

ПОЖАРОВЗРЫВБЕЗОПАСНОСТЬ/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2024. Т. 33. № 2. С. 5–14
POZHAROVZRYVOBEZOPASNOST/FIRE AND EXPLOSION SAFETY. 2024; 33(2):5-14

НАУЧНАЯ СТАТЬЯ/RESEARCH PAPER

УДК 614.84

<https://doi.org/10.22227/0869-7493.2024.33.02.5-14>

Принципиальные проблемы применения расчета пожарного риска. Необходимость и возможности его оптимизации

Алексей Сергеевич Барановский ✉

Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Московская обл., г. Балашиха, Россия

АННОТАЦИЯ

Введение. В последние годы в области пожарной безопасности большое внимание уделяется риск-ориентированному подходу и, в частности, широкое применение получил расчет пожарного риска. Значительно усложнились подходы и методы таких расчетов. Однако наличие ряда проблем говорит о необходимости ограничения применения расчета пожарного риска и его оптимизации с учетом сложившихся реалий практического применения.

Цели и задачи. Целью статьи является выявление существующих проблем при расчете пожарного риска и их влияния на результаты подобных расчетов, в том числе на корректность и возможность применения проектных решений, которые они обосновывают. Кроме того, одной из задач является поиск путей оптимизации и упрощения расчета для возможности уменьшения временных и материальных затрат на его выполнение, качественной проверки контролирующими органами при сохранении необходимой точности инженерной оценки.

Основная часть. Рассмотрены нормативные основания и предпосылки возникновения расчетных методов по оценке пожарного риска. Описаны существующие проблемы современного применения таких расчетов, включая несоответствия и перекосы в нормативном поле, отсутствие необходимых элементов соответствия понятию корректной оценки (погрешность результата, отсутствие правил в области программных продуктов и квалификации специалистов и т.п.), отсутствие возможности проверки и, как следствие, невозможность оценки правильности принятых в соответствии с расчетом проектных решений. Предложены подходы по оптимизации проведения расчетов. Описана модель эвакуации людей и протестирована компьютерная программа по ее реализации. Выполнен расчет модельного объекта.

Выводы. Описанные в настоящей работе проблемы свидетельствуют о значительном несовершенстве инструмента расчета пожарного риска, что, в свою очередь, не позволяет применять его для обоснования многих проектных решений, которые в настоящее время обосновываются таким расчетом. При этом соответствующие расчетные методики должны развиваться не только по пути усложнения, но и иметь возможность оптимизации с точки зрения практического применения и проверки результатов расчета. Кроме того, с учетом сложившейся ситуации естественной является необходимость ограничения ее применения для ряда случаев, по крайней мере, пока не будет достигнута необходимая точность, либо не будут разработаны соответствующие правовые механизмы, позволяющие пренебречь наличием большой погрешности и регулирующие сферу применения методик, программного обеспечения и работу соответствующих специалистов.

Ключевые слова: риск-ориентированный подход; моделирование пожара; эвакуация людей; расчетная оценка; нормативные требования

Для цитирования: Барановский А.С. Принципиальные проблемы применения расчета пожарного риска. Необходимость и возможности его оптимизации // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2024. Т. 33. № 2. С. 5–14. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.02.5-14

✉ Барановский Алексей Сергеевич, e-mail: komnata110@yandex.ru

Fundamental problems of applying fire risk calculation. The necessity and possibilities of its optimization

Alexey S. Baranovsky ✉

All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, Balashikha, Moscow Region, Russian Federation

ABSTRACT

Introduction. In recent years, much attention has been paid to the risk-based approach in the field of fire safety and, in particular, the calculation of fire risk has been widely used. The approaches and methods of such calcu-

lations have become considerably more complicated. However, the presence of a number of problems indicates the need to limit the use of fire risk calculation and optimize it, taking into account the prevailing realities of practical application.

Goals and objectives. The purpose of the paper is to identify existing problems in the calculation of fire risk and their impact on the results of such calculations, including the correctness and possibility of applying design solutions that they justify. In addition, one of the tasks is to find ways to optimize and simplify the calculation in order to reduce the time and material costs of its implementation, high-quality verification by regulatory authorities while maintaining the necessary accuracy of the engineering assessment.

The main part. The normative bases and prerequisites for the emergence of computational methods for assessing fire risk are considered. The existing problems of modern application of such calculations are described, including inconsistencies and distortions in the regulatory field, the lack of necessary elements of compliance with the concept of correct assessment (result error, lack of rules in the field of software products and qualifications of specialists, etc.), the lack of verification and, as a result, the inability to assess the correctness of design decisions made in accordance with the calculation. Approaches for optimization of calculations are proposed. A model of evacuation of people is described and a computer programme for its implementation is tested. The calculation of the model object is performed.

Conclusions. The problems described in this paper indicate a significant imperfection of the fire risk calculation tool, which, in turn, does not allow it to be used to justify many design solutions that are currently justified by such a calculation. At the same time, the corresponding calculation methods should develop not only along the path of complication, but also have the possibility of optimization in terms of practical application and verification of calculation results. In addition, taking into account the current situation, it is natural to limit its application for a number of cases, at least until the necessary accuracy is achieved, or appropriate legal mechanisms are developed that allow neglecting the presence of a large error and regulating the scope of application of techniques, software and the work of relevant specialists.

