

ОБЕСПЕЧЕНИЕ УСПЕШНОЙ ЭВАКУАЦИИ ЛЮДЕЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ СИГНАЛЬНОЙ РАЗМЕТКИ

Иваницкий А.Г., Шалавинский А.С.

Цель. На основании результатов натурного обследования объекта с массовым пребыванием людей со сложной планировкой оценить обеспечение успешной эвакуации с учетом динамики опасных факторов пожара с использованием специализированных программных продуктов, определить необходимость использования дополнительных технических мероприятий для обеспечения успешной эвакуации людей, разработать алгоритм определения дополнительных технических мероприятий обеспечения успешной эвакуации людей из зданий с массовым пребыванием людей и со сложной планировкой по критерию потери видимости.

Методы. Обзор, анализ и сравнение существующих результатов экспериментальных и теоретических исследований по исследуемой тематике, моделирование динамики опасных факторов пожара и процесса эвакуации людей.

Результаты. Расчетным методом с использованием моделирования определено время наступления критических значений и определяющий опасный фактор пожара: предельное допустимое значение опасного фактора пожара по потере видимости наступает раньше, чем завершается расчетный процесс эвакуации с этажа пожара. С учетом расчета параметров освещенности и видимости на путях эвакуации обоснована необходимость использования дополнительного визуального технического средства управления эвакуацией – сигнальной разметки. Предложен алгоритм определения дополнительных мероприятий обеспечения успешной эвакуации людей из зданий по критерию потери видимости, учитывающий изменение освещенности на путях эвакуации в результате распространения по ним опасных факторов пожара.

Область применения исследований. Оценка специалистами в области обеспечения пожарной безопасности (эксперты, специалисты проектных организаций) уровня обеспечения пожарной безопасности людей на объектах с массовым пребыванием людей и объектах со сложной планировкой.

Ключевые слова: пожарная безопасность, эвакуация, потеря видимости, освещенность, динамика опасных факторов пожара.

(Поступила в редакцию 29 января 2025 г.)

Введение

За период с 2018 по 2024 г. на объектах с возможностью большого скопления людей (предприятия торговли, объекты образования и здравоохранения) произошло более 400 пожаров. Несмотря на небольшой процент произошедших пожаров на указанных объектах от общего количества (менее 1 %), их последствия могут быть значительными, поскольку в рабочее время на них присутствует большое количество людей, что может осложнить процесс эвакуации людей при пожаре.

В качестве пожаров на объектах торговли, потребовавших проведения масштабной эвакуации, можно привести пожары в ТЦ «Галерея Чижова» (02.04.2017, Воронеж), ТЦ «РИО» (11.07.2017, Москва), ТЦ «Синдика» (08.10.2017, Красногорск), ТЦ «Аист» (08.12.2017, Московская область, Раменский район), ТРЦ «Зимняя вишня» (25.03.2018, Кемерово), ТЦ «Персей для детей» (04.04.2018, Москва), ТЦ «Стройтракт» (12.12.2022, Балашиха), ТЦ «Беларусь» (13.12.2024, Витебск), ТЦ «Силуэт» (16.01.2025, Минск).

Пожарная опасность зданий многофункционального назначения, в том числе предприятий торговли, обуславливается наличием большого количества горючих материалов, разнообразием возможных источников зажигания и путей распространения опасных факторов пожара (далее – ОФП). Быстрому развитию пожаров в многофункциональных зданиях

и сложностям при их тушении способствуют большая площадь зданий, размещение помещений различного функционального назначения, наличие открытых проемов в ограждающих конструкциях (включая многосветные пространства). Продукты горения распространяются по общим путям эвакуации, что вызывает сложность обеспечения эвакуации и проведения спасательных работ.

В данном случае отсутствие возможности идентифицировать расположение эвакуационных выходов ввиду плохой видимости внутри зданий по причине плотного задымления, недостаточного освещения путей эвакуации или эвакуационных выходов может стать основной причиной травмирования людей на пожаре.

Основная часть

В настоящее время основными техническими решениями по обеспечению безопасной эвакуации помимо нормирования параметров эвакуационных путей и выходов, являются знаки безопасности, сигнальная разметка, планы эвакуации, светящиеся (световые) средства безопасности (сигнальные лампы, табло и т.д.) и другие визуальные средства. Световые указатели, обозначающие маршруты движения при эвакуации, устанавливаются на высоте 1,7–2,5 м, световые указатели «Выход» – не более 0,5 м над дверными проемами эвакуационных выходов¹.

Одним из ОФП, осложняющим эвакуацию людей, является дым, который может затемнять оптическую среду (поглощать и рассеивать свет от источников естественного или искусственного освещения) в направлении движения на путях эвакуации, уменьшая возможность распознавания визуальных средств обеспечения безопасности, в том числе в начальной стадии пожара. Также необходимо учитывать тот факт, что в случае паники и ограниченной видимости люди с большей вероятностью смотрят вниз и по сторонам, чем вверх.

В связи с этим при решении вопросов обеспечения успешной эвакуации необходимо оценивать возможность использования визуальных средств управления движением людей по эвакуационным путям с учетом динамики распространения дыма и его оптической плотности.

В качестве объекта исследования выбрано здание одного из торговых центров Минска. Торговые павильоны и магазины расположены на четырех уровнях. Нижний уровень изолирован от остальных трех этажей, которые представляют единый торговый комплекс. На втором этаже расположена батутно-развлекательная арена, в которой имеется наибольшая пожарная нагрузка. Площадь торговых помещений в торговом центре с учетом занятой торговым оборудованием составляет 2913 м². Нормируемая площадь помещений на одного человека составляет 3 м², таким образом, максимальная расчетная вместимость торговых помещений составила 971 человек².

