

**С. П. КАЛМЫКОВ**, канд. техн. наук, преподаватель кафедры пожарной безопасности в строительстве, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4; e-mail: k\_sp@bk.ru)

**В. М. ЕСИН**, д-р техн. наук, профессор, профессор кафедры пожарной безопасности в строительстве, Академия ГПС МЧС России (Россия, 129366, г. Москва, ул. Бориса Галушкина, 4)

УДК 614.841

## ВРЕМЯ ОБНАРУЖЕНИЯ ОЧАГА ПОЖАРА

Проведена оценка времени обнаружения пожара как промежутка времени от начала пожара до его обнаружения средствами пожарной автоматики (до достижения пороговых значений для пожарных извещателей) на основе современных программных комплексов, используемых для моделирования динамики пожара. Проанализированы сценарии развития пожара в зданиях различного назначения. Представлены результаты моделирования динамики оптической плотности дыма. Установлено, что темп развития пожара является определяющим фактором, влияющим как на время обнаружения пожара, так и на необходимое время эвакуации в целом. Показано, что неучет времени обнаружения пожара как производной от темпа развития пожара на основе расчетных методов может привести как к увеличению необходимого времени эвакуации, так и к уменьшению времени начала эвакуации, что в свою очередь влечет за собой недостоверность полученных результатов.

**Ключевые слова:** время обнаружения пожара; темп развития пожара; время начала эвакуации; время эвакуации; необходимое время эвакуации; вероятность эвакуации; пожарный риск; оптическая плотность дыма; противопожарная защита.

**DOI:** 10.18322/PVB.2017.26.11.52-63

### Введение

Согласно ст. 6 Федерального закона № 123 “Технический регламент о требованиях пожарной безопасности” (далее — ФЗ № 123) [1] пожарная безопасность объекта защиты считается обеспеченной при выполнении одного из следующих условий:

1) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом “О техническом регулировании”, и пожарный риск не превышает допустимых значений, установленных настоящим Федеральным законом;

2) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с Федеральным законом “О техническом регулировании” и нормативными документами по пожарной безопасности.

При обеспечении пожарной безопасности объекта защиты по первому условию требуется расчет пожарного риска, причем его величина не должна превышать допустимых значений, а именно  $10^{-6}$ .

Одной из составляющих индивидуального пожарного риска согласно Методике определения расчетных величин пожарного риска, утвержденной приказом МЧС России № 382 (далее — Методика) [2],

является вероятность эвакуации людей из зданий  $P_{\text{э},i}$ , определяемая по формуле

$$P_{\text{э},i} = \begin{cases} 0,999 \frac{0,8t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нз}}}, & \text{если } t_p < 0,8t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нз}} \\ & \text{и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин}; \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нз}} \leq 0,8t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин}; \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин}, \end{cases} \quad (1)$$

где  $t_{\text{бл}}$  — время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них опасных факторов пожара (ОФП), имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;

$t_p$  — расчетное время эвакуации людей, мин;

$t_{\text{нз}}$  — время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;

$t_{\text{ск}}$  — время существования скоплений людей на участках пути, мин (плотность людского потока на путях эвакуации превышает  $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ).

Вероятность  $P_{\text{э},i}$  принимается равной 0,999 при соблюдении двух условий:

- во-первых, время существования скоплений людей на участках пути не должно превышать 6 мин;
- во-вторых, сумма времени начала эвакуации и расчетного времени эвакуации людей не должна

превышать время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей в результате распространения на них ОФП с учетом коэффициентом запаса 0,8.

Согласно ст. 53 ФЗ № 123 [1] каждое здание или сооружение должно иметь объемно-планировочное решение и конструктивное исполнение эвакуационных путей, обеспечивающие безопасную эвакуацию людей при пожаре.

Безопасная эвакуация людей из зданий и сооружений при пожаре считается обеспеченной, если интервал времени от момента обнаружения пожара до завершения процесса эвакуации людей в безопасную зону не превышает необходимого времени эвакуации людей при пожаре.

В свою очередь, необходимое время эвакуации — время с момента возникновения пожара, в течение которого люди должны эвакуироваться в безопасную зону без причинения вреда их жизни и здоровью в результате воздействия опасных факторов пожара.

Два вышеописанных положения, а именно определение вероятности эвакуации при расчете пожарного риска (ст. 6 [1]) и безопасной эвакуации людей (ст. 53 [1]), имеют общий подход, в основу которого положено условие своевременности эвакуации. Однако в первом подходе необходимое время эвакуации сравнивается с временем эвакуации людей, которые оповещаются о пожаре спустя некоторое время от возникновения пожара до его обнаружения, а во втором — принимается вариант, при котором пожар уже обнаружен.

Предположим, что время от начала пожара до его обнаружения составляет 3 мин, время от обнаружения пожара до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара — 3 мин, сумма времени начала эвакуации и расчетного времени эвакуации людей — 5 мин.

Из данного предположения следует, что в соответствии с положениями Методики [2] вероятность эвакуации людей составит 0,999, т. е. все люди эвакуируются из здания, а согласно ст. 53 ФЗ № 123 [1] безопасная эвакуация людей из здания не обеспечивается.

Это правовой парадокс, который может быть следствием неучета в полной мере именно времени обнаружения пожара.

### Время начала эвакуации

Зачастую время обнаружения пожара расценивают как составляющую времени начала эвакуации, поэтому хотелось бы более подробно рассмотреть этот параметр.

Под временем начала эвакуации  $t_{нэ}$  понимается интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей [2]. Как утверждается в ра-

боте [3], это время может занимать до 90 % времени эвакуации. Однако в различных литературных источниках эта величина определяется по-разному, и перечень влияющих на нее факторов сильно различается.

Согласно Методике [2] время начала эвакуации для помещения очага пожара определяется в зависимости от площади помещения, а для остальных помещений — по табличным значениям в зависимости от наличия или отсутствия на объекте систем оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре (СОУЭ) и их типа.

В методике, утвержденной приказом МЧС России № 404 [4], и в ГОСТ 12.1.004—91\* указывается, что время от начала пожара до начала эвакуации людей для зданий без систем оповещения определяется по результатам исследования поведения людей при пожарах в зданиях конкретного назначения.

При наличии в здании системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре время начала эвакуации принимается равным времени срабатывания системы с учетом ее инерционности. При отсутствии необходимых исходных данных время начала эвакуации в зданиях без СОУЭ допускается принимать: для этажа пожара — 0,5 мин, для вышележащих этажей — 2 мин [4].

Если местом возникновения пожара выступает зальное помещение, где пожар может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в нем людьми, то время начала эвакуации допускается принимать равным нулю [4].

По мнению ряда авторов, величина времени начала эвакуации представляет собой совокупность “технической” и “психофизической” составляющих. Так, например, в статье [5] время начала эвакуации  $t_{нэ}$  описывается формулой

$$t_{нэ} = (t_{об} + t_{оп}) + t_o + t_{под}, \quad (2)$$

где  $t_{об}$  — время обнаружения очага горения, мин;

$t_{оп}$  — время оповещения, объявления тревоги, мин;

$t_o$  — интервал времени, необходимый человеку для осознания информации и оценки сложившейся ситуации, мин;

$t_{под}$  — время на подготовку к эвакуации или к защите помещения от воздействия ОФП, мин.