Keywords: risk-based approach; fire modelling; evacuation of people; computational assessment; regulatory requirements

For citation: Baranovsky A.S. Fundamental problems of applying fire risk calculation. The necessity and possibilities of its optimization. *Pozharovzryvbezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2024; 33(2):5-14. DOI: 10.22227/0869-7493.2024.33.02.5-14 (rus).

✉ Alexey Sergeevich Baranovsky, e-mail: komnata110@yandex.ru

Введение

В последние годы в области пожарной безопасности большое внимание уделяется риск-ориентированному подходу, развитие которого фактически закреплено на законодательном уровне [1]. В свою очередь, значительная часть этого подхода так или иначе касается расчета пожарного риска. Методика этого расчета для общественных зданий [2] (далее — Методика) уже претерпела несколько редакций. При этом большинство специалистов, как правило, говорят о необходимости дальнейшего развития, совершенствования и усложнения методов расчета пожарного риска. По крайней мере, такая тенденция прослеживается даже при поверхностном анализе изменений Методики.

Тем не менее в настоящей работе затронута тема необходимости ограничения применения и оптимизации этих расчетов, под которой подразумевается их упрощение, с учетом текущей ситуации в этой области, связанной не только с проведением расчета, но и с необходимостью оценки его адекватности, а также адекватности проектных решений, которые обосновываются этим расчетом. Несмотря на многообразие работ, посвященных теме пожарного риска ([3–5] и др.), указанная проблема затрагивается достаточно редко.

Состояние вопроса. Проблемы использования расчета риска

В настоящее время расчетная оценка пожарного риска для объектов различного назначения имеет непомерно высокий статус, определяемый ст. 6 Федерального закона [6] (далее — ФЗ-123), являясь одним из условий подтверждения (обеспечения) пожарной безопасности объекта защиты. Почему непомерно?

Поскольку формально в законе заложена прогрессивная идея в плане гибкости подхода к обеспечению пожарной безопасности, ориентированная не на жесткое соблюдение норм, а на возможное фактическое значение уровня риска. Однако в настоящее время реализовать ее в полном объеме с помощью существующих методов не представляется возможным. А те проектные решения, которые возможно подтвердить, используя расчетные методы, это лишь малая незначительная часть, если рассматривать полный комплекс нормативных требований в области пожарной безопасности. Поэтому в текущем виде, к тому же если рассматривать совместно п. 2 и п. 5 ч. 1 ст. 6 [6], что вполне логично, использование расчетных оценок это лишь способ невыполнения (ухода) от тех или иных нормативных требований, которые, конечно, в ряде случаев действительно очень несовершенны.

Приведенное утверждение является справедливым, поскольку возможности методов определения величины риска крайне ограничены.

Однако концепция ст. 6 присутствует в ФЗ-123 [6] с момента его создания. Тем самым федеральный закон задал хороший импульс к появлению и развитию соответствующих расчетных методов и методик. Хотя на настоящий момент официально утвержденными являются только методики расчета пожарного риска для общественных [2] и производственных зданий [7].

Необходимо отметить, что расчетная оценка уровня обеспечения пожарной безопасности людей появилась достаточно давно [8], однако не имела такого высокого статуса и использовалась достаточно редко для тех целей, для которых сейчас используют расчет пожарного риска, поскольку основным ориентиром, как правило, являлось выполнение нормативных требований.

Очевидно, что со времени действия ГОСТа [8] в области методов расчета риска все значительно усложнилось. Появились дополнительные модели расчета, оценка влияния различных систем противопожарной защиты и т.п. (табл. 1).

Однако необходимо задаться вопросом: расчет ли это? И анализируя основные положения расчетной методики [2] и опыт деятельности в указанной сфере, можно ответить, что это не расчет, а *расчетная оценка*.

В самом деле, расчет обычно должен иметь математическую строгость, точный численный результат, а при наличии исходных данных, носящих вероятностный характер, также оценку погрешности результата.

С точки зрения описания моделей все обстоит достаточно хорошо. С определением погрешности полученного результата — наоборот. А именно погрешность расчета как таковая не определяется в принципе. Здесь можно упомянуть известный ролик¹, в котором профессор И.М. Абдурагимов рассуждает о погрешности расчета риска, и его же статью [9]. Но даже без этих совершенно справедливых доводов можно сказать, что погрешность подобных расчетов на уровне 50 % считается отличным результатом.

Если же говорить не только о Методике, а включить сюда весь процесс процедуры расчета с обоснованием тех или иных отступлений, то можно выделить целый ряд проблем, ставящих под серьезное сомнение правильность и адекватность результатов подобных расчетов (табл. 2):

- существенная погрешность исходных данных;

¹ Абдурагимов И.М. О расчете индивидуального пожарного риска. URL: <https://ya.ru/video/preview/16163247392728694303> (дата обращения: 01.11.2023).