Для определения расчетного времени эвакуации людей из торгового комплекса использовалось программное обеспечение Pathfinder. Ширина основных проходов и проходов между оборудованием установлена по результатам натурного обследования, средняя площадь горизонтальной проекции покупателей принималась с учетом справочной

¹ Система стандартов безопасности труда. Цвета сигнальные, знаки безопасности и разметка сигнальная. Назначение и правила применения. Общие технические требования и характеристики. Методы испытаний: ГОСТ 12.4.026-2015. – Введ. 01.04.2018 (с отменой на территории Респ. Беларусь СТБ 1392-2003). – Минск: Белорус. гос. ин-т стандартизации и сертификации, 2015. – 75 с.

² Пожарная безопасность зданий и сооружений: СН 2.02.05-2020. – Взамен СН 2.02.01-2019; введ. 12.11.2020. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 70 с. – URL: <https://bpsignal.by/uploads/files/pdf/sn-20205-2020-pozharnaia-bezopasnost-zdanii-i-sooruzhenii.pdf> (дата обращения: 21.01.2025).

информации³. Также принято допущение о том, что при нормальной эксплуатации здания около 25 % покупателей постоянно находятся в основных проходах.

Распределение посетителей торгового центра по полу и возрасту проведено на основании опубликованных результатов исследований: средний возраст – 37 лет, 47 % мужчин, 53 % женщин, доля граждан трудоспособного возраста – 82 % [1–3]. С учетом того что в здании расположена батутно-развлекательная арена для детей, принято ее заполнение детьми.

При расчете эвакуации задавалось движение людей к любому свободному, не заблокированному ОФП выходу. Общий вид расчетной модели эвакуации приведен на рисунке 1, размер ячеек сетки – 0,2×0,2×0,1 м, пожарная нагрузка – смешанная (мебель (0,75) + ткани (0,25)).



Рисунок 1. – Общий вид расчетной модели

В качестве места возникновения расчетного пожара с учетом анализа сценариев произошедших пожаров принято помещение батутно-развлекательной арены. Из помещения предусмотрено два эвакуационных выхода, при этом для расчета наихудшего сценария ближайший эвакуационный выход через лестничную клетку рядом с помещением арены являлся заблокированным ОФП и при определении расчетного времени эвакуации не учитывался.

Время задержки начала оповещения при автоматическом пуске системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре для этажа пожара принимают не более 0,5 мин⁴.

С учетом того что начало эвакуации является многофакторным процессом, начало которого зависит не только от времени включения системы оповещения, для определения времени начала эвакуации использовался нормативно-регламентированный подход⁵.

Для помещения, в котором расположен очаг пожара (площадь батутно-развлекательной арены составляет 300 м²), расчетное время начала эвакуации принято в соответствии с формулой (П4.1)⁶:

$$t_{н.э} = 5 + 0,01 \cdot F_{пом} = 8 \text{ с}, \quad (1)$$

где $F_{пом}$ – площадь помещения, м²;

5 с и 0,01 с/м² – размерные коэффициенты.

³ Об утверждении Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и пожарных отсеках различных классов функциональной пожарной опасности: приказ М-ва по чрезвычайн. ситуациям России, 14 нояб. 2022 г., № 1140: введ. 01.09.2023 // КонсультантПлюс. Беларусь: справ. правовая система (дата обращения: 21.01.2025).

⁴ Пожарная автоматика зданий и сооружений: СН 2.02.03-2019. – Введ. 29.11.2019. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 104 с. – URL: <https://bpsignal.by/uploads/files/pdf/sn-20203-2019-pozharnaia-avtomatika-zdani-i-sooruzheniy.pdf> (дата обращения: 21.01.2025).

⁵ См. сноску 3.

⁶ См. сноску 3.

Время начала эвакуации для остальных помещений здания, оборудованного системой пожарной сигнализации и системой оповещения и управления эвакуацией при пожаре, определялось по формуле (П4.2)⁷:

$$t_{н.э} = t_{пор} + t_{инерц}^{обн} + t_{задерж}^{СОУЭ} + t_{предв}, \quad (2)$$

где $t_{пор}$ – время достижения порогового значения срабатывания пожарного извещателя, с;
 $t_{инерц}^{обн}$ – время задержки, связанное с инерционностью системы обнаружения пожара, с (принято равным нулю);
 $t_{задерж}^{СОУЭ}$ – время задержки, связанное с задержкой оповещения людей при пожаре, с (принято равным нулю при одновременном оповещении людей в здании или определяется алгоритмом оповещения при поэтапном оповещении);
 $t_{предв}$ – время проведения предварительных действий, предшествующих началу эвакуации (принято равным 30 с⁸).

На объекте установлена система автоматической пожарной сигнализации АСПС 01-33-1311 «Бирюза» с дымовыми пожарными извещателями типа RF03-ДО(01). Чувствительность извещателей в соответствии с их техническими характеристиками составляет от 0,05 до 0,2 дБ/м.

На объекте установлена система оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией типа СО-4 в соответствии с нормативными требованиями⁹.

Поскольку в программном обеспечении Pyrosim для описания параметров работы пожарных извещателей используется величина затухания излучения, выраженная в процентах, а в технической документации на извещатели пожарные RF03-ДО(01) чувствительность извещателей приведена в децибелах, произведено сопоставление указанных величин по формуле [4]:

$$A = 100 - 10^{2-0,1 \cdot M}, \quad (3)$$

где A – величина затухания излучения, %/м;
 M – чувствительность извещателя, дБ/м;
 0,1 м/дБ – размерный коэффициент.

