплового потока пожара на человека

Статья 9 Федерального закона от 22 июля 2008 г. № 123-ФЗ "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" содержит перечень **опасных факторов пожара (ОФП)**, в том числе и тепловой поток факела пламени. Вместе с тем, действующие методики не содержат расчётов, позволяющих определить интенсивность теплового потока, хотя, согласно статье 51 Технического регламента, люди должны эвакуироваться до наступления критических значений ОФП.

Поэтому необходима доработка существующих методик оценки пожарных рисков и их корректировка с учётом интенсивности теплового потока.

В нормативной и научной литературе представлены различные методики определения воздействия теплового потока пожара на человека:

- методика расчёта интенсивности теплового излучения факела пламени при горении пролитых ЛВЖ и ГЖ, изложенная в Приложении В [5], в п. 57 [6], в Приложении В [7], и в п. 23 Приложения 3 [8] (Методики А₁-А₄ соответственно);

- методика расчёта интенсивности теплового излучения и времени существования огненного шара, изложенная в Приложении Д [5], в п. 58 [6], в Приложении В [7], и в п. 24 Приложения 3 [8] (Методики В₁-В₄ соответственно);

- методика определения интенсивности теплового потока пожара, представленная в учебнике Ю.А. Кошмарова и М.П. Башкирцева "Термодинамика и теплопередача в пожарном деле" (Методика С).

Результаты сравнительного анализа информационной ёмкости этих методик представлены в табл. 1.

Таблица 1

Методики	ГВ	ФПО	ЗС	Ф	РП	В	К
A ₁	ЛВЖ, ГЖ	Ф5	4897	11	17	35	ВСО
A ₂	ТГМ, ЛВЖ, ГЖ	Ф5	4897	11	17	35	ВСО
A ₃	ТГМ, ЛВЖ, ГЖ	Ф5	4897	11	17	35	ВСО
A ₄	ЛВЖ, ГЖ	Ф5	4897	11	17	35	ВСО
B ₁	ЛВЖ, ГЖ	Ф5	2160	5	9	55	ВСО
B ₂	ЛВЖ, ГЖ	Ф5	2160	5	9	55	ВСО
B ₃	ЛВЖ, ГЖ	Ф5	2160	5	9	55	ВСО
B ₄	ЛВЖ, ГЖ	Ф5	2160	5	9	55	ВСО
С	ТГМ	Ф1-Ф5	3496	6	12	25	ВСО

В табл. 1:

А, В, С – условные обозначения методик определения воздействия теплового потока пожара на человека;

ГВ – горючие вещества и материалы (ТГМ – твердые горючие материалы, ЛВЖ – легковоспламеняющиеся жидкости, ГЖ – горючие жидкости);

ФПО – функциональный класс пожарной опасности здания (сооружения);

ЗС – количество знаков и символов;

Ф – количество формул;

РП – количество расчётных показателей;

В – время, необходимое на применение метода (в одном помещении), мин.;

К – квалификация специалиста, требуемая для применения метода (высшее специальное образование (ВСО)).

Необходимо отметить, что методики А₂ и А₃ фактически не содержат расчётных формул, позволяющих определить интенсивность теплового потока пожара при горении твердых горючих материалов.

Методика определения интенсивности теплового потока пожара (Методика С) может применяться в зданиях различных функциональных классов пожарной опасности при горении твердых горючих материалов, составляющих основную пожарную нагрузку 98 % пожаров.

Действующее законодательство допускает выбор методик оценки рисков, представленных в нормативной, научной и учебной литературе (ст. 16.1 Федерального закона "О техническом регулировании", ст. 15 Федерального закона "Технический регламент о безопасности зданий и сооружений") [1, 3].

В этой связи была рассмотрена Методика С, которая применяется при прогнозировании динамики опасных факторов пожара в зданиях различных функциональных классов пожарной опасности.

Эта методика [10] содержит необходимые для расчётов данные.

За основу расчётов принято уравнение лучистого теплообмена между телами, разделёнными непоглощающей средой, $Вт/м^2$:

$$q_{кр} = \varepsilon_{np} \cdot C_0 \cdot \left[\left(\frac{T_u}{100} \right)^4 - \left(\frac{T_{дон}}{100} \right)^4 \right] \cdot \Phi_{1-2}, \quad (1)$$

где T_u – температура излучающей поверхности (при горении твёрдых горючих материалов принимается $1300 \text{ }^\circ K$);

$T_{дон}$ – допустимая температура на облучаемой поверхности (на поверхности кожи человека может быть равной $313 \text{ }^\circ K$);

ε_{np} – приведённая степень черноты системы "излучающая поверхность – облучаемая поверхность";

C_0 – коэффициент излучения абсолютно чёрного тела, равный $5,7 \text{ } Вт/(м^2 \cdot K^4)$;

Φ_{1-2} – коэффициент облучённости, учитывающий геометрическую связь между излучающей и облучаемой поверхностями.

Приведённая степень черноты системы "излучающая поверхность – облучаемая поверхность" приближённо определялась по уравнению:

$$\varepsilon_{np} = \frac{1}{\frac{1}{\varepsilon_u} + \frac{1}{\varepsilon_{obl}} - 1} = \frac{1}{\frac{1}{0,7} + \frac{1}{0,9} - 1} = 0,649, \quad (2)$$

где ε_u – степень черноты факела пламени (при горении пластмасс и древесины принимается равной $0,7$);

ε_{obl} – степень черноты – $0,9$.

На облучаемой поверхности интенсивность теплового потока достигает критического значения на прямоугольной площадке dF_1 , лежащей напротив геометрического центра излучающей поверхности F_2 (рис. 1).

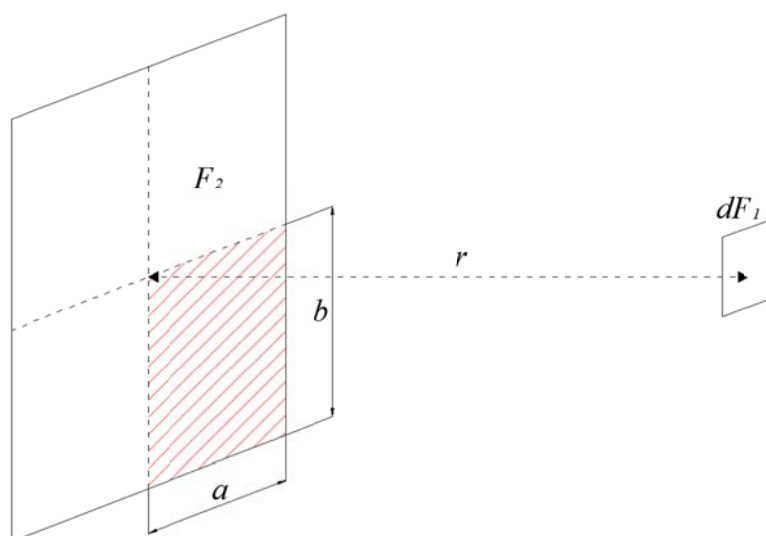


Рис. 1. Схема лучистого теплообмена между излучающей и облучаемой поверхностями

При оценке воздействия критических значений теплового потока факела пламени на человека коэффициент облучённости определялся по формуле:

$$\varphi_{21} = \frac{1}{2\pi} \cdot \left(\frac{a}{\sqrt{a^2 + r^2}} \cdot \arctg \frac{b}{\sqrt{a^2 + r^2}} + \frac{b}{\sqrt{b^2 + r^2}} \cdot \arctg \frac{a}{\sqrt{b^2 + r^2}} \right), \quad (3)$$

где a – половина ширины факела пламени, m ;
 b – половина высоты факела пламени, m ;
 r – расстояние между излучающей и облучаемой поверхностями, m .
 Таким образом, коэффициент облучённости будет равен:

$$\varphi_{1-2} = 4 \cdot \varphi_{21}, \quad (4)$$

Ширина факела пламени определяется по формуле, m :

$$a = 2 \cdot L, \quad (5)$$

где L – расстояние, пройденное фронтом пламени за необходимое время эвакуации людей из помещения, m .

Высота факела пламени определяется по формуле, m :

$$b = 1,08 \cdot a. \quad (6)$$

Корректировка методики расчёта времени безопасной эвакуации людей при пожаре

Для оценки влияния лучистого теплового потока пожара на обеспечение безопасной эвакуации людей рассмотрен сценарий возникновения и развития пожара в помещении площадью 144 м^2 , высотой 6 м и с горючей нагрузкой "упаковка: бумага + картон + поли (этилен + стирол) ($0,4 + 0,3 + 0,15 + 0,15$)" (упаковка). Количество людей в помещении – 48 человек, ширина эвакуационного выхода из помещения – $0,8 \text{ м}$.

Определяются необходимое и расчётное время эвакуации по методике, представленной в Приложении 2* [4].

Для получения сведений о пожароопасных свойствах различных веществ и материалов была использована база данных, представленная в [9].

Результаты расчётов необходимого времени эвакуации представлены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование горючей нагрузки	Рассчитываемый ОФП	Необходимое время эвакуации, мин
Упаковка	Повышенная температура	5,42
	Потеря видимости	3,88
	Парциальная плотность O_2	6,61
	Парциальная плотность CO	Не опасно
	Парциальная плотность CO_2	Не опасно
	Парциальная плотность HCl	8,78

Вывод: критическая продолжительность пожара (необходимое время эвакуации людей при пожаре) в помещении составила $3,88 \text{ мин}$ по опасному фактору пожара "Потеря видимости".

Расчётное время эвакуации людей из помещения составило $1,28 \text{ мин}$.

Общий вывод: результаты определения необходимого и расчётного времени эвакуации людей показали, что безопасная эвакуация людей из рассматриваемого помещения обеспечивается до наступления критических значений опасных факторов пожара: повышенной температуры, потери видимости, пониженного содержания кислорода, образования токсичных продуктов горения (CO, CO₂, HCl).

Для оценки обеспечения безопасной эвакуации людей с учётом теплового потока пожара необходимо выполнить расчёт по Методу С, описанному в разделе 1 статьи.

Рассмотрен вариант возникновения пожара у эвакуационного выхода из помещения.

Результаты расчётов необходимого времени эвакуации представлены в табл. 3.

Таблица 3

Площадь помещения, м ²	Высота помещения, м	Пожарная нагрузка в помещении	Расчётное время эвакуации, мин
144	6,0	Упаковка	1,278

Результаты расчёта расстояния, пройденного фронтом пламени представлены в табл. 4.

Таблица 4

Пожарная нагрузка в помещении	Площадь помещения, м ²	Высота помещения, м	Линейная скорость, м/мин	Расстояние, пройденное фронтом пламени за расчётное время эвакуации, м
Упаковка	144	6,0	0,24	0,15