Таблица 1. Сравнение основных особенностей Методики расчета пожарного риска и положений ГОСТ

Table 1. Comparison of the main features of the Fire Risk Calculation Methodology and the provisions of GOST

Методика № 1140 Methodology No. 1140	ГОСТ GOST
• 3 модели расчета ОФП и эвакуации 3 models for calculating fire hazards and evacuation • Расширенная оценка влияния систем ПЗ Extended assessment of the impact of fire protection systems • Определение времени срабатывания систем Determining the response time of the systems • Ограничения применения расчетных методик Limitations of the use of calculation methods • Максимально подробное описание параметров эвакуации людей и т.д. The most detailed description of the parameters of evacuation of people, etc.	1 модель пожара и эвакуации 1 model of fire and evacuation

Таблица 2. Программная реализация методики расчета

Table 2. Software implementation of the calculation method

Требование к программному продукту Software product requirement	Наличие/отсутствие Availability/absence
Сертификация Certification	Отсутствует Absent
Требования к верификации Verification requirements	Отсутствуют Absent
Требования к валидации Validation requirements	Отсутствуют Absent
Аттестация специалистов Certification of specialists	Отсутствует Absent

- возможность различной интерпретации результатов расчета;
- вопросы, связанные с использованием программного обеспечения и квалификации специалистов и т.д.

Как следует из вышеизложенного, отсутствует и фактическая ответственность за представленный результат, поскольку, используя перечисленные недостатки, при желании может быть получен любой «правильный» результат.

Описывая данную проблему, не следует забывать о высоком статусе расчета пожарного риска (регламентирован ФЗ-123 [6]), о котором было сказано выше. А именно о возможности на основании результатов этого расчета отказаться от тех или иных нормативных требований, выработанных годами. И одно дело, когда речь идет о некоторой

корректировке численных значений какой-либо нормы в рамках расчета, и совсем другое, когда речь идет о ее полной отмене.

В дополнение к этому следует упомянуть о необходимости оценки адекватности расчета пожарного риска органами госпожнадзора и экспертизы. Причем в данном случае имеется в виду не только техническая оценка проведения расчета (правильность задания исходных данных, выбор сценариев пожара, характеристик веществ и материалов и т.д.), но и принципиальная возможность его выполнения для обоснования тех или иных отступлений от требований норм. Ведь эти вопросы довольно часто поднимаются на практике, и, зачастую, не имеют однозначного ответа.

Однако при всей сложности существующей нормативно-технической системы (сложность и отсутствие единых стандартов расчета, постоянно меняющиеся требования норм, применение специальных технических условий, неясности в правовом поле и т.д.) ни о какой нормальной проверке не может идти речи. Максимум, что может быть сделано — проведена проверка исходных данных или заданы новые сценарии расчета, что, собственно, и отражали в части госпожнадзора требования уже отмененного административного регламента [10], которые почти в неизменном виде были перенесены в [11]. При этом очевидно, что проверка только правильности исходных данных не является полноценной проверкой адекватности всего расчета, а составляет лишь ее незначительную часть.

В этой ситуации неоправданно высокий статус расчетной оценки пожарного риска выглядит очень сомнительным, если не сказать неверным.

Однако, по факту в настоящее время расчет пожарного риска — это один из видов бизнеса в области пожарной безопасности, который активно развивается, несмотря на все вышеперечисленные недостатки. Официальные данные по количеству проведенных расчетов в настоящее время отсутствуют, но частично их можно оценить по косвенным признакам (рис. 1). В частности, количество решений о непринятии расчета пожарного риска в 2022 г. составляет около 500. Если в качестве грубой оценки предположить, что это около четверти всех решений, то количество поданных расчетов риска составит около двух тысяч. Если добавить сюда расчеты риска, разрабатываемые в рамках СТУ, а это около трех тысяч, то общее количество указанных расчетов составит внушительную цифру — около пяти тысяч!

С учетом вышеизложенных недостатков все-таки необходимо отметить, что речь не идет о том, что нужно запретить или остановить развитие расчетных методов. Наоборот, их развитие и использование является необходимым. Однако при этом такое



Рис. 1. Решения о непринятии расчета пожарных рисков в 2022 г.

Fig. 1. Decisions not to accept the calculation of fire risks in 2022

использование должно быть адекватным с точки зрения поставленных задач и своих реальных возможностей. А главное, иметь возможность объективного контроля (пусть и не всеобъемлющего) не только в части задания исходных данных или оформления расчетов.

В противном случае при наличии вышеописанных проблем возможность обоснования указанными расчетами тех или иных проектных решений должна быть серьезно ограничена. Такая попытка в свое время была предпринята во ВНИИПО в виде ограничения применения расчетов для обоснования отступлений от требований норм в рамках самих нормативных документов, либо в рамках Методики. Однако она не получила соответствующей поддержки и не была реализована.

Возможность оптимизации расчетов

Как было отмечено выше, расчетная оценка обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре использовалась и ранее в рамках ГОСТ [8]. Однако такие расчеты по большей части могли осуществляться фактически неподготовленными специалистами-проектировщиками в соответствии с достаточно простой методикой. Напротив, сейчас мы имеем дело с настолько усложнившимися методами, что большинство данных специалистов не в состоянии ни корректно провести расчет, ни интерпретировать результат, ни проверить его.

Данное утверждение совсем не означает, что нужно полностью вернуться к методам расчета ГОСТа 30-летней давности. Но если провести анализ объектов или нарушений, для которых используется расчет риска, то будет ясно, что не так уж много из указанных случаев нуждаются в применении таких «тяжеловесных» методов.