Для извещателей пожарных RF03-ДО(01) с $M = 0,2$ дБ/м, пороговая величина затухания излучения составит $A = 4,5$ %/м.

В соответствии с расчетами динамики ОФП, проведенными в программном обеспечении Pyrosim, в помещении батутно-развлекательной арены срабатывание двух извещателей произойдет через 28 с после начала пожара (рис. 2, 3).

Таким образом, время задержки срабатывания системы автоматической пожарной сигнализации составит $t_{пор} = 28$ с, а время начала эвакуации из здания торгового центра (за исключением помещения батутно-развлекательной арены) $t_{н.э} = 58$ с.

При проведении расчета времени эвакуации в программном обеспечении Pathfinder было просчитано 5 сценариев в зависимости от того, какой эвакуационный выход принимался заблокированным в соответствии с требованиями нормативных правовых актов. Расположение эвакуационных выходов приведено на рисунке 2.

⁷ См. сноску 3.

⁸ См. сноску 3.

⁹ См. сноску 4.

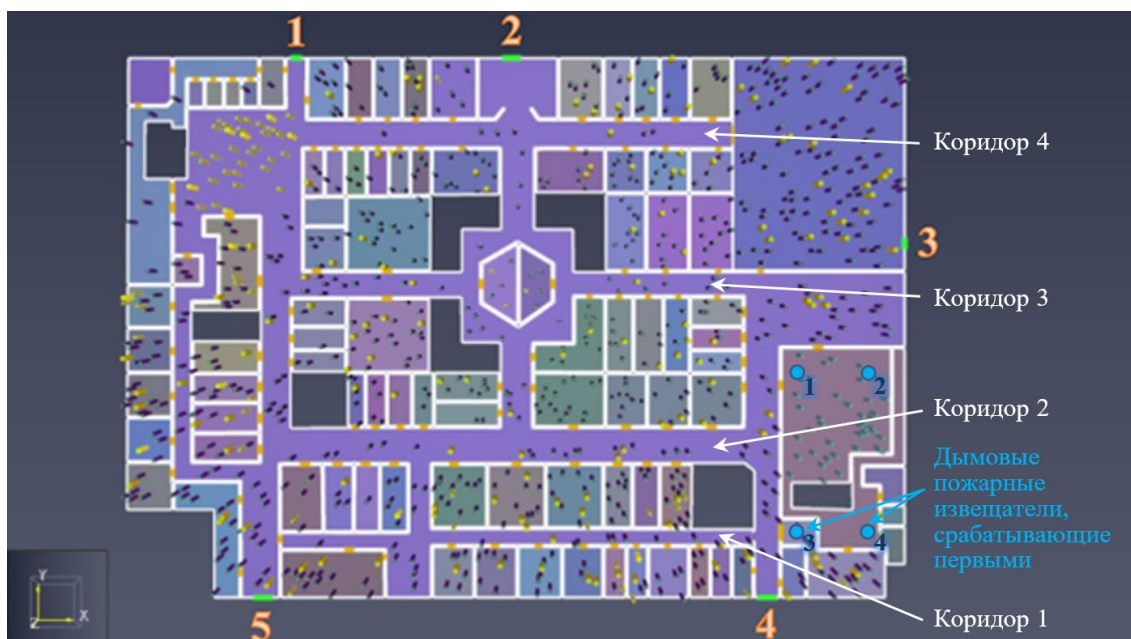


Рисунок 2. – Расположение пожарных извещателей в помещении батутно-развлекательной арены, эвакуационных выходов и основных путей эвакуации на этаже пожара

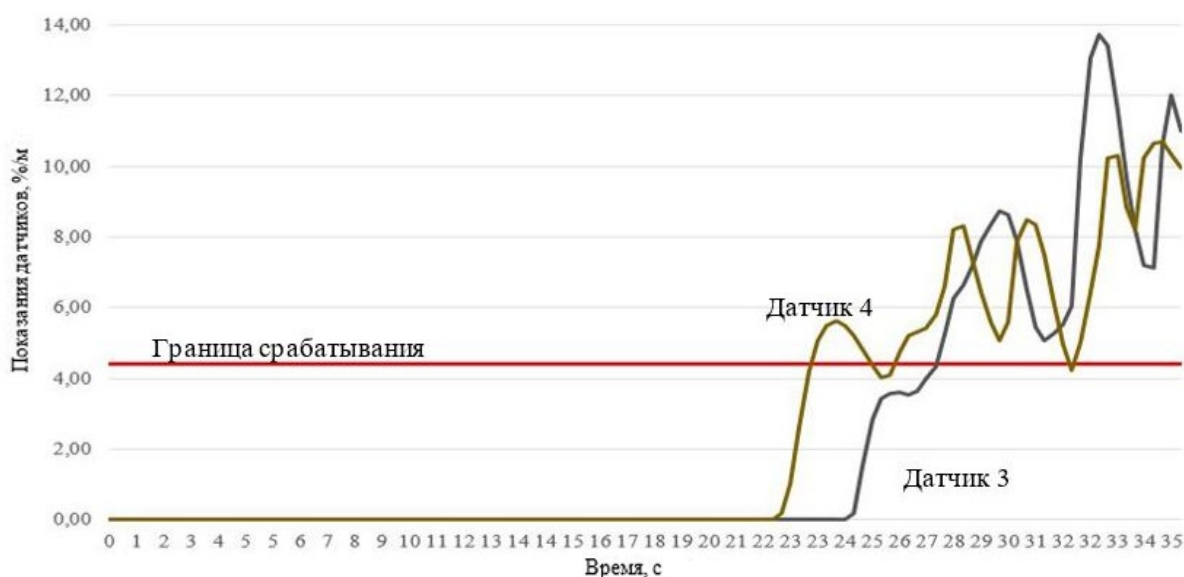


Рисунок 3. – График зависимости показателей дымовых датчиков от времени (датчики 3 и 4 в помещении батутно-развлекательной арены, срабатывание которых произойдет раньше остальных)

В таблице 1 приведены результаты определения расчетного времени эвакуации в зависимости от блокируемого эвакуационного выхода (без учета времени задержки начала эвакуации).