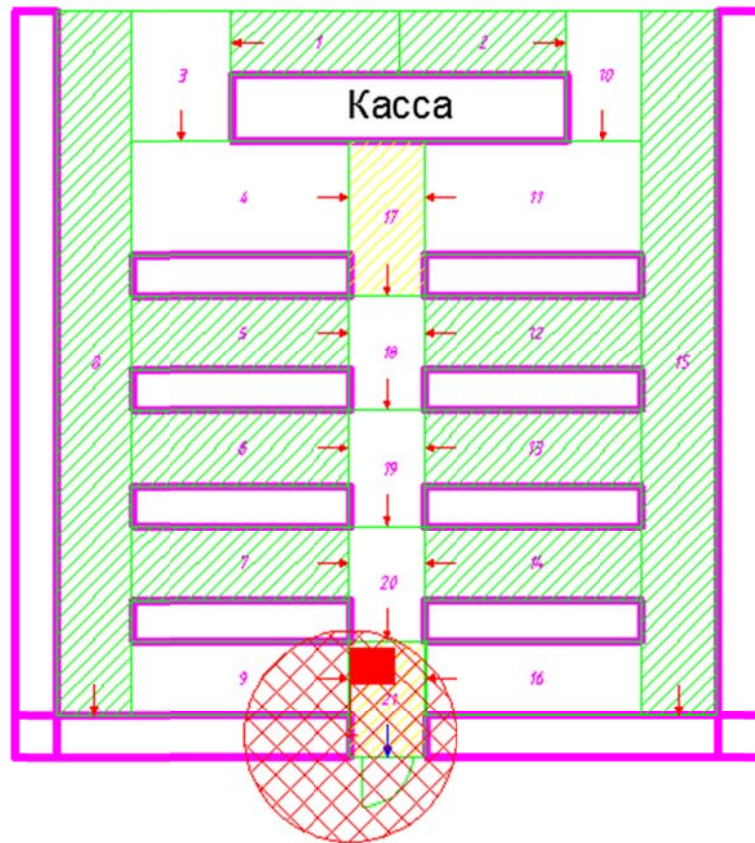
Результаты расчёта минимального расстояния до фронта пламени представлены в табл. 5.

Таблица 5

Пожарная нагрузка в помещении	Площадь помещения, м ²	Высота помещения, м	Расстояние, пройденное фронтом пламени за расчётное время эвакуации, м	Минимальное расстояние, м	Критическая плотность теплового потока, с учётом коэффициента безопасности, Вт/м ²
Упаковка	144	6,0	0,15	1,7	1399,98

Расчётная схема эвакуации из помещения с учётом теплового потока пожара представлена на рис. 2.

Расчёты показали, что безопасная эвакуация людей из помещения при учёте теплового потока пожара не обеспечивается, так как блокируется эвакуационный выход из помещения. Для обеспечения безопасной эвакуации людей необходимо предусмотреть отсутствие горючей нагрузки на расстоянии не менее 1,7 м от края горючей нагрузки до эвакуационного выхода.



Условные обозначения:











-  - границы участка
- 73 - номер участка
-  - направление движения людского потока
-  - проем, направление движения людского потока
-  - начальный участок с людьми
-  - конечный участок
-  - участок с задержкой
-  - место возникновения пожара
-  - заблокированный выход
-  - зона риска
-  - стеллажи

Рис. 2. Расчётная схема эвакуации людей из помещения

Вывод

Сравнительный анализ результатов решения задачи обеспечения безопасности людей по существующей методике и результатов решения этой задачи с учётом воздействия тепла потока пожара на человека показывает необходимость корректировки существующей методики определения расчётного времени эвакуации.

Корректировка методики определения расчётного времени эвакуации с учётом минимального расстояния до пожарной нагрузки в ряде случаев позволяет повысить уровень безопасности людей при пожаре и обеспечить их своевременную эвакуацию.

Текстовую часть методики определения расчётного времени эвакуации, представленной в Приложении 2* [4], следует дополнить формулировкой в следующей редакции:

"При определении протяжённости и ширины участков движения людского потока следует учитывать минимальное расстояние до пожарной нагрузки, которое рассчитывается по методике С".

Литература

1. **Федеральный** закон от 27 декабря 2002 г. № 184-ФЗ "О техническом регулировании".
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. **ГОСТ** 12.1.004-91*. Пожарная безопасность. Общие требования.
5. **ГОСТ Р** 12.3.047-98. Пожарная безопасность технологических процессов.
6. **НПБ** 105-03. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
7. **Свод** правил СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
8. **Методика** определения расчётных величин пожарного риска на производственных объектах. Утверждена Приказом МЧС России от 10 июля 2009 г. № 404.
9. **Кошмаров Ю.А.** Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении: Учебное пособие. М.: Академия ГПС МВД России, 2000. 118 с.
10. **Кошмаров Ю.А., Башкирцев М.П.** Термодинамика и теплопередача в пожарном деле. М.: ВИПТШ МВД СССР, 1987.