В частности, сюда можно отнести так называемые «стандартные» объекты, а не геометрически сложные многосветные пространства, независимые функциональные объемы и т.п. Это, как правило, офисные помещения, жилые здания, социальные объекты, гостиницы и т.д.

Ко второму типу «стандартных» объектов относятся объекты, имеющие в соответствии с технологией использования большие объемы помещений и малое количество людей. «Специалисты» с удовольствием берутся за проведение расчета для подобных зданий, поскольку и без расчета очевидно, что даже при наличии достаточно серьезных нарушений критерий обеспечения безопасности будет обеспечен. Таким образом, все риски в данном случае переходят в правовую плоскость, связанную с причинением материального ущерба. То есть проведение расчета сводится к простой формальности.

Понятно, что выполнение расчетной оценки не повредит и в этом случае. Однако если идет речь о применении более простых методов там, где это возможно, а также возможности адекватной проверки контролирующими лицами, то в оптимизации таких расчетов есть немалый смысл. Кроме того, такие расчеты будут полностью соответствовать термину «расчетная оценка».

Итак, к возможностям по оптимизации расчетной оценки пожарного риска могут быть отнесены.

1. *Расширение области применения интегральных методов.* Общие интегральные модели пожара были сформулированы достаточно давно как в нашей стране ([12, 13] и др.), так и за рубежом [14, 15]. Основные зависимости для определения критической продолжительности для соответствующих опасных факторов пожара (соответственно, температура, потеря видимости, пониженное содержание кислорода, газообразные токсичные продукты горения) представлены ниже.

$$t_{кр}^t = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 + \frac{70 - t_0}{(273 + t_0) \cdot z} \right] \right\}^{1/n}; \quad (1)$$

$$t_{кр}^{п.в} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot \ln(1,05 \cdot \alpha \cdot E)}{l_{пр} \cdot B \cdot D_m \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}; \quad (2)$$

$$t_{кр}^{O_2} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{0,044}{\left(\frac{B \cdot L_{O_2}}{V} + 0,27 \right) \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}; \quad (3)$$

$$t_{кр}^{т.г} = \left\{ \frac{B}{A} \cdot \ln \left[1 - \frac{V \cdot X}{B \cdot L \cdot z} \right]^{-1} \right\}^{1/n}. \quad (4)$$

Сейчас область применения данного метода постоянно сужается. Но во многих случаях он дает более «жесткие» результаты по сравнению с другими моде-

лями как в вариантах применения в соответствии с рекомендациями Методики, так и в иных случаях.

Если же критерий выполняется даже при получении такого «жесткого» результата, то применение более сложных методов не является оправданным. Кроме того, при необходимости могут быть введены дополнительные коэффициенты надежности, которые и сейчас используются в Методике [2], но могут быть уменьшены при соответствующем обосновании.

В качестве примера может быть представлен расчет модельного объекта: этаж здания коридорного типа с шириной и длиной коридора 2 и 30 м соответственно. В соответствии с положениями Методики [2] расчет такого объекта с помощью интегральной или зонной моделей не допускается. Однако, если рассмотреть результаты расчета по полевой модели, становится очевидно, что «детализация» параметров газовой среды при пожаре для такого объекта совершенно лишена смысла, поскольку за небольшой период времени происходит блокирование фактически всей расчетной области (рис. 2).

2. Еще более простой вариант, особенно с точки зрения проверки, это *использование табличной формы определения времени блокирования ($t_{бл}$)* в зависимости от основных характеристик здания (геометрические размеры, высота, объем). В этом случае для разработки соответствующих таблиц могут быть использованы любые расчетные модели. Такая практика использовалась как раньше, так

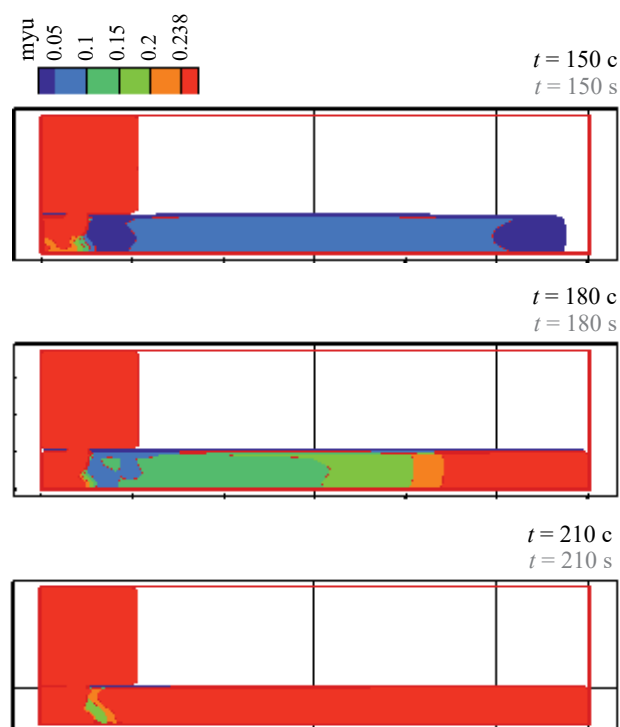


Рис. 2. Оценка времени блокирования для модельного объекта (помещение — коридор)

Fig. 2. Estimation of the blocking time for a model object (room — corridor)