Таблица 1. – Результаты определения расчетного времени эвакуации (без учета задержки начала эвакуации)

№ сценария	Номер блокируемого эвакуационного выхода в соответствии с рисунком 2	Расчетное время эвакуации, с
1	Выход № 1	145
2	Выход № 2	175
3	Выход № 3	146
4	Выход № 4	245
5	Выход № 5	170

Из результатов расчета видно, что при наихудшем варианте эвакуации для выхода всех людей с этажа потребуется 245 с (заблокирован эвакуационный выход № 4, расположенный рядом с помещением, где находится очаг пожара). Общее время эвакуации со второго этажа составит 303 с.

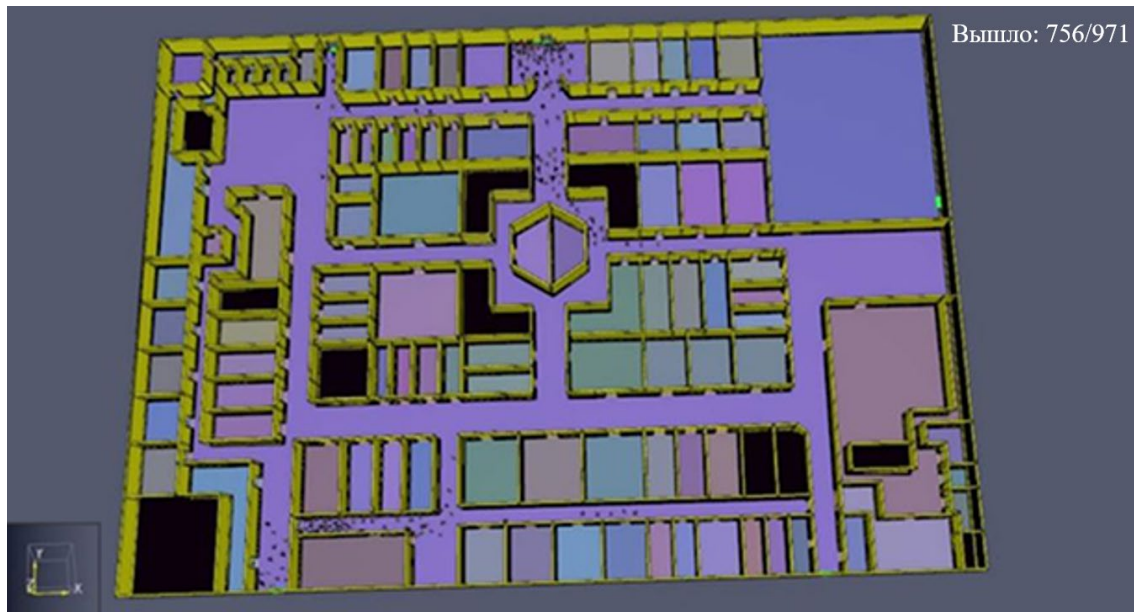


Рисунок 4. – Промежуточные результаты расчета эвакуации при блокировании эвакуационного выхода № 4 для 100 с процесса эвакуации

Для проверки обеспечения безопасной эвакуации людей необходимо сопоставить результаты расчета времени эвакуации посетителей с динамикой распространения ОФП.

Предварительный расчет динамики распространения ОФП по методике ГОСТ 12.1.004–91¹⁰ показал, что время наступления предельно допустимых значений по повышенной температуре составило 320 с, по потере видимости – 124 с, по пониженному содержанию кислорода – 333 с. По выделению газообразных токсичных продуктов горения ОФП не представляют опасности. С учетом того что результаты расчета динамики ОФП по интегральной модели пожара свидетельствуют о том, что безопасная эвакуация не обеспечивается по критерию потери видимости (необходимое время эвакуации $t_{нб} = 1,65$ мин, расчетное время эвакуации $t_p = 4,08$ мин), было принято решение провести уточненный расчет динамики распространения ОФП с использованием полевой модели (программное обеспечение Pyrosim) для определения изменения основных оптических характеристик дыма (видимость на путях эвакуации) и уменьшения возможности распознавания эвакуационных знаков.

При расчете динамики ОФП учитывалось наличие в покрытии торгового центра клапанов дымоудаления с естественным отводом дыма и тепла размерами $1,2 \times 1,4$ м, включаемыми от системы автоматической пожарной сигнализации.

По результатам расчета динамики ОФП с использованием Pyrosim критическая продолжительность пожара по потере видимости составила 80 с, что соответствует $t_{нб} = 1,06$ мин. С этого момента и далее начинается последовательное блокирование общих путей эвакуации ОФП по критерию потери видимости в направлении движения (рис. 5, 6).

Анализ результатов расчета показал, что наступление критического значения такого ОФП, как видимость, происходит раньше, чем люди успевают эвакуироваться в безопасную зону.

¹⁰ Пожарная безопасность. Общие требования: ГОСТ 12.1.004–91. – Введ. 01.07.1992. – М.: Стандартинформ, 2006. – 64 с.