В статье [5] ( $t_{об} + t_{оп}$ ) рассматривается как техническая составляющая формирования времени начала эвакуации, зависящая от наличия СОУЭ, надежности, инерционности и эффективности функционирования ее различных типов.

В более ранних источниках, например в [6], время начала эвакуации  $t_{нэ}$  определялось только техническими параметрами систем пожарной автоматики и

СОУЭ без учета психофизических особенностей поведения людей при получении сигнала о пожаре:

$$t_{\text{нэ}} = t_{\text{об}} + t_{\text{ин.ПС}} + t_{\text{ин.СОУЭ}}, \quad (3)$$

где  $t_{\text{об}}$  — время обнаружения пожара пожарным извещателем;

$t_{\text{ин.ПС}}$  — инерционность автоматической установки (системы) пожарной сигнализации;

$t_{\text{ин.СОУЭ}}$  — инерционность СОУЭ.

Хотелось бы отметить, что все действия людей, основанные на их психофизиологических особенностях, связанных с восприятием сигнала о пожаре, принятием решения о начале эвакуации, а также с подготовкой к эвакуации, возникают только после получения сигнала о пожаре от средств пожарной автоматики или свидетелей события.

Вполне вероятен сценарий пожара, при котором в помещении очага пожара люди могут отсутствовать и обнаружение пожара будет зависеть только от средств автоматики (например пожар в жилом

многоквартирном доме, жители одной из квартир которого отсутствуют в связи с нахождением в отпуске).

С учетом вышесказанного можно представить условие, при котором вероятность эвакуации [2] при расчете пожарного риска согласно ст. 6 [1] составляет 0,999:

$$t_{\text{об}} + t_{\text{ин}} + t_{\text{оп}} + t_0 + t_{\text{под}} + t_p \leq 0,8t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин}, \quad (4)$$

а также условие безопасной эвакуации людей в соответствии со ст. 53 [1]:

$$t_{\text{ин}} + t_{\text{оп}} + t_0 + t_{\text{под}} + t_p \leq 0,8t_{\text{бл}}, \quad (5)$$

где  $t_{\text{ин}}$  — время инерционности автоматической пожарной сигнализации и СОУЭ, мин.

Из сравнения этих условий видно, что они отличаются на величину времени обнаружения пожара  $t_{\text{об}}$ . Этот промежуток времени в первом условии (формула (4)) не учтен в явном виде, так как время начала эвакуации согласно Методике [2] зависит только от площади помещения либо от назначения

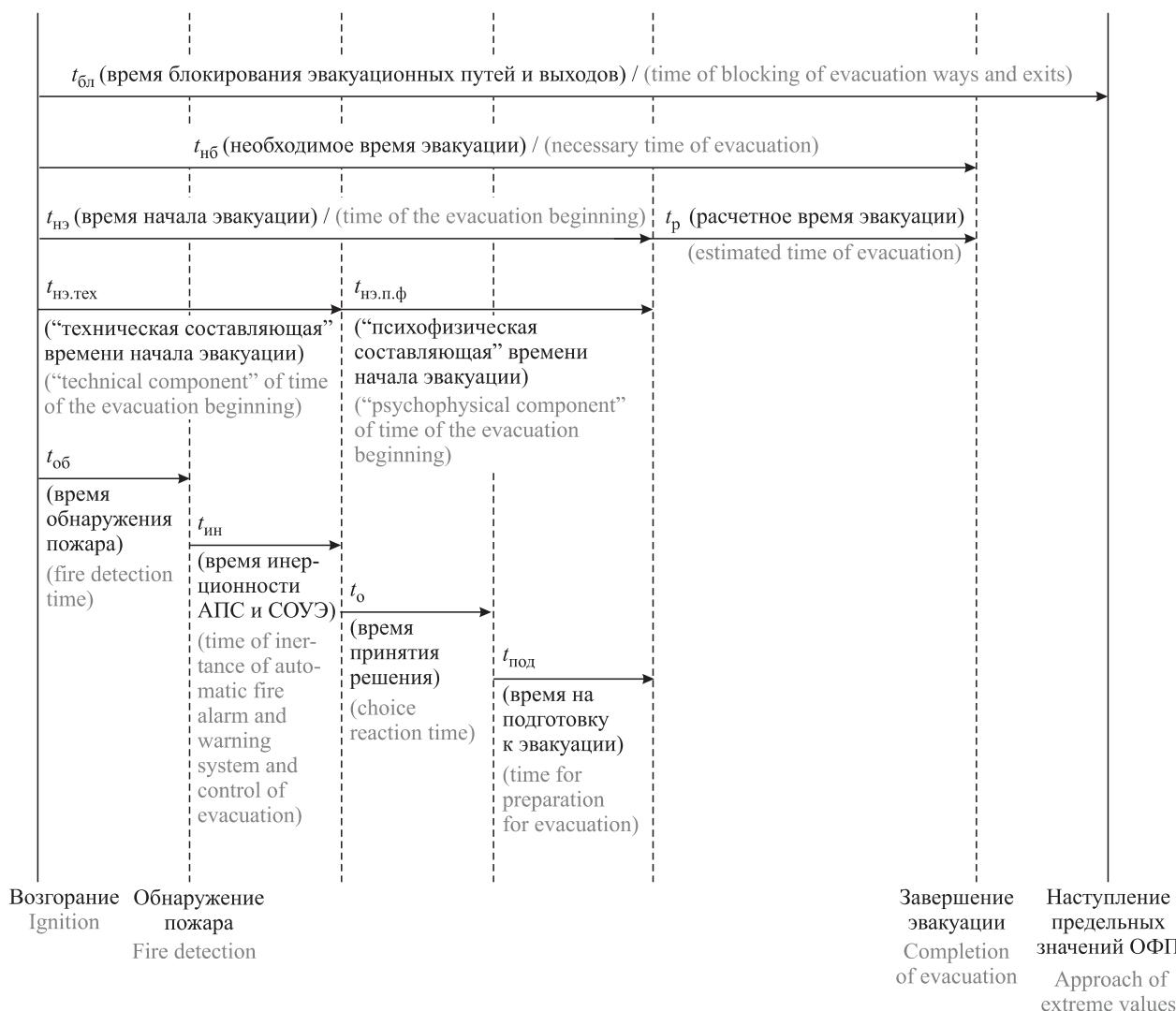


Рис. 1. Распределение временных событий при пожаре  
Fig. 1. Distribution of temporary events at the fire

здания и наличия или отсутствия СОУЭ, а во втором условии (формула (5)) он отсутствует полностью.

Все это может привести к занижению времени начала эвакуации в обоих случаях и, соответственно, к недостоверным результатам при определении всего времени эвакуации людей.

Если исходить из того, что фактическое время обнаружения пожара на конкретном объекте, например, принимается равным 1 мин по паспортным данным и в реальной ситуации будет соответствовать этому значению, а по расчету это время составит 5 мин, то соотношение фактической и расчетной величин свидетельствует о том, что при реальном пожаре люди начнут эвакуироваться раньше, чем при моделируемом сценарии.

В то же время это свидетельствует и о том, что фактическое необходимое время эвакуации также изменится в меньшую сторону и будет определяться динамикой нарастания опасных факторов пожара.

В общем виде картину временных событий при пожаре можно представить в виде схемы, показанной на рис. 1.

#### Необходимое и расчетное время обнаружения пожара

В ст. 54 ФЗ № 123 [1] говорится, что системы обнаружения пожара (установки и системы пожарной сигнализации), оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре должны обеспечивать автоматическое обнаружение пожара за время, необходимое для включения систем оповещения о пожаре в целях организации безопасной (с учетом допустимого пожарного риска) эвакуации людей в условиях конкретного объекта.

Аналогичное требование содержится в СП [7], в соответствии с которым суммарное значение времени обнаружения пожара пожарными извещателями и расчетного времени эвакуации людей не должно превышать времени наступления предельно допустимых значений ОФП.

В рекомендациях ВНИИПО [8] прописана формула для определения необходимого времени обнаружения пожара  $\tau_{об}^h$  в защищаемом помещении:

$$\tau_{об}^h = K_6 (\tau_{нб} - \tau_c - \tau_3 - \tau_p), \quad (6)$$

где  $K_6$  — коэффициент безопасности;

$\tau_{нб}$  — необходимое время эвакуации людей, с;  $\tau_c$  — интервал времени от момента обнаружения пожара до сообщения о пожаре, с;

$\tau_3$  — интервал времени от момента получения сообщения о пожаре до начала эвакуации людей, с;

$\tau_p$  — расчетное время эвакуации людей из защищаемого помещения, с.

Все вышеуказанные требования касаются необходимого времени обнаружения пожара. В РНД

73-45-89 [6] приведен порядок определения фактического времени обнаружения пожара.

Однако на практике вывод о безопасной эвакуации людей из здания согласно ст. 53 [1] или вероятности эвакуации людей из здания [2] определяется исходя из расчетных методов, в которых, как уже отмечалось выше, время обнаружения пожара не учитывается в явном виде.

#### Скорость тепловыделения при пожаре

В зарубежных источниках, например в [9, 10], при оценке динамики опасных факторов пожара принимается нестационарная картина, а именно развитие пожара включает в себя несколько стадий (рис. 2):

- возгорание;
- стадию, предшествующую вспышке;
- вспышку;
- полностью развившийся пожар;
- затухание.

Причем в фазе развития пожара выделяются следующие этапы (рис. 3):

- возгорание;
- инкубационный период;
- стадия эффективного (постоянного) роста;
- вспышка.

Чаще всего при оценке пожарной опасности объекта используют сценарий пожара с изменением тепловыделения по квадратичному закону от времени, так называемый *t*-квадратичный пожар. При пожарах подобного типа выделяют несколько их видов в зависимости от скорости тепловыделения [10] (рис. 4, табл. 1).

Скорость тепловыделения при *t*-квадратичном пожаре описывается зависимостью

$$q = \alpha t^2, \quad (7)$$

где  $\alpha$  — коэффициент, учитывающий скорость тепловыделения, кВт/с<sup>2</sup>;

$t$  — время, с.

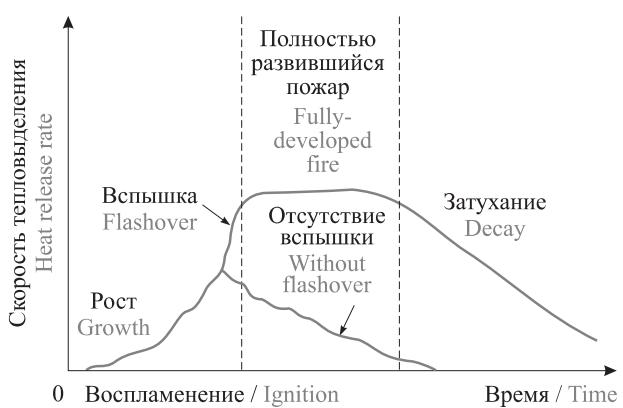
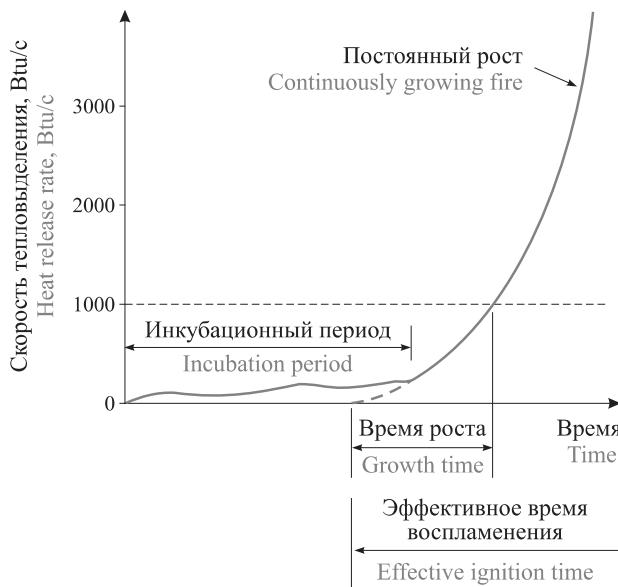


Рис. 2. Изменение мощности тепловыделения при неконтролируемом пожаре в помещении [9]

Fig. 2. Change of power of thermal emission at the uncontrollable fire indoors [9]



**Рис. 3.** Изменение мощности тепловыделения в начальной стадии пожара: 1 Btu/c = 1055 Дж/с [12]

**Fig. 3.** Change of power of thermal emission in an initial stage of the fire: 1 Btu/s = 1055 J/s [12]

В вышеуказанных документах регламентируется время развития пожара в помещениях различного назначения и при горении разных материалов в отдельности. Это время учитывается при моделировании динамики пожаров.

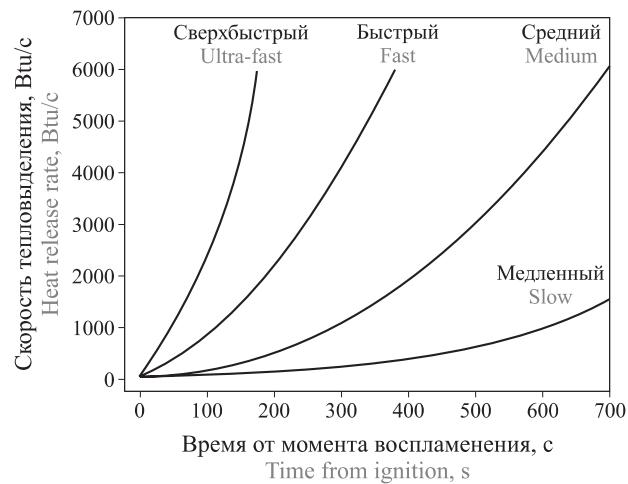
В нашей стране также имеется подобная градация пожаров по темпу их развития. Тепловую мощность очага пожара определяют по аналогичной формуле с изменением тепловыделения по квадратичному закону от времени [8]:

$$Q = K_t \tau^2, \quad (8)$$

где  $K_t$  — коэффициент, характеризующий темп изменения тепловой мощности очага пожара,  $\text{kBt}/\text{c}^2$ ;

$\tau$  — время, прошедшее с момента возникновения пламенного горения, с.

В зависимости от значения коэффициента  $K_t$  различают следующие классы пожаров по темпу их



**Рис. 4.** Изменение скорости тепловыделения при различных видах пожаров

**Fig. 4.** Change of speed of thermal emission at different types of the fires

развития, характеризующемуся темпом изменения тепловой мощности очага пожара [8]:

- медленный темп —  $K_t \leq 0,01 \text{ кВт}/\text{с}^2$ ;
- средний темп —  $0,01 < K_t \leq 0,03 \text{ кВт}/\text{с}^2$ ;
- быстрый темп —  $0,03 < K_t \leq 0,11 \text{ кВт}/\text{с}^2$ ;
- сверхбыстрый темп —  $K_t > 0,11 \text{ кВт}/\text{с}^2$ .

В пособии [14] рассматриваются три вида развития пожара: круговое распространение по твердой горючей нагрузке, линейное распространение по твердой горючей нагрузке и неустановившееся горение горючей жидкости (ГЖ).

Скорость выгорания для этих случаев определяется по формулам [14]:

- для кругового распространения пожара:

$$\Psi = \psi_{уд} \pi v^2 t^2;$$

- для линейного распространения пожара:

$$\Psi = \psi_{уд} 2vtb;$$

- для неустановившегося горения ГЖ:

$$\Psi = \psi_{уд} F \sqrt{t/t_{ср}},$$

**Таблица 1.** Значение константы  $\alpha$  при пожарах с изменением скорости тепловыделения по квадратичному закону от времени

Вид пожара Fire class	NFPA 92B [12]		NFPA 72 [13]	
	$\alpha, \text{kBt}/\text{c}^2$ $\alpha, \text{kW}/\text{s}^2$	$t_g, \text{c}$ $t_g, \text{s}$ *	$\alpha, \text{kBt}/\text{c}^2$ $\alpha, \text{kW}/\text{s}^2$	$t_g, \text{c}$ $t_g, \text{s}$
Медленный / Slow	0,002778	600	$\alpha \leq 0,0066$	$t_g \geq 400$
Средний / Medium	0,01111	300	$0,0066 < \alpha \leq 0,0469$	$150 \leq t_g < 400$
Быстрый / Fast	0,04444	150	$\alpha > 0,0469$	$t_g < 150$
Сверхбыстрый / Ultra-fast	0,1778	75	—	—

\*  $t_g$  — время изменения тепловой мощности очага пожара до 1000 Btu/c.

$t_g$  — time of change of rate of heat release up to 1000 Btu/s.

где  $\psi_{уд}$  — удельная скорость выгорания (для жидкостей установившаяся), кг/(с·м<sup>2</sup>);  
 $v$  — скорость распространения пламени, м/с;  
 $b$  — ширина полосы горючей нагрузки, м;  
 $t_{ст}$  — время стабилизации горения горючей жидкости, с;  
 $F$  — площадь очага пожара, м<sup>2</sup>.

В связи с вышеизложенным целью настоящей работы является оценка времени обнаружения пожара как промежутка от начала пожара до его обнаружения средствами пожарной автоматики (до достижения пороговых значений для пожарных извещателей) на основе современных программных комплексов, используемых для моделирования динамики пожара.

#### Материалы и методы (методология)

Для описания термогазодинамических параметров пожара применяются три основных группы детерминистических моделей — интегральные, зонные (зональные) и полевые [2].

В настоящее время в нашей стране для определения необходимого времени эвакуации все чаще применяются полевые модели пожара [15, 16], в частности программный комплекс FDS [17].

Скорость тепловыделения в программном комплексе FDS описывается следующей формулой:

$$Q = H_f \psi_{уд} S(t) = H_f \psi_{уд} \pi v^2 t^2, \quad (9)$$

где  $H_f$  — низшая теплота сгорания, МДж/кг;

$S(t)$  — площадь горения в текущий момент времени, м<sup>2</sup>.

Кроме квадратичного закона, изменение тепловыделения может быть задано с помощью функции гиперболического тангенса и в “ручном” режиме по экспериментальным зависимостям, приведенным, например, в [18]. Последний из перечисленных вариантов и был использован в настоящей статье.

На рис. 5 [18] представлены экспериментальные данные изменения тепловыделения при пожаре на автостоянке.

Время обнаружения пожара определялось как время достижения пороговых значений контролируемых параметров в точках модели, соответствующих расстановке пожарных извещателей. Инерционность пожарных извещателей и системы пожарной автоматики, работа систем автоматических систем пожаротушения в статье не рассматривались.

Расстановка пожарных извещателей и выбор их типа осуществлялись в соответствии с СП 5.13130.2009 [7]. Моделирование динамики развития пожара проводилось для помещений следующего функционального назначения:

- жилая двухкомнатная квартира;
- офисное помещение;
- бар/ночной клуб;
- магазин ковровых изделий;
- магазин сумок;
- магазин одежды;

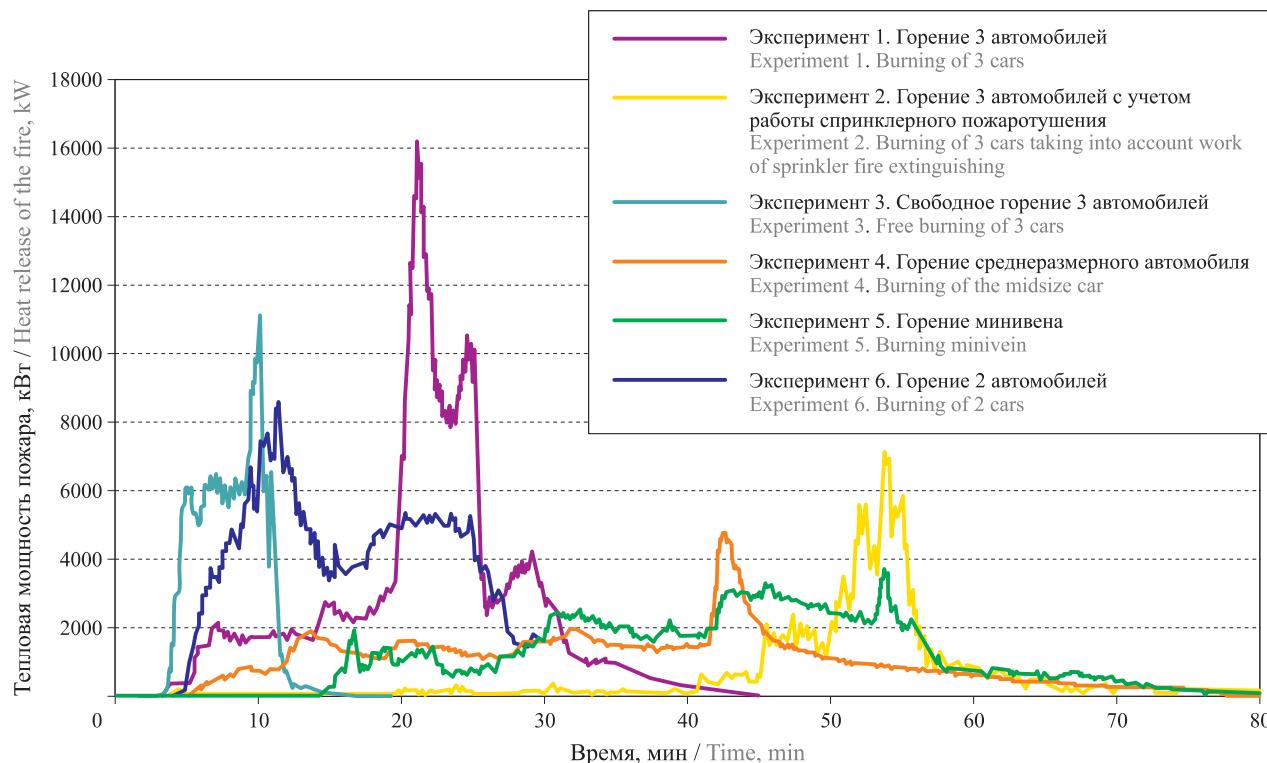


Рис. 5. Экспериментальные данные изменения тепловыделения при пожаре

Fig. 5. Experimental data of change of thermal emission at the fire

**Таблица 2.** Геометрические параметры помещений**Table 2.** Geometrical parameters of rooms

Назначение помещения Room class	Площадь, м <sup>2</sup> Area, m <sup>2</sup>	Высота, м Height, m
Жилая двухкомнатная квартира Two-room apartment	70 (22,3 — помещение очага пожара) 70 (22,3 — room of the fire)	3,0
Офисное Office	625	3,5
Бар/ночной клуб Bar/night club	625	3,5
Магазин ковровых изделий Shop of carpet products	625	3,5
Магазин сумок Shop of bags	625	3,5
Магазин одежды Clothing store	625	3,5
Ресепшен Reception	625	6,0
Автостоянка закрытого типа Car parking of closed type	1255	2,5

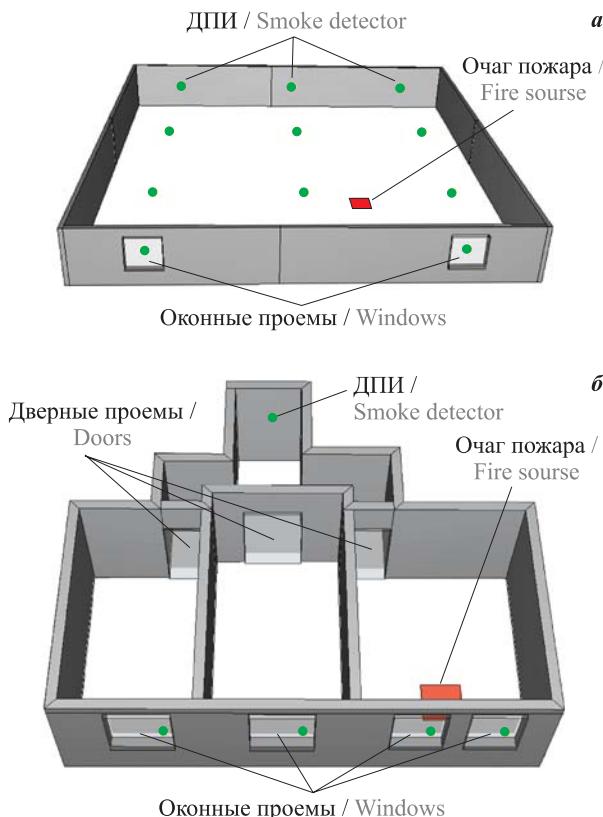
- ресепшен;
- автостоянка закрытого типа.

В жилой двухкомнатной квартире предполагалось размещение очага пожара в жилой комнате, при этом дымовой пожарный извещатель (ДПИ) располагался в прихожей квартиры. Дверные проемы в квартире принимались открытыми. В остальных расчетных сценариях ДПИ размещались непосредственно в помещениях очага пожара. Геометрические параметры помещений указаны в табл. 2.

Во всех моделях помещений очага пожара были предусмотрены оконные проемы, за исключением помещения автостоянки. В начальный момент времени оконные проемы находились в закрытом состоянии. При повышении температуры в помещении происходило вскрытие остекления в соответствии с закономерностями, описанными в [19, 20].

В указанных помещениях предполагалась установка ДПИ типа ИП 212-45 с допустимой чувствительностью 0,20 дБ/м (по ГОСТ Р 53325–2012). Количество ДПИ определялось исходя из расстояния между ними и от них до стен, высота размещения — из высоты помещения и угла наклона перекрытия.

Так как прямое моделирование работы оптико-электронного дымового пожарного извещателя является задачей достаточно сложной, то в качестве аналогии в контрольных точках измерялась динамика оптической плотности дыма.

**Рис. 6.** Схема моделируемого сценария пожара в офисном помещении (а) и в двухкомнатной квартире (б)**Fig. 6.** The scheme of the modelled scenario of the fire in office room (a) and in the two-room apartment (b)

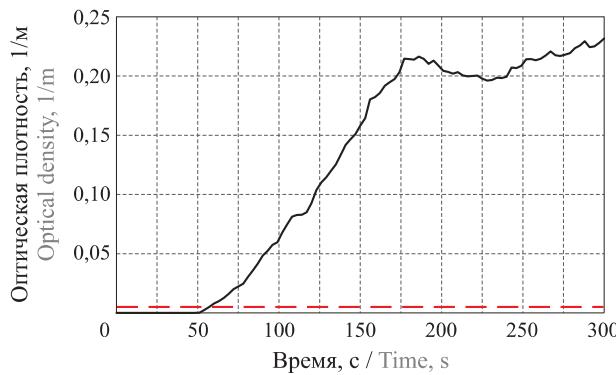
Время обнаружения пожара соответствует времени достижения значения оптической плотности дыма в одной из контрольных точек, равного  $0,0046 \text{ м}^{-1}$  и соответствующего допустимой чувствительности ДПИ (по ГОСТ Р 53325–2012).

Изменение мощности тепловыделения принималось в соответствии с [18], количество и вид пожарной нагрузки — по [11, 14].

На рис. 6 представлены схемы некоторых из моделируемых сценариев пожара, а именно пожара в офисном помещении и двухкомнатной квартире.

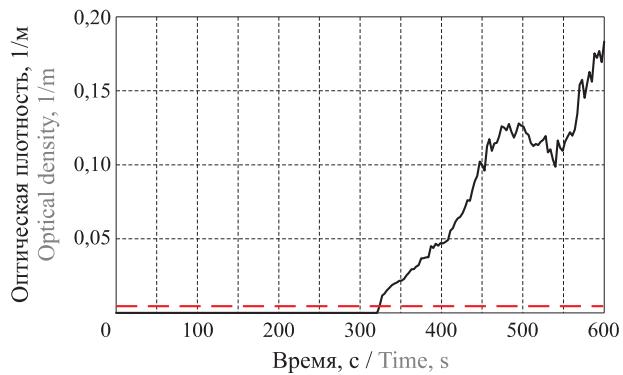
## Результаты и их обсуждение

На рис. 7–14 представлены результаты моделирования динамики пожара в указанных выше помещениях согласно табл. 2, а именно динамики изменения оптической плотности дыма в контрольной точке с координатами, соответствующими расположению дымового пожарного извещателя, в которой время от начала пожара до достижения порогового значения по контролируемому параметру являлось наименьшим среди других точек для каждого из рассматриваемых сценариев. Красной пунктирной линией обозначено пороговое значение оптической плотности дыма, допускаемое для ДПИ (ГОСТ Р 53325–2012).



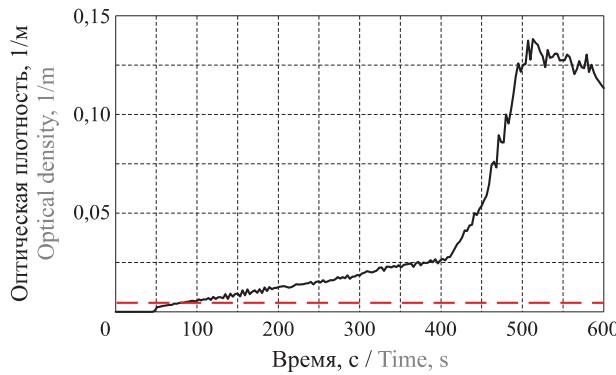
**Рис. 7.** Изменение оптической плотности дыма при пожаре в контрольной точке в жилой двухкомнатной квартире

Fig. 7. Change of optical density of smoke at the fire in a control point in the inhabited two-room apartment



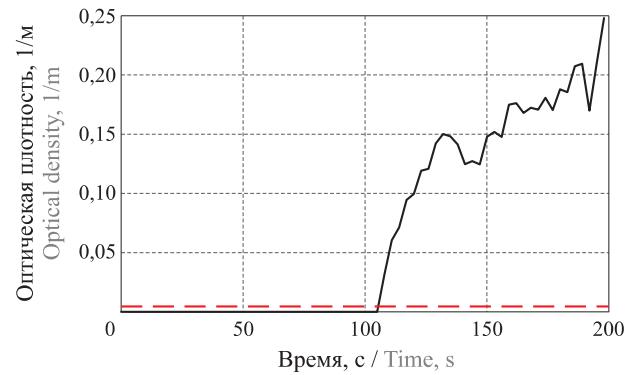
**Рис. 10.** Изменение оптической плотности дыма при пожаре в контрольной точке в помещении магазина ковровых изделий

Fig. 10. Change of optical density of smoke at the fire in a control point in shop of carpet products



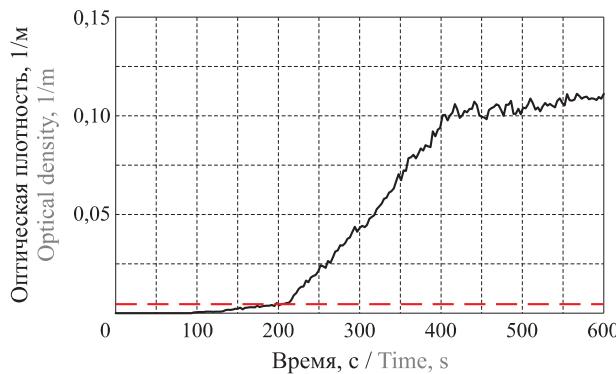
**Рис. 8.** Изменение оптической плотности дыма при пожаре в контрольной точке в офисном помещении

Fig. 8. Change of optical density of smoke at the fire in a control point in office room



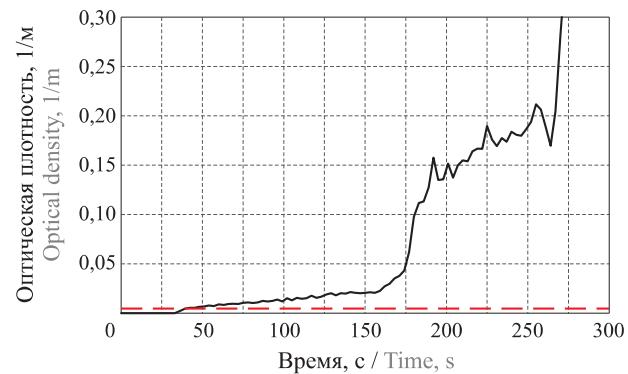
**Рис. 11.** Изменение оптической плотности дыма при пожаре в контрольной точке в помещении магазина сумок

Fig. 11. Change of optical density of smoke at the fire in a control point in shop of bags



**Рис. 9.** Изменение оптической плотности дыма при пожаре в контрольной точке в баре/ночном клубе

Fig. 9. Change of optical density of smoke at the fire in a control point in bar/night club



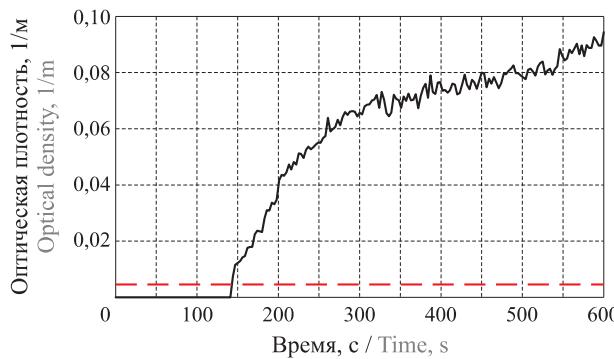
**Рис. 12.** Изменение оптической плотности дыма при пожаре в контрольной точке в помещении магазина одежды

Fig. 12. Change of optical density of smoke at the fire in a control point in clothing store

Обобщенные данные по времени обнаружения пожара приведены в табл. 3.

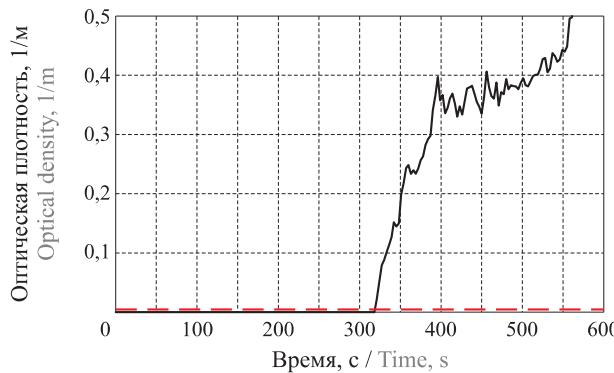
Представленные выше результаты численных экспериментов показывают, что промежуток времени от начала пожара до достижения пороговых значений для пожарных извещателей является весь-

ма значительным. Так, например, для помещения автостоянки закрытого типа этот промежуток составляет 320 с, а для магазина ковровых изделий — 324 с. Большие интервалы времени могут объясняться продолжительным инкубационным периодом пожара (см. рис. 3).



**Рис. 13.** Изменение оптической плотности дыма при пожаре в контрольной точке в помещении ресепшен

**Fig. 13.** Change of optical density of smoke at the fire in a control point indoors a reception



**Рис. 14.** Изменение оптической плотности дыма при пожаре в контрольной точке в помещении автостоянки закрытого типа

**Fig. 14.** Change of optical density of smoke at the fire in a control point in car parking of the closed type

Из сравнения результатов численных экспериментов со значениями времени начала эвакуации для помещений очага пожара, определенными в соответствии с Методикой [2], видно, что в последнем случае значения времени существенно меньше (см. табл. 2).

### Выводы

Темп развития пожара является определяющим фактором, влияющим как на время обнаружения пожара, так и на необходимое время эвакуации в целом.

Неучет времени обнаружения пожара как производной от темпа развития пожара на основе расчетных методов может привести как к увеличению

**Таблица 3.** Время обнаружения пожара в моделируемых сценариях

**Table 3.** Time of detection of the fire in the modelled scenarios

Назначение помещения Room class	Время от начала пожара до достижения пороговых значений для ДПИ, с Time from the beginning of the fire before achievement of threshold values for the smoke fire detector, s	Время начала эвакуации для помещения очага по- жара, с [2] Time of the beginning of evacuation for the room of the seat of fire, s [2]
Жилая двухкомнатная квартира Two-room apartment	57	11,25
Офисное помещение Office room	81	11,25
Бар/ночной клуб Bar/night club	197	11,25
Магазин ковровых изделий Shop of carpet products	324	11,25
Магазин сумок Shop of bags	106	11,25
Магазин одежды Clothing store	40	11,25
Ресепшен Reception	143	11,25
Автостоянка закрытого типа Car parking of closed type	320	17,55

необходимого времени эвакуации, так и к уменьшению времени начала эвакуации, что в свою очередь влечет за собой недостоверность полученных результатов.

Из-за отсутствия четких требований ко времени обнаружения пожара и к темпу развития пожара специалисты, выполняющие расчеты пожарного риска, могут пользоваться данным пробелом для искусственной вариации искомых величин.

По мнению авторов, при определении вероятности эвакуации в соответствии с Методикой [2] целесообразно учитывать темп развития пожара для оценки времени обнаружения пожара как составляющей времени начала эвакуации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федер. закон РФ от 22.07.2008 № 123-ФЗ (с изм. на 29.07.2017). URL: <http://base.garant.ru/12161584/> (дата обращения: 23.06.2017).
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности : приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 (с изм. на 02.12.2015). URL: <http://docs.cntd.ru/document/902167776> (дата обращения: 20.06.2017).

3. Самошин Д. А. Законы распределения случайной величины времени начала эвакуации людей при пожарах // Технологии техносферной безопасности. — 2016. — № 2(66). — С. 104–113. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_28795425\\_19527566.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_28795425_19527566.pdf)(дата обращения: 23.06.2017).
4. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 (ред. от 14.12.2010). URL: <http://base.garant.ru/196118/>(дата обращения: 23.06.2017).
5. Самошин Д. А., Холщевников В. В. Проблемы нормирования времени начала эвакуации // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2016. — Т. 25, № 5. — С. 37–51. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.05.37-51.
6. РНД 73-45-89. Временное руководство по проектированию систем оповещения о пожаре и управления эвакуацией людей при пожаре объектов народного хозяйства. — М. : ГПКИ Спецавтоматика, 1989.
7. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования (с изм. 1). URL: <http://docs.cntd.ru/document/1200071148> (дата обращения: 23.06.2017).
8. Средства пожарной автоматики. Область применения. Выбор типа : рекомендации. — М. : ВНИИПО, 2004. — 96 с.
9. Klote J. H., Milke J. A. Principles of smoke management. — Atlanta : American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2002. — 377 p.
10. PD 7974-1:2003. Application of fire safety engineering principles to the design of buildings — Part 1: Initiation and development of fire within the enclosure of origin (Sub-system 1). — London, UK : British Standards Institution, 2004. — 76 p.
11. Кошмаров Ю. А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении : учебное пособие. — М. : АГПС МВД РФ, 2000. — 118 с.
12. NFPA 92B. Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces, 2009 Edition. — Quincy, MA : NFPA, 2008. — 59 p.
13. NFPA 72. National Fire Alarm and Signaling Code. 2016 Edition. — Quincy, MA : NFPA, 2015. — 377 p.
14. Абашкин А. А., Карпов А. В., Ушаков Д. В., Фомин М. В., Гилетич А. Н., Комков П. М., Самошин Д. А. Пособие по применению “Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности”. — 2-е изд., испр. и доп. — М. : ВНИИПО, 2014. — 226 с.
15. Ройтман В. М., Серков Б. Б., Приступюк Д. Н. Направления развития теории огнестойкости конструкций, зданий и сооружений с учетом комбинированных особых воздействий с участием пожара // Горение и проблемы тушения пожаров : материалы XXIX Международной научно-практической конференции, посвященной 80-летию ФГБУ ВНИИПО МЧС России. — М. : ВНИИПО, 2017.
16. Кирюханцев Е. Е., Иванов В. Н. Проблемы пожарной безопасности высотных зданий и пути их решения // Технологии техносферной безопасности. — 2013. — № 4(50). — 5 с. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_21482429\\_39017312.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_21482429_39017312.pdf)(дата обращения: 20.06.2017).
17. McGrattan K., Hostikka S., Floyd J., Baum H., Rehm R. Fire dynamics simulator (version 5). Technical reference guide : NIST Special Publication 1018—5. — Washington : National Institute of Standards and Technology, 2007. — 86 p. DOI: 10.6028/nist.sp.1018-5.
18. Mayfield C., Hopkin D. Design fires for use in fire safety engineering (FB 29:2011). — Bracknell : IHS BRE Press, 2011. — 82 p.
19. Казиев М. М., Зубкова Е. В., Безбородов В. И. Особенности огнезащиты светопрозрачных конструкций при помощи водяного орошения // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2016. — Т. 25, № 8. — С. 27–33. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.27-33.
20. Казиев М. М., Подгрушиный А. В., Дудунов А. В. Разрушение светопрозрачных строительных конструкций при тепловом воздействии в условиях пожара // Пожары и чрезвычайные ситуации: предотвращение, ликвидация. — 2009. — № 2. — С. 5–10. URL: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_16343994\\_19697854.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_16343994_19697854.pdf)(дата обращения: 20.06.2017).

Материал поступил в редакцию 5 августа 2017 г.

**Для цитирования:** Калмыков С. П., Есин В. М. Время обнаружения очага пожара // Пожаровзрывобезопасность / Fire and Explosion Safety. — 2017. — Т. 26, № 11. — С. 52–63. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.11.52-63.

## FIRE DETECTION TIME

**KALMYKOV S. P.**, Candidate of Technical Sciences, Lecturer of Fire Safety in Construction Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation; e-mail: k\_sp@bk.ru)

**ESIN V. M.**, Doctor of Technical Sciences, Professor, Professor of Fire Safety in Construction Department, State Fire Academy of Emercom of Russia (Borisa Galushkina St., 4, Moscow, 129366, Russian Federation)

### ABSTRACT

According to the normative documents and normative legal acts on fire safety existing in Russian Federations, each building or a construction has to have the space-planning solution and design of evacuation ways providing safe evacuation of people at the fire.

Safe evacuation of people from buildings and constructions at the fire is considered provided if time interval from the moment of detection of the fire before completion of process of evacuation of people in a safe zone doesn't exceed necessary time of evacuation of people at the fire.

People begin to be evacuated from the building at the fire later some period which is called time of the beginning of evacuation. This size represents set of "technical" and "psychophysical" components. One of "technical" parts is fire detection time.

Conclusion about safe evacuation of people from the building or the value of probability of evacuation of people is defined proceeding from calculation methods in which time of detection of the fire isn't considered in an explicit form.

The purpose of the offered work is fire detection time assessment as period from the beginning of the fire before his detection by means of fire alarm equipment (before achievement of threshold values for fire detectors), on the basis of the modern program complexes used for modeling of dynamics of the fire.

It is established that the growth rate of development of the fire is the defining factor influencing both for the period of fire detection and for necessary time of evacuation in general. Not accounting of time of detection of the fire as derivative of growth rate of development of the fire, on the basis of calculation methods, can lead as to increase in necessary time of evacuation, and reduction of time of the beginning of evacuation that in turn involves unauthenticity of the received results.

**Keywords:** fire detection time; fire growth rate; evacuation start time; evacuation time; necessary evacuation time; probability of evacuation; fire risk; optical smoke density; fire safety.

### REFERENCES

1. *Technical regulations for fire safety requirements*. Federal Law of Russian Federation on 22.07.2008 No. 123 (ed. 29.07.2017) (in Russian). Available at: <http://base.garant.ru/12161584/> (Accessed 23 June 2017).
2. *Technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger*. Order of Emercom of Russia on 30.06.2009 No. 382 (ed. 02.12.2015) (in Russian). Available at: <http://docs.cntd.ru/document/902167776> (Accessed 20 June 2017).
3. Samoshin D. A. The laws of distribution of random variable of people pre-movement time during fire evacuation. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2016, no. 2(66), pp. 104–113 (in Russian). Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_28795425\\_19527566.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_28795425_19527566.pdf) (Accessed 23 June 2017).
4. *About the statement of a technique of determination of settlement sizes of fire risk on production objects*. Order of Emercom of Russia on 10.07.2009 No. 404 (ed. on 14.12.2010) (in Russian). Available at: <http://base.garant.ru/196118/> (Accessed 23 June 2017).
5. Samoshin D. A., Kholshchevnikov V. V. Problems of regulation of time to start evacuation. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 5, pp. 37–51 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2016.25.05.37-51.

6. RND 73-45-89. *The temporary guide to design of warning systems about the fire and managements of evacuation of people at the fire of objects of the national economy*. Moscow, GPKI Spetsavtomatika Publ., 1989 (in Russian).
7. Set of rules 5.13130.2009. *Systems of fire protection. Automatic fire-extinguishing and alarm systems. Designing and regulations rules* (in Russian). Available at: <http://docs.ctnd.ru/document/1200071148> (Accessed 23 June 2017).
8. *Means of fire automatic equipment. Scope. Choice of type. Recommendations*. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2004. 96 p. (in Russian).
9. Klote J. H., Milke J. A. *Principles of smoke management*. Atlanta, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers, Inc., 2002. 377 p.
10. PD 7974-1:2003. *Application of fire safety engineering principles to the design of buildings — Part 1: Initiation and development of fire within the enclosure of origin (Sub-system 1)*. London, UK, British Standards Institution, 2004. 76 p.
11. Koshmarov Yu. A. *Prognozirovaniye opasnykh faktorov pozhara v pomeshchenii. Uchebnoye posobiye* [Forecasting of fire hazards in the case of indoor fire. Schoolbook]. Moscow, State Fire Academy of Ministry of Interior of Russia Publ., 2000. 118 p. (in Russian).
12. NFPA 92B. *Standard for Smoke Management Systems in Malls, Atria, and Large Spaces*. 2009 Edition. Quincy, MA, NFPA, 2008. 59 p.
13. NFPA 72. *National Fire Alarm and Signaling Code*. 2016 Edition. Quincy, MA, NFPA, 2015. 377 p.
14. Abashkin A. A., Karpov A. V., Ushakov D. V., Fomin M. V., Giletich A. N., Komkov P. M., Samoshin D. A. *Posobiye po primeneniyu "Metodiki opredeleniya raschetnykh velichin pozharnogo riska v zdaniyakh, sooruzheniyakh i stroeniyakh razlichnykh klassov funktsionalnoy pozharnoy opasnosti"* [Handbook on application of "A technique of determination of settlement sizes of fire risk in buildings, constructions and structures of various classes of functional fire danger"]. 2<sup>nd</sup> ed. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2014, 226 p. (in Russian).
15. Roytman V. M., Serkov B. B., Pristupuk D. N. Directions of development of the theory of fire resistance designs, buildings and constructions taking into account the combined special influences with fire participation. In: *Goreniye i problemy tusheniya pozharov. Materialy XXIX Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii* [Burning and problems of suppression of the fires. Proceedings of XXIX International Scientific-and-Practical Conference]. Moscow, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Emercom of Russia Publ., 2017 (in Russian).
16. Kirukhancev E. E., Ivanov V. N. The problems of high-rise buildings fire safety and the ways of their solving. *Tekhnologii tekhnosfernoy bezopasnosti / Technology of Technosphere Safety*, 2013, no. 4(50). 5 p. (in Russian). Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_21482429\\_39017312.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_21482429_39017312.pdf) (Accessed 20 June 2017).
17. McGrattan K., Hostikka S., Floyd J., Baum H., Rehm R. *Fire dynamics simulator (version 5). Technical reference guide. NIST Special Publication 1018-5*. Washington, National Institute of Standards and Technology, 2007. 86 p. DOI: 10.6028/nist.sp.1018-5.
18. Mayfield C., Hopkin D. *Design fires for use in fire safety engineering* (FB 29:2011). Bracknell, IHS BRE Press, 2011. 82 p.
19. Kaziev M. M., Zubkova E. V., Bezborodov V. I. Features of the fire protection transparent constructions with water irrigation. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2016, vol. 25, no. 8, pp. 27–33 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.27-33.
20. Kaziev M. M., Podgrushnyj A. M., Dudunov A. V. A pane of glass destruction under thermal influence in the conditions of a fire]. *Pozhary i chrezvychaynyye situatsii: predotvratcheniye, likvidatsiya / Fire and Emergencies: Prevention, Elimination*, 2009, no. 2, pp. 5–10 (in Russian). Available at: [https://elibrary.ru/download/elibrary\\_16343994\\_19697854.pdf](https://elibrary.ru/download/elibrary_16343994_19697854.pdf) (Accessed 20 June 2017).

**For citation:** Kalmykov S. P., Esin V. M. Fire detection time. *Pozharovzryvobezopasnost / Fire and Explosion Safety*, 2017, vol. 26, no. 11, pp. 52–63 (in Russian). DOI: 10.18322/PVB.2017.26.11.52-63.