Таблица 3. Необходимое время эвакуации для расчета эвакуационных путей в зданиях зрелищных учреждений (СП 1.13130.2020)

Table 3. The required evacuation time for calculating escape routes in the buildings of entertainment institutions (SP 1.13130.2020)

Виды залов Types of halls	Необходимое время эвакуации, мин Required evacuation time, min						
	из зального помещения при его объеме, тыс. м³, $t_{\text{нб.зал}}$ from the hall with its volume, thousand m³, $t_{\text{req.hall}}$						из здания в целом $t_{\text{нб.зд}}$ from the building as a whole $t_{\text{req.bld}}$
	до 5 / up to 5	10	20	25	40	60	
Залы с колосниковой сценой Halls with a grate stage	1,5	2	2,5	2,5	—	—	6
Залы без колосниковой сцены Halls without a grate stage	2	3	3,5	3,7	4	4,5	6

и сейчас, в частности для зданий зрелищных учреждений (класс функциональной пожарной опасности Ф2) в рамках [16] (табл. 3).

В таблице указаны конкретные значения времени блокирования в зависимости от объема зрительного зала. Кроме того, в своде правил есть рекомендации по корректировке этого времени с учетом класса конструктивной пожарной опасности. Более того, определена зависимость для расчета при более высоких значениях объемов залов в виде:

$$t_{\text{нб.зал}} = 0,115 \cdot \sqrt[3]{W}, \quad (5)$$

где W — объем зрительного зала.

3. Применение простых моделей и расчетных программ для расчета времени эвакуации людей.

В данном случае речь не идет о применении упрощенной модели, но даже индивидуально-поточный метод может быть реализован более просто, чем это делается в большинстве существующих программных комплексов, значительно усложняя процесс расчета. В большей степени, конечно, это касается ввода исходных данных.

Например, еще в 2007 г. во ВНИИПО была разработана достаточно простая модель и соответствующая программа расчета. Эта модель, являясь по сути одномерной, учитывает необходимую двумерность движения людей в процессе эвакуации (рис. 3).

Фактически программа просто определяет локальные плотности, затем скорости соответствующего

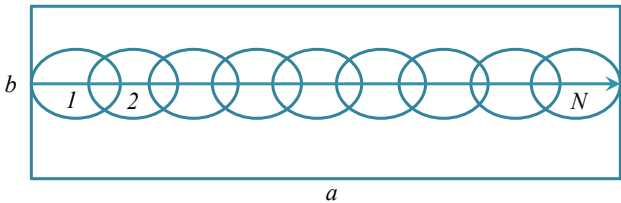


Рис. 3. Модель движения людей на каждом участке пути: a , b — длина и ширина участка; N — количество людей на участке

Fig. 3. A model of the movement of people on each section of the path: a , b — the length and width of the site; N — the number of people on the site

участника движения, а потом осуществляет замену координат. При этом обладает существенной простотой и дает приемлемые результаты, основываясь на принципах моделирования, которые были заложены в [17–19] и используются по настоящее время.

Основным преимуществом при этом является возможность быстрого задания исходных данных непосредственно в табличной форме в любом табличном редакторе (табл. 4).

В качестве результата может быть получена любая информация о движении людей в динамике (рис. 4):

- время эвакуации людей из здания, этажа, помещения;
- локальная плотность и плотность на участке;
- параметры движения для любого человека и т.д.

Таблица 4. Представление исходных данных для программы расчета

Table 4. Presentation of the source data for the calculation programme

Номер участка Section number	Длина Length	Ширина Width	Ширина выхода Exit width	Тип пути Path type	Количество людей Number of people	Номер соседнего участка Number of adjacent section

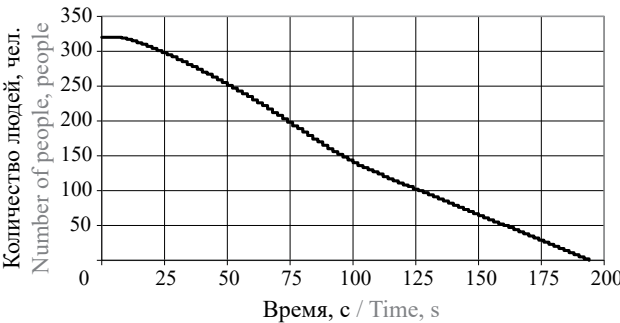


Рис. 4. Динамика движения людей при эвакуации из здания

Fig. 4. Dynamics of movement of people during evacuation from the building

Тестирование программы расчета времени эвакуации

Для подтверждения тезиса об адекватности результатов расчета с помощью разработанной модели, реализованной программно, было использовано несколько специальных тестов, подробное описание которых можно найти в работах [20, 21].

В частности, речь идет о тестах на растекание потока и поддержание скорости свободного движения. Суть теста заключается в проверке свойства растекания потока на участке с открытыми граничными условиями вследствие стремления людей двигаться в условиях комфортной плотности, а также возможности движения фронтальной части потока с большей скоростью. Поддержание скорости свободного движения заключается в отсутствии влияния локальной плотности на скорость движения людей до достижения локальной плотностью определенного значения.