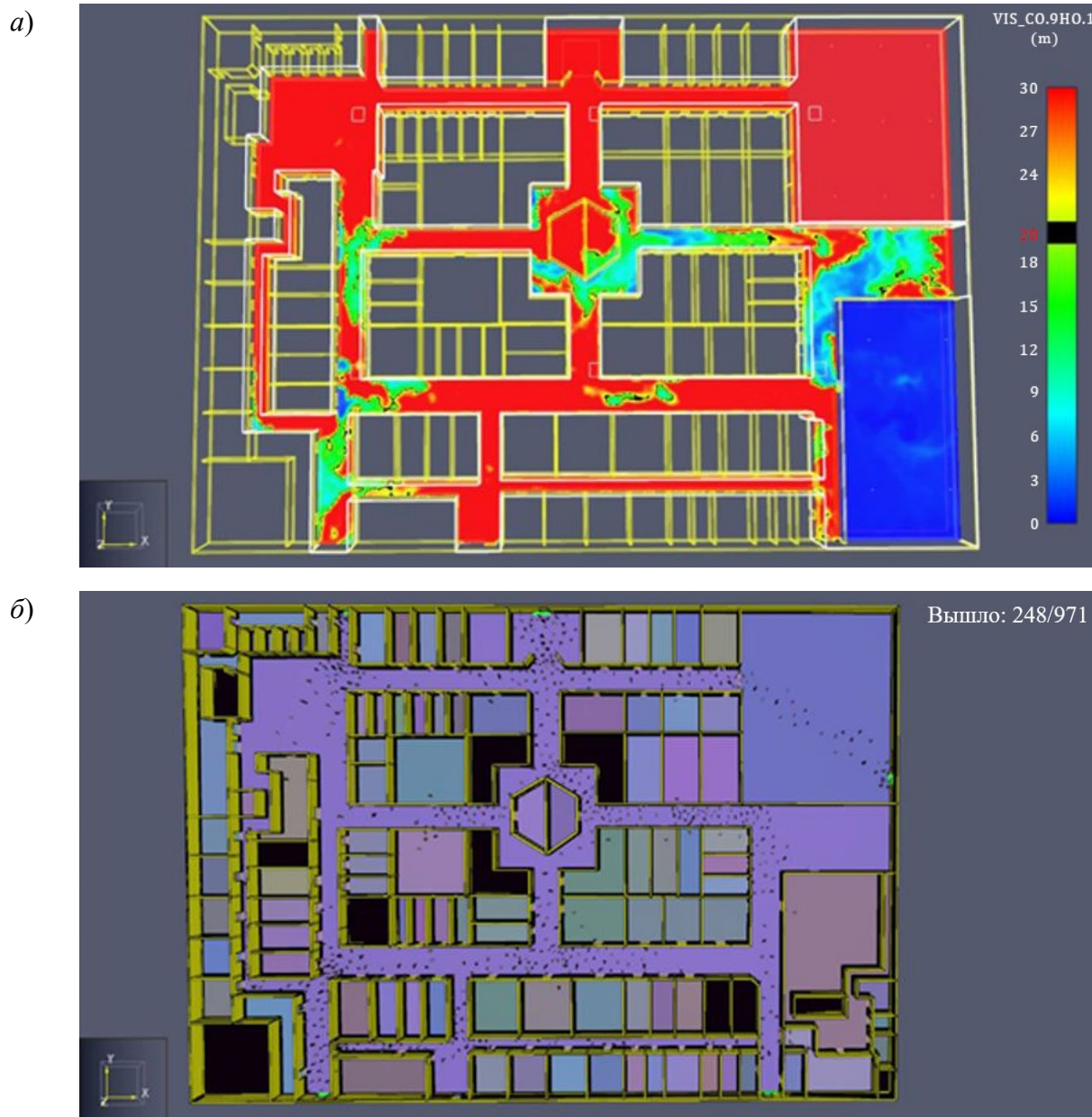


Рисунок 5. – Визуализация распределения полей видимости на высоте 1,7 м (а) и размещения эвакуирующихся через 100 с после начала пожара (б)

Для обеспечения успешной эвакуации в данном случае требуется предусмотреть дополнительные технические решения по размещению на путях эвакуации знаков, указывающих направление движения к эвакуационным выходам, которые будут различимы в течение всего времени эвакуации с учетом задымления.

Для создания расчетной модели распространения света в условиях задымления необходимо учитывать ослабление светового потока как из-за поглощения, так и из-за рассеяния света. Для расчета использовалась программа DIALux evo, позволяющая корректно учитывать поглощение и рассеяние в среде. При этом в последовательном режиме проводился расчет распространения света в среде с различными величинами ослабления и для разных расстояний до визуальных средств управления процессом эвакуации, а в непоследовательном режиме уточнялись величина и распределение освещенности в плоскости приемника (глаз человека), что необходимо для оценки дальности видимости. На рисунке 7 представлена расчетная модель здания.

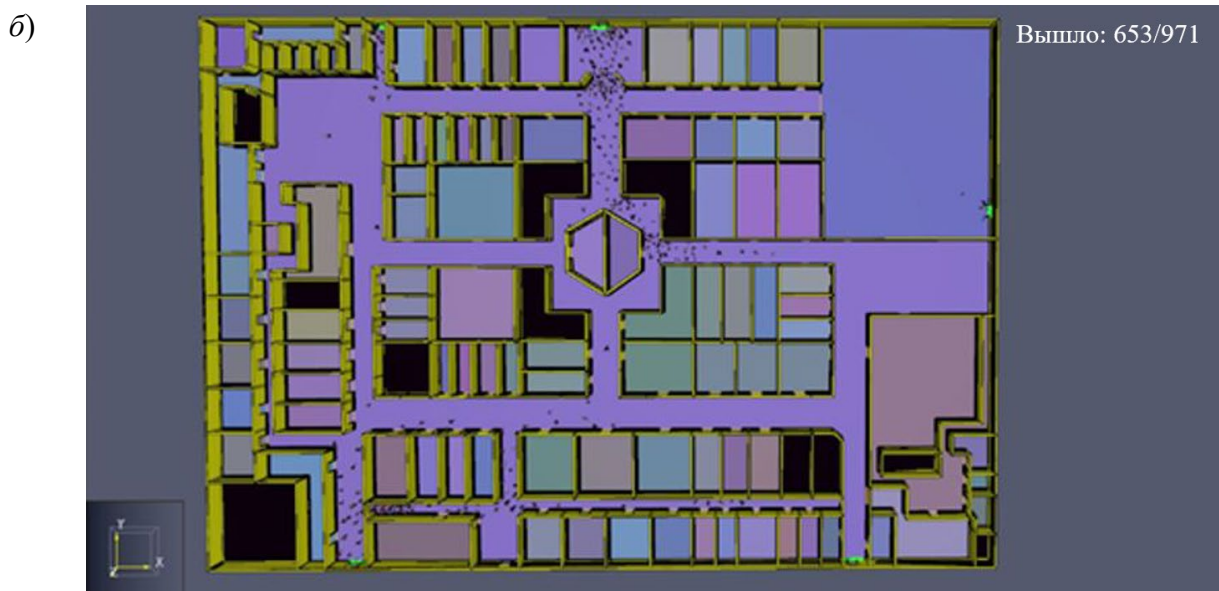
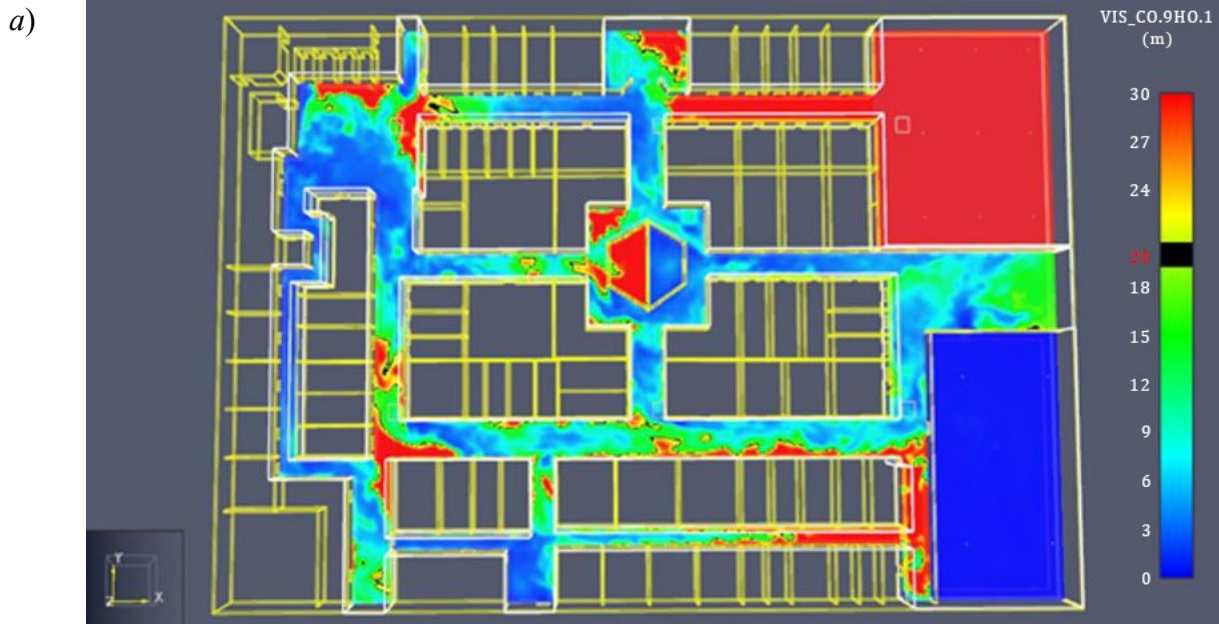


Рисунок 6. – Визуализация распределения полей видимости на высоте 1,7 м (а) и размещения эвакуирующихся через 140 с после начала пожара (б)

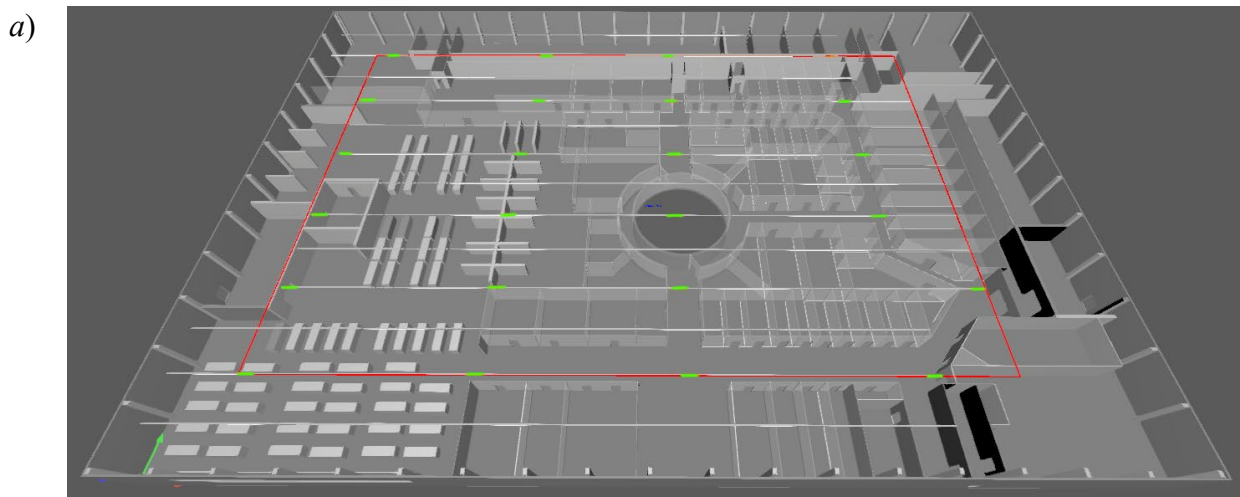


Рисунок 7. – Общий вид расчетной модели здания (DIALux evo, зеленым цветом выделены светильники аварийного освещения (а) и световые табло (б))

б)

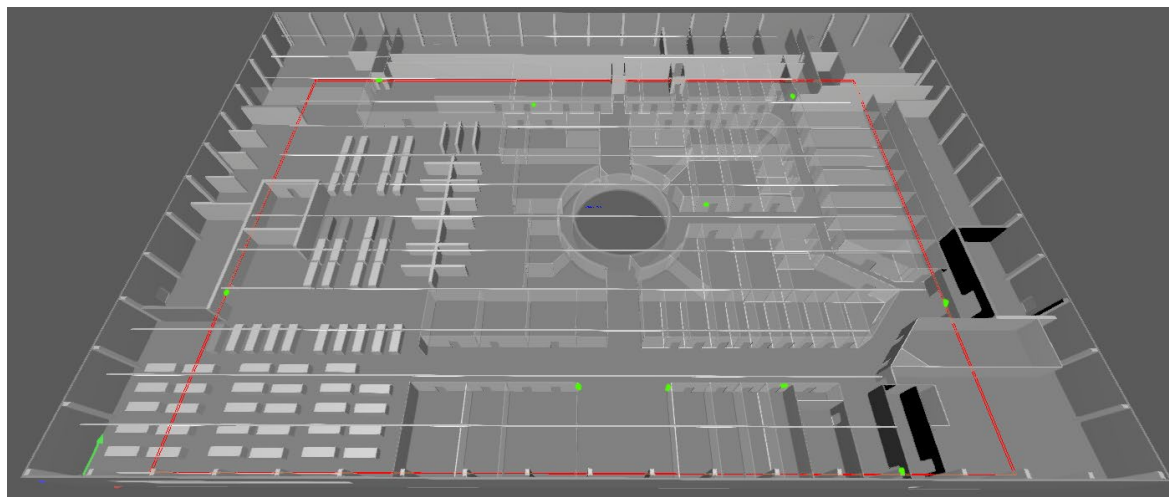

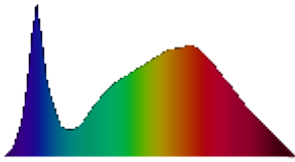





Рисунок 7. – Общий вид расчетной модели здания (DIALux evo, зеленым цветом выделены светильники аварийного освещения (а) и световые табло (б))

Для расчетного сценария принят наихудший вариант – вечернее время (без дневного света), пора года – зима. В соответствии с нормативными требованиями¹¹ эвакуационное освещение должно обеспечивать наименьшую освещенность на полу основных проходов 0,5 лк. Для определения фактической освещенности используем фотометрические характеристики установленных на объекте светильников освещения, которые приведены в таблице 2.

Таблица 2. – Характеристики светильников, установленных в торговом центре

Тип светильника LED	Световой поток, лм	Мощность, Вт	Свето-отдача, лм/Вт	Спектр	Цветовая температура, К	Индекс цветопередачи, R_a
Активный светильник 	8788	66	133,2		3991	84
Светильник эвакуационный 	50	3	1,7		6498	98
Светильник аварийно-эвакуационный 	40		1,3			

По результатам расчета показателей линейных датчиков, установленных в основных коридорах в местах размещения светильников аварийного освещения по их оптической оси (по три датчика на коридор) торгового центра на высоте от 1,7 до 3,8 м (высота установки электрических светильников аварийного освещения), установлено, что на 118-й с после начала пожара (без учета времени задержки эвакуации) ослабление излучения составит 96 %.

¹¹ Естественное и искусственное освещение: СН 2.04.03-2020 – Введ. 30.10.2020. – Минск: Минстройархитектуры, 2021. – 86 с. – URL: <https://mirdomov.by/estestvennoei-iskusstvennoe-osveshhenie/> (дата обращения: 21.01.2025).

Результаты расчетов освещенности светильниками аварийного освещения приведены на рисунке 8, показания датчиков ослабления излучения по результатам расчета в Pygosim – на рисунке 9.

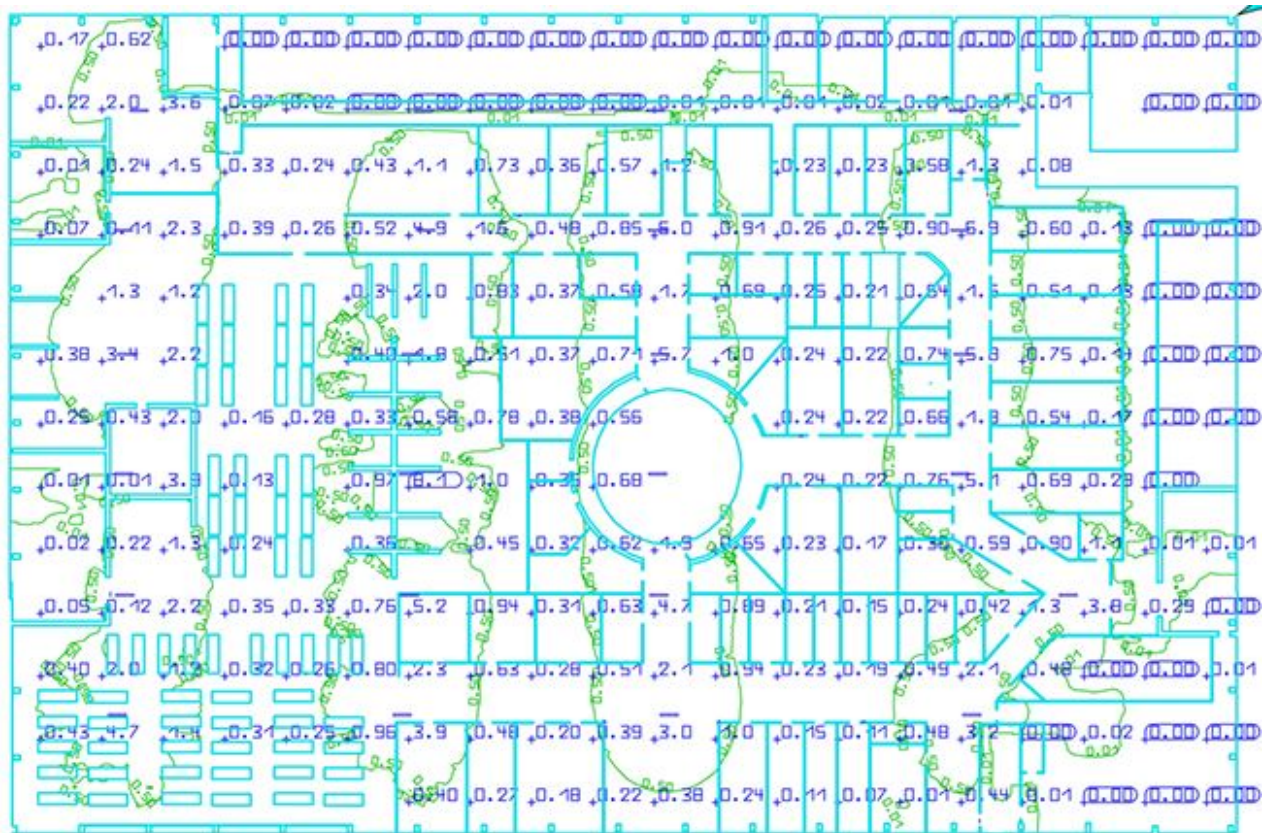
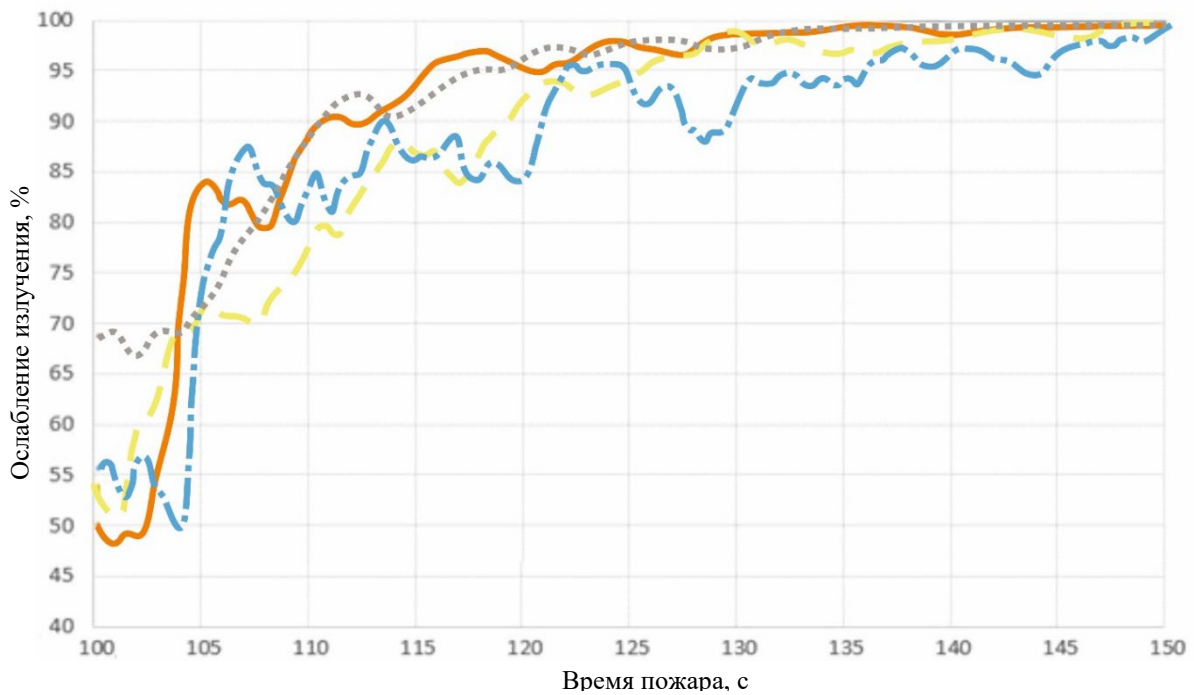


Рисунок 8. – Границы освещенности пола 0,5 лк при ослаблении излучения на 96 %



..... – коридор 1; - . - – коридор 2; — — — – коридор 3; — — — – коридор 4

Рисунок 9. – Показания линейных датчиков, установленных в основных коридорах торгового центра (датчики установлены вертикально на высоте от 1,7 до 3,8 м, средние значения трех датчиков каждