

### Совершенствование методики расчета пожарного риска на объектах с массовым пребыванием людей

Анатолий Петрович Савельев<sup>1</sup>, Михаил Николаевич Чугунов<sup>1</sup>, Сергей Викторович Глотов<sup>1</sup>,  
Светлана Анатольевна Еналеева<sup>1</sup>, Ирина Александровна Никифорова<sup>1</sup>, Роман Владимирович Шкрабак<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Национальный исследовательский Мордовский государственный университет им. Н.П. Огарёва», г. Саранск, Россия

<sup>2</sup>Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет», г. Санкт-Петербург – Пушкин, Россия

e-mail: shkrabakrv@mail.ru

**Аннотация.** Целью настоящей статьи является изучение существующей методики расчетов пожарного риска и выявление факторов, которые методика не учитывает, но их влияние на величину пожарного риска является существенным. Установлено, что таким фактором является паника людей, как результат реакции на внешнее воздействие. Статья содержит результаты исследования о влиянии фактора паники на эвакуацию людей при возникновении пожара. Объектом исследования являлся находящийся в одном из районных центров Республики Мордовия Центр детского творчества. Установлено, что паническая реакция зависит от половозрастных параметров людей. Сравнительный анализ результатов расчетов времени эвакуации без учета и с учетом фактора паники показывает, что пренебрегать этим фактором недопустимо. Результаты проведенных исследований дают основания для внесения изменений в методику расчетов пожарного риска с целью учета фактора паники при начале эвакуации.

**Ключевые слова:** пожарная безопасность; объект с массовым пребыванием людей; безопасная эвакуация; система оповещения и управления эвакуацией при пожаре; время начала эвакуации; вероятность эвакуации; паника; индивидуальный пожарный риск.

**Для цитирования:** Савельев А. П., Чугунов М. Н., Глотов С. В., Еналеева С. А., Никифорова И. А., Шкрабак Р. В. Совершенствование методики расчета пожарного риска на объектах с массовым пребыванием людей // Аграрный научный журнал. 2022. № 4. С. 95–99. <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp95-99>.

#### AGRICULTURAL ENGINEERING

Original article

### Improving the methodology for calculating fire risk at facilities with a mass stay of people

Anatoly P. Savelyev<sup>1</sup>, Mikhail N. Chugunov<sup>1</sup>, Sergey V. Glotov, Svetlana A. Enaleeva,<sup>1</sup> Irina A. Nikiforova<sup>1</sup>, Roman V. Shkrabak<sup>2</sup>

<sup>1</sup>National Research Mordovia State University named after N.P. Ogarev, Saransk, Russia

<sup>2</sup>St. Petersburg State Agrarian University, St. Petersburg – Pushkin, Russia

e-mail: shkrabakrv@mail.ru

**Abstract.** The purpose of this article is to study the existing methodology for calculating fire risk and identify factors that the methodology does not take into account, but their impact on the magnitude of fire risk is significant. It has been established that such a factor is the panic of people as a result of a reaction to external influences. The article contains the results of a study on the influence of the panic factor on the evacuation of people in the event of a fire. The object of the study was the Children's Creativity Center located in one of the district centers of the Republic of Mordovia. It is established that the panic reaction depends on the gender and age parameters of people. A comparative analysis of the results of calculations of the evacuation time without taking into account and taking into account the panic factor shows that it is unacceptable to neglect this factor. The results of the conducted studies provide grounds for making changes to the methodology of fire risk calculations in order to take into account the panic factor at the beginning of evacuation.

**Keywords:** fire safety; object with mass stay of people; safe evacuation; fire alarm and evacuation management system; evacuation start time; evacuation probability; panic; individual fire risk.

**For citation:** Savelyev A. P., Chugunov M. N., Glotov S. V., Enaleeva S. A., Nikiforova I. A., Shkrabak R. V. Improving the methodology for calculating fire risk at facilities with a mass stay of people. Agrarnyy nauchnyy zhurnal = Agrarian Scientific Journal. 2022;(4): 95–99. (In Russ.). <http://dx.doi.org/10.28983/asj.y2022i12pp95-99>.

**Введение.** Происходящая в последние годы в Российской Федерации модернизация сельскохозяйственного комплекса, выраженная не только в увеличении объектов производства и переработки продукции, но и в применении современных технологий, требует изменения отношения к производственным ресурсам и, в первую очередь, к людским. Квалифицированный специалист нуждается в комфортной среде не только на своем рабочем месте, но и в быту: в качественном жилье, в развитой сфере услуги досуга. В этой связи в сельской местности появляются объекты инфраструктуры для удовлетворения широких потребностей людей: многофункциональные центры, объекты куль-





туры, школы, детские сады и т.д. Одной из приоритетных задач при этом является обеспечение пожарной безопасности.

В последнее время в этой сфере активно применяется так называемый рискориентированный подход, то есть основанный на проведении расчетов пожарного риска. В связи с чем предъявляются повышенные требования к методике расчетов индивидуального пожарного риска. Особенно это важно на объектах с массовым пребыванием людей, так как правильная оценка условий эвакуации и учета всех факторов, на нее влияющих, принимает первостепенное значение. Вместе с тем, существующая методика расчетов пожарного риска не учитывает факторы, являющиеся, на наш взгляд, существенными. Например, фактор паники, приводящий к задержке начала эвакуации. В этой связи возникла необходимость проведения исследований, направленных на учет фактора паники, с целью внесения изменений в методику расчета пожарного риска.

**Методика исследований.** В методику исследований входил расчетный метод, основанный на расчете пожарного риска в соответствии с методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (Приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. №382) [3].

**Результаты исследований.** При обеспечении пожарной безопасности в Российской Федерации [1] все активнее применяются подходы, основанные на расчетах пожарного риска. Это позволяет математически обосновать те или иные технические и организационные решения при безусловном обеспечении безопасности людей.

В основу расчетов пожарного риска положена оценка безопасной эвакуации людей при возникновении пожара, то есть возможность покинуть здание или оказаться в безопасной зоне до наступления опасных факторов пожара своих критических значений.

Обеспечение безопасной эвакуации принимает еще более важное значение на объектах с массовым пребыванием людей. В соответствии с [2] к ним относятся общественные здания и сооружения, в которых одновременно может находиться 50 и более человек.

Процесс эвакуации – это очень сложный процесс, на который влияют параметры путей эвакуации, количество людей, принимающих участие в эвакуации, их возраст, степень мобильности и пр.

Вместе с тем, ни в одной существующей и общепринятой методике при расчете эвакуации явно не просматривается учет такого фактора, как паника.

Используя логическую дефиницию, паника – это состояние ужаса, сопровождающееся резким ослаблением волевого самоконтроля. Следствием оказывается либо ступор, либо дезорганизация планомерных действий. Сначала шокирующий стимул, очень сильный или повторяющийся, вызывает испуг сначала у одного или нескольких человек. Минимальный порог возбудимости в толпе обычно имеют женщины и дети [16]. Эти люди становятся источником, от которого страх передается остальным. Также наличие в толпе женщин и детей имеет большое влияние ещё и потому, что звук высокой частоты – женские или детские крики – в стрессовой ситуации оказывает разрушительное влияние на психику (по той же причине, кстати, для противодействия панике, коллективной или индивидуальной, лучше служит низкий мужской голос, чем высокий женский). Происходит взаимная индукция и нагнетание эмоционального напряжения через механизм циркулярной реакции. Далее, если не приняты своевременные меры, масса окончательно деградирует, люди теряют самоконтроль, и начинается паническое бегство, которое кажется спасительным, хотя в действительности только усугубляет опасность [14].

Сразу после шокирующего стимула обычно наступает так называемый психологический момент. Люди оказываются как бы во взвешенном состоянии («оторопь») и готовы следовать первой реакции. Иногда она оказывается парадоксальной. Как пример – по фрейдовскому механизму противоположной реакции, человек от испуга бросается навстречу опасности, а за ним следуют остальные [5].

Анализируя вышеизложенное, можно констатировать, что паника – явление, сильно затрудняющее и замедляющее эвакуацию людей из здания. Однако, как уже отмечалось, при расчете пожарного риска на объектах с массовым пребыванием людей, этот показатель не учитывается.

Рассмотрим это утверждение на примере основной методики расчетов пожарного риска, применяемой в Российской Федерации, – Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утверждённой Приказом МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382 [3].

Вероятность эвакуации по эвакуационным путям  $P_{э,п/п}$  определяется аналитически.

Вероятность эвакуации  $P_э$  из зданий рассчитывают по формуле

$$P_э = \begin{cases} 0,999 \frac{0,8 \cdot t_{\text{бл}} - t_p}{t_{\text{нз}}}, & \text{если } t_p < 0,8t_{\text{бл}} < t_p + t_{\text{нз}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,999, & \text{если } t_p + t_{\text{нз}} \leq 0,8t_{\text{бл}} \text{ и } t_{\text{ск}} \leq 6 \text{ мин} \\ 0,000, & \text{если } t_p \geq 0,8t_{\text{бл}} \text{ или } t_{\text{ск}} > 6 \text{ мин} \end{cases},$$

где  $t_p$  – расчетное время эвакуации людей, мин;  $t_{\text{нз}}$  – время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>), мин;  $t_{\text{бл}}$  – время от начала пожара до блокирования эвакуационных путей

в результате распространения на них ОФП, имеющих предельно допустимые для людей значения (время блокирования путей эвакуации), мин;  $t_{ск}$  – время существования скоплений людей на участках пути (плотность людского потока на путях эвакуации превышает значение 0,5).

В свою очередь, значение времени начала эвакуации для помещения очага пожара определяется по формуле:

$$\tau_{нз} = 5 \cdot 0,01F, \text{ с,}$$

где  $F$  – площадь помещения,  $\text{м}^2$ .

В случае если время начала эвакуации, рассчитанное по указанной формуле, превышает время начала эвакуации, определенное в соответствии с таблицей П5.1 [3], время начала эвакуации из помещения очага пожара принимается по таблице П5.1.

Для остальных помещений значение времени начала эвакуации определяется по таблице П5.1 [3].

Исходя из содержания таблицы П5.1 [3], время начала эвакуации зависит от класса функциональной пожарной опасности здания и характеристики контингента людей, типа системы оповещения и управления эвакуации людей при пожаре, которой оборудовано здание, либо отсутствия вышеуказанной системы.

Численное значение времени начала эвакуации лежит в пределах от 0,5 до 9 мин. При этом, в методике [3] не приведено, каким образом были получены данные значения (экспериментально или на основании каких-либо расчетов), равно как не ясно, учитывался ли при этом фактор паники.

В этой связи, представляет научный интерес произвести оценку влияния фактора паники на время начала эвакуации.

Следует признать, изучение последствий массовой паники и разработка эвакуационных мероприятий, которые будут действительно эффективны – важная задача. Результаты исследований механизма развития паники приведены в ряде научных публикаций [4, 6–10, 12].

Отмечается, что восприимчивость к паническим ситуациям, прежде всего, зависит от вида темперамента человека. В нем проявляются чувствительность индивида к внешним воздействиям и эмоциональность его поведения [6].

Исходя из психологии толпы [4], делаются выводы, что на возникновение паники наибольшее влияние оказывают количество и контингент находящегося в потоке людей, а именно пол и возраст человека. При этом, минимальный порог возбудимости в толпе обычно имеют женщины и дети, а мужчины более психологически устойчивы к внезапным опасным ситуациям [9].

Время задержки эвакуации определим по каждому эвакуирующемуся потоку, так как в данном случае наиболее возможно предсказать количество, пол и возраст людей в данном потоке.

Таким образом, для учета фактора паники предлагаем следующую формулу:

$$\tau_{нзп} = \tau_{нз} + \tau_{п},$$

где  $\tau_{п}$  – время задержки эвакуации вследствие охватывания потока людей паникой.

В свою очередь, время задержки, вызванное паникой, предлагаем рассчитывать по формуле

$$\tau_{п} = \frac{N\Theta t_{лвдр}}{60}, \text{ мин,}$$

где  $N$  – количество людей, находящихся в потоке;  $\Theta$  – коэффициент, учитывающий предрасположенность к паническому состоянию на основе половозрастного состава людей, находящихся в потоке;  $t_{лвдр}$  – латентное время двигательной реакции людей, находящихся в потоке.

Коэффициент, учитывающий предрасположенность к паническому состоянию на основе половозрастного состава людей, находящихся в потоке, предложен в работах А.И. Щебетенко [11, 12] и зависит от половозрастного фактора (табл. 1).

Таблица 1

Предрасположенность к паническому состоянию

Половозрастной состав	Коэффициент $\Theta$
Дети	10,85
Взрослые (жен.)	8,6
Взрослые (муж.)	6
Взрослые (равное соотношение)	7,3
Пожилые	9,3

На время задержки эвакуации также влияет латентное время двигательной реакции, запускающее состояние паники человека, которое также различно для половозрастных групп. Латентное время двигательной реакции (ЛВДР) (время или скорость сенсомоторной реакции, быстрота двигательной реакции) является,





наряду со скоростью одиночного движения и частотой движений, одним из проявлений быстроты. Быстрота двигательной реакции оценивает лабильность нервномышечной системы. Измеряется ЛВДР в миллисекундах как время от начала воздействия зрительного, звукового или тактильного раздражителя до начала мышечного ответа [13] (табл. 2).

Таблица 2

Латентное время двигательной реакции

Половозрастной состав	$t_{\text{ЛВДР}}, \text{с}$
Дети	0,37
Взрослые (жен.)	0,3
Взрослые (муж.)	0,24
Взрослые (равное соотношение)	0,27
Пожилые	0,5

Апробация предлагаемого подхода была произведена при проведении расчетов пожарного риска на объекте с массовым пребыванием людей «Центре детского творчества», расположенном в одном из районных центров Республики Мордовия. В процессе расчетов применялось программное обеспечение [14, 15].

Расчеты показали, что разница во времени эвакуации с учетом фактора паники (по предлагаемой формуле) и без учета фактора паники в различных точках сравнения (контроля) составляла от единиц секунд до 60 с, что вполне сопоставимо с нормативным временем начала эвакуации, принятым в методике [5] (табл. 3).

Таблица 3

Сравнение эвакуации без и с учетом фактора паники

Точка сравнения (контроля)	Время эвакуации по методике, с	Время эвакуации с учетом фактора паники, с	Разница, при учете фактора паники, с	$0,8 \cdot$ время блокирования, с	Вероятность эвакуации
Точка_01	183,4	186,0	2,6	>240	0,999
Точка_02	183,6	185,0	1,4	>240	0,999
Точка_03	194,6	231,9	37,3	>240	0,999
Точка_04	201,2	227,0	26,8	213,9	0,000
Точка_05	191,7	230,4	38,7	201,4	0,000
Точка_06	185,6	190,8	5,2	198,5	0,999
Точка_07	184,2	189,4	5,2	185,5	0,000
Точка_08	194,5	255,9	61,4	>240	0,000

Если время эвакуации с учетом фактора паники подставить в формулу для определения вероятности эвакуации, то оказывается, что в 4 случаях вероятность эвакуации становится равной 0,000 (см. табл. 3).

Расчеты пожарного риска по методике [3] показали, что величина индивидуального пожарного риска на объекте защиты (Центр детского творчества) составила  $5 \cdot 10^{-8}$ , что соответствует требуемому значению.

При расчете с учетом фактора паники, величина индивидуального пожарного риска составила  $5 \cdot 10^{-5}$ , то есть имеет место превышение нормативного значения.

Анализ приведенных результатов расчетов является основанием для внесения изменений в существующую методику расчетов пожарного риска.

**Заключение.** В ходе проведенных исследований было показано, что существующая методика расчета индивидуального пожарного риска имеет ряд недостатков, которые в большей степени проявляются на объектах с массовым пребыванием людей – отсутствие учета показателя паники при расчетном времени эвакуации людей.

Нами предложен математический аппарат учета фактора паники при проведении расчетов времени эвакуации людей.

Проведенными расчетами по существующей методике и по методике с учетом предлагаемых изменений (фактор паники) показано, что разница в конечной величине индивидуального пожарного риска составляет 1000 раз, что существенно. А потому требуется корректировка методики расчета.

Предполагается продолжение исследований с целью повышения обоснованности выдвинутых предложений.

1. Федеральный закон от 22 июля 2008 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности». М., 2008.
2. Постановление Правительства РФ от 16 сентября 2020 г. № 1479 «Об утверждении Правил противопожарного режима в Российской Федерации». М., 2020.
3. Приказ МЧС РФ от 30 июня 2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». М., 2009.
4. Назаретян А. П. Психология стихийного массового поведения. М., 2001.
5. Кулинкович Ю.Ю., Гуменюк О.В. Факторы и механизмы массовой паники при чрезвычайных ситуациях // Техносферная безопасность. 2013. № 2(171). С. 261–267.
6. Калачин С. В. Нечеткое моделирование механизма передачи панического состояния среди людей с различными видами темперамента // Компьютерные исследования и моделирование. 2021. Т. 13. № 5. С. 1079–1092.
7. Калачин С. В. Нечеткое моделирование восприимчивости человека к паническим ситуациям // Компьютерные исследования и моделирование. 2021. Т. 13. № 1. С. 203–218.
8. Калачин С. В. Прогнозирование распространения паники среди людей при эвакуации из здания во время пожара // Безопасность труда в промышленности. 2020. № 10. С. 77–82.
9. Егорова А. В. Паника. Основные факторы и способы предотвращения паники // Психология, образование: актуальные и приоритетные направления исследований: материалы Междунар. студ. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Х.И. Лейбовича. Тверь, 2020. С. 236–240.
10. Чернавский А. Ф. Психофизиологические предпосылки проявления страха // Известия Российского государственного педагогического университета им. А.И. Герцена. 2007. Т. 19. № 45. С. 442–448.
11. Щебетенко А.И. Межуровневые структуры интегральной индивидуальности. М., 2007. 240 с.
12. Щебетенко А.И. Два опросника структуры нейродинамического и психодинамического уровней интегральной индивидуальности человека (Тест-опросники типов нервной системы и темперамента). Пермь, 1994. 220 с.
13. Озеров В.П. Психомоторные способности человека. Дубна, 2002. 320 с.
14. PyroSim: графический интерфейс для FDS [для домашнего пользования и учебных целей] / Разработчик «FireCat». Екатеринбург, 2015.
15. Pathfinder: система моделирования эвакуации / Разработчик «FireCat». Екатеринбург, 2016.
16. Малинина И. Н. Психологическая помощь детям в чрезвычайных ситуациях // Современная психология: материалы III Междунар. науч. конф. Казань, 2014. С. 74–75.

## REFERENCES

1. Federal Law No. 123-FZ of July 22, 2008 «Technical Regulations on Fire safety requirements». Moscow, 2008.
2. «Decree of the Government of the Russian Federation No. 1479 of September 16, 2020 «On approval of the Rules of the Fire Protection Regime in the Russian Federation». Moscow, 2020.
3. Methodology for determining the calculated values of fire risk in buildings, structures and fire compartments of various classes of functional fire hazard, approved by the Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 30.06.2009 No. 382. Moscow, 2009.
4. Nazaretyan A. P. Psychology of spontaneous mass behavior. Moscow, 2001.
5. Kulinkovich Yu.Yu., Gumenyuk O.V. Factors and mechanisms of mass panic in emergency situations. *Technosphere safety*. 2013; 2(171): 261–267.
6. Kalachin S. V. Fuzzy modeling of the mechanism of transmission of the panic state among people with different types of temperament. *Computer research and modeling*. 2021; 13; 5: 1079–1092.
7. Kalachin S. V. Fuzzy modeling of human susceptibility to panic situations. *Computer research and modeling*. 2021; 13; 1: 203–218.
8. Kalachin S. V. Forecasting the spread of panic among people during evacuation from a building during a fire. *Occupational safety in industry*. 2020; 10: 77–82.
9. Egorova A.V. Panic. The main factors and ways to prevent panic. *Psychology, education: current and priority areas of research*. Tver, 2020: 236–240.
10. Chernavsky A. F. Psychophysiological prerequisites for the manifestation of fear. *Proceedings of the A.I. Herzen Russian State Pedagogical University*. 2007; 19; 45: 442–448.
11. Shchebetenko A.I. Interlevel structures of integral individuality. Moscow, 2007. 240 p
12. Shchebetenko A.I. Two questionnaires of the structure of neurodynamic and psychodynamic levels of integral individuality of a person (Test questionnaires types of nervous system and temperament). Perm, 1994. 220 p.
13. Ozerov V.P. Psychomotor abilities of a person. Dubna, 2002. 320 p.
14. PyroSim: graphical interface for FDS [for home use and educational purposes] / Developer “FireCat”. Yekaterinburg, 2015.
15. Pathfinder: evacuation simulation system / Developer “FireCat”. Yekaterinburg, 2016.
16. Malinina I. N. Psychological assistance to children in emergency situations. *Modern psychology*. Kazan, 2014: 74–75.

Статья поступила в редакцию 04.06.2022; одобрена после рецензирования 15.07.2022; принята к публикации 25.07.2022.  
The article was submitted 04.06.2022; approved after reviewing 15.07.2022; accepted for publication 25.07.2022.