Для проверки указанных свойств моделируется движение людей в объеме двух прямых коридоров шириной 2 м и длиной 50 и 100 м соответственно. Люди в начальный момент равномерно располагаются на первых 50 м коридоров (рис. 5). Вычислительный эксперимент проводится при различных начальных плотностях. При наличии свободного места на путях движения свойство растекания реализуется, а указанный вычислительный эксперимент позволяет это проверить.

Как показывают результаты моделирования, рассматриваемые свойства реализуются, хотя конкрет-



Рис. 5. Область моделирования, начальное расположение людей и начальные плотности людского потока

Fig. 5. The modelling area, the initial location of people and the initial densities of the human flow

ные численные значения средних удельных потоков для разных программных комплексов по результатам расчета имеют отличия (рис. 6).

Кроме того, была проведена расчетная оценка для модельного объекта, в качестве которого рассматривалось 4-этажное офисное здание коридорного типа с двумя лестничными клетками. Количество людей на каждом из этажей составляло 80 человек. Одна лестничная клетка считалась блокированной, таким образом, эвакуация всех людей осуществлялась по одной лестничной клетке.

Результаты моделирования программным комплексом ВНИИПО представлены на рис. 7.

Сравнение результатов расчетов с результатами, полученными с помощью комплекса Сигма Эва, представлено в табл. 5. Из таблицы видно, что согласование общего времени эвакуации, рассчитанного на разных программных комплексах, является удовлетворительным. При этом расчет времени для каждого из этажей здания в отдельности по более простой модели дает более жесткие результаты, увеличивая коэффициент запаса.

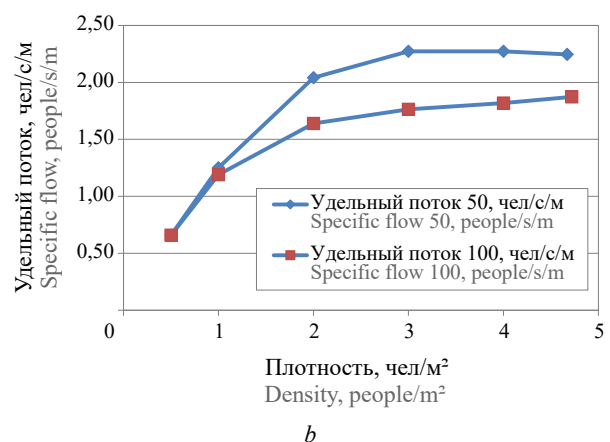
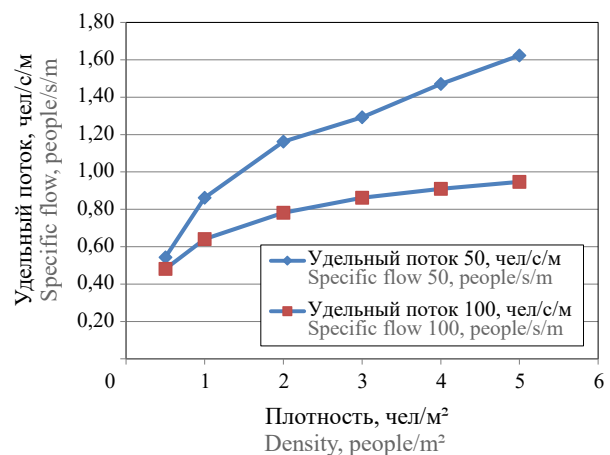


Рис. 6. Результаты численного эксперимента, полученные программным комплексом ВНИИПО (a) и Сигма Эва (b)

Fig. 6. The results of the numerical experiment obtained by the VNIIPPO (a) and Sigma Eva (b) software package

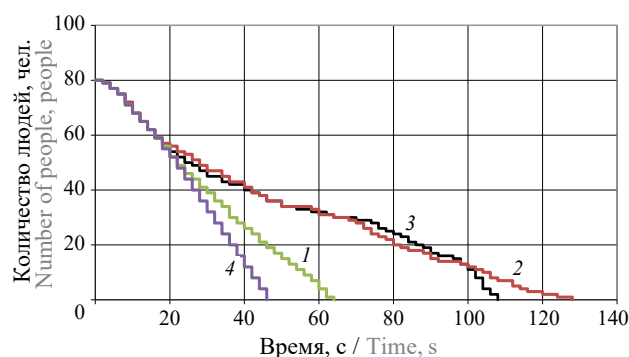


Рис. 7. Динамика эвакуации людей с 1–4-х этажей здания
Fig. 7. Dynamics of evacuation of people from 1–4 floors of the building

Таблица 5. Сравнение расчетного времени эвакуации, полученного программным комплексом ВНИИПО и Sigma

Table 5. Comparison of the estimated evacuation time obtained by the VNIIPPO and Sigma software package

Этажи / Floor	Simple model, c Simple model, s	Sigma, c Sigma, s
Всего / Total	194	222
4-й этаж / 4th floor	46	54
3-й этаж / 3rd floor	108	79
2-й этаж / 2nd floor	128	62
1-й этаж / 1st floor	64	61

Выводы

Описанные в настоящей работе проблемы, связанные с расчетной оценкой пожарного риска, свидетельствуют о значительном несовершенстве дан-

ного инструмента, что, в свою очередь, не позволяет применять его для обоснования многих проектных решений, которые в настоящее время обосновываются таким расчетом до того момента, пока данные проблемы не будут решены.

При этом соответствующие расчетные методики должны развиваться не только по пути усложнения, но и иметь возможность оптимизации с точки зрения практического применения и проверки результатов расчета. Кроме того, с учетом сложившейся ситуации естественной является необходимость ограничения ее применения для ряда случаев, по крайней мере, пока не будет достигнута необходимая точность, либо не будут разработаны соответствующие правовые механизмы, позволяющие пренебречь наличием большой погрешности при выполнении тех или иных условий и регулирующие сферу применения методик, программного обеспечения и работу соответствующих специалистов.

Усложнение в данном случае не дает почти никакого положительного эффекта, а оптимизация позволила бы решить ряд важных задач и незначительно повлиять на точность в рамках инженерной расчетной оценки соответствующих параметров. Примеров такой оптимизации в настоящее время в области действующей нормативной базы по пожарной безопасности имеется достаточное количество, начиная от значительных изменений в нормативно правовых актах (ст. 6 ФЗ-123 [6]), серьезных изменений норм (подход к защите МГН [22] и т.д.) и заканчивая отменой некоторых нормативных документов в полном объеме.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Основы государственной политики Российской Федерации в области защиты населения и территорий от чрезвычайных ситуаций на период до 2030 года : утв. Указом Президента Российской Федерации от 11.01.2018 г. № 12.
2. Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности : утв. приказом МЧС России от 14.11.2022 № 1140.
3. Литвинцев К.Ю., Кирик Е.С., Ягодка Е.А. Проблемы применения численного моделирования при определении расчетных величин пожарного риска // Вычислительные технологии. 2019. Т. 24. № 4. С. 56–59. DOI: 10.25743/ICT.2019.24.4.005
4. Калмыков С.П., Есин В.М. Время обнаружения очага пожара // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2017. № 11 (26). С. 52–63. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.11.52-63
5. Сивенков А.Б., Журавлев С.Ю., Журавлев Ю.Ю., Медяник М.В. Об эффективности применения противопожарных дверей в снижении предельно допустимых значений опасных факторов пожара и величины пожарного риска в зданиях и сооружениях различного функционального назначения // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2019. № 4 (28). С. 6–14. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.04.6-14
6. Технический регламент о требованиях пожарной безопасности : Федеральный закон № 123-ФЗ принят Государственной Думой 04.07.2008 : одобрен Советом Федерации 11.07.2008.
7. Методика определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах : утв. приказом МЧС России от 10.07.2009 № 404.
8. ГОСТ 12.1.004–91. Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Общие требования.

9. Абдурагимов И.М. Еще раз о принципиальной невозможности выполнения расчетов пожарных рисков детерминированными методами // Пожаровзрывобезопасность/Fire and explosion safety. 2013. № 6 (22). С. 13–23.
10. Административный регламент Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности : Приказ МЧС России от 30.11.2016 № 644.
11. О федеральном государственном пожарном надзоре : Постановление Правительства Российской Федерации № 290 : утв. Правительством Российской Федерации 12.04.2012.
12. Кошмаров Ю.А. Уравнения развития пожара в помещении // Проблемы противопожарной защиты зданий и сооружений : сб. науч. тр. М. : ВИПТШ МВД СССР, 1978. С. 27–33.
13. Молчадский И.С. Пожар в помещении. М. : ВНИИПО, 2005. 456 с.
14. Babrauskas V., Williamson R.B. Post flashover compartment fires: basis of a theoretical model // Fire and Materials. 1978. Vol. 2. Pp. 39–53.
15. Pettersson O., Magnusson S.E., Thor J. Fire engineering design of structures // Swedish Institute of Steel Construction, Publication 50, 1976.
16. СП 1.13130.2020. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы.
17. Предтеченский В.М., Милинский А.И. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков : учеб. пос. для вузов. 2-е изд., доп. и перераб. М. : Стройиздат, 1979. 375 с.
18. Холщевников В.В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов : дис. ... д-ра техн. наук. М. : МИСИ, 1983.
19. Самошин Д.А. Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации : монография. М. : Академия ГПС МЧС России, 2016. 210 с.
20. Кирик Е.С., Малышев А.В. О тестировании компьютерных программ по расчету времени эвакуации на примере модуля SigmaEva // Пожарная безопасность. 2014. № 1. С. 78–85.
21. Отчет о верификации ПС «Сигма ПБ 6.0» (Sigma Fire Safety 6.0) // ООО «Зк-эксперт», ФГБУН Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения РАН, ФГБУН Институт теплофизики им. С.С. Кута-теладзе Сибирского отделения РАН. Красноярск, 2023. 160 с.
22. Барановский А.С. Защита маломобильных групп населения при пожаре в рамках требований действующих нормативных документов. Необходимость или избыточность? // Пожаровзрывобезопасность/Fire and Explosion Safety. 2023. № 1 (32). С. 9–27. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.01.9-27

REFERENCES

1. *Fundamentals of the state policy of the Russian Federation in the field of protection of the population and territories from emergency situations for the period up to 2030* : Approved by Decree of the President of the Russian Federation No. 12 dated 01.11.2018. (rus).
2. *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 11.14.2022 No. 1140. (rus).
3. Litvintsev K.Yu., Kirik E.S., Yagodka E.A. Problems of applying numerical modeling in determining calculated fire risk values. *Computational Technologies*. 2019; 24(4):56–59. DOI: 10.25743/ICT.2019.24.4.005 (rus).
4. Kalmykov S.P., Esin V.M. The time of detection of the fire source. *Pozharovzryvobezопасnost/Fire and Explosion Safety*. 2017; 11(26):52–63. DOI: 10.18322/PVB.2017.26.11.52–63 (rus).
5. Sivenkov A.B., Zhuravlev S.Yu., Zhuravlev Yu.Yu., Medyanik M.V. On the effectiveness of fire doors in reducing the maximum permissible values of fire hazards and fire risk in buildings and structures of various functional purposes. *Pozharovzryvobezопасnost/Fire and Explosion Safety*. 2019; 4(28):6–14. DOI: 10.18322/PVB.2019.28.04.6–14 (rus).
6. *Technical regulations on fire safety requirements*: Federal Law No. 123-FZ was adopted by the State Duma on 04.07.2008 : Approved by the Federation Council on 07.11.2008. (rus).
7. *Methodology for determining the calculated values of fire risk at production facilities* : Approved by the order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 07.10.2009 No. 404. (rus).
8. *GOST 12.1.004–91. The system of occupational safety standards. Fire safety. General requirements*. (rus).
9. Abduragimov I.M. Once again about the fundamental impossibility of performing fire risk calculations using deterministic methods. *Pozharovzryvobezопасnost/Fire and explosion safety*. 2013; 6(22):13–23. (rus).
10. *Administrative Regulations of the Ministry of the Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters for the performance of the State function of supervision over the fulfillment of fire safety requirements* : Order of the Ministry of Emergency Situations of Russia dated 11.30.2016 No. 644. (rus).

11. *About the Federal State fire supervision*: Resolution of the Government of the Russian Federation No. 290 : Approved by the Government of the Russian Federation on 12.04.2012. (rus).
12. Koshmarov Yu.A. Equations of fire development in the room. *Problems of fire protection of buildings and structures : collection of scientific works*. Moscow, VIPTSH of the Ministry of Internal Affairs of the USSR, 1978; 27-33. (rus).
13. Molchadsky I.S. *Fire in the room*. Moscow, VNIPO, 2005; 456 (rus).
14. Babrauskas V., Williamson R.B. Post flashover compartment fires: basis of a theoretical model. *Fire and Materials*. 1978; 2:39-53.
15. Pettersson O., Magnusson S.E., Thor J. Fire engineering design of structures. *Swedish Institute of Steel Construction, Publication 50*. 1976.
16. *SP 1.13130.2020. Fire protection systems. Escape routes and exits*. (rus).
17. Predtechensky V.M., Milinsky A.I. *Designing buildings taking into account the organization of the movement of human flows*. Moscow, Stroyizdat Publ., 1979. (rus).
18. Kholshchevnikov V.V. *Human flows in buildings, structures and on the territory of their complexes : dis. Doctor of Technical Sciences*. Moscow, MISI, 1983. (rus).
19. Samoshin D.A. *Composition of human flows and parameters of their movement during evacuation : monograph*. Moscow, Academy of GPS of the Ministry of Emergency Situations of Russia, 2016; 210. (rus).
20. Kirik E.S., Malyshev A.V. On testing computer programs for calculating evacuation time using the example of the SigmaEva module. *Fire safety*. 2014; 1:78-85. (rus).
21. *Verification report of the Sigma PB 6.0 PS (Sigma Fire Safety 6.0)*. 3k-Expert LLC, FGBUN Institute of Computational Modeling of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, FGBUN S.S. Kutateladze Institute of Thermophysics of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences. Krasnoyarsk, 2023; 160.
22. Baranovsky A.S. Protection of low-mobility groups of the population in case of fire within the framework of the requirements of current regulatory documents. Is it necessary or redundant? *Pozharovzryvobezopasnost/Fire and Explosion Safety*. 2023; 1(32):9-27. DOI: 10.22227/0869-7493.2023.32.01.9-27 (rus).

Поступила 12.01.2024, после доработки 27.02.2024;

принята к публикации 04.03.2024

Received January 12, 2024; Received in revised form February 27, 2024;

Accepted March 4, 2024

Информация об авторе

БАРАНОВСКИЙ Алексей Сергеевич, кандидат технических наук, старший научный сотрудник отдела пожарной безопасности промышленных объектов, технологий и моделирования техногенных аварий, Всероссийский ордена «Знак Почета» научно-исследовательский институт противопожарной обороны Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий, Россия, 143903, Московская обл., г. Балашиха, мкр. ВНИИПО, 12; РИНЦ ID: 1062586; ResearcherID: HKV-5019-2023; ORCID: 0000-0003-3305-1712; e-mail: komnata110@yandex.ru

Information about the author

Alexey S. BARANOVSKY, Candidate of Technical Sciences, Senior Researcher, Department of Fire Safety of Industrial Facilities, Technologies and Modeling of Man-made Accidents, All-Russian Research Institute for Fire Protection of Ministry of Russian Federation for Civil Defense, Emergencies and Elimination of Consequences of Natural Disasters, VNIPO, 12, Balashikha, Moscow Region, 143903, Russian Federation; ID RISC: 1062586; ResearcherID: HKV-5019-2023; ORCID: 0000-0003-3305-1712; e-mail: komnata110@yandex.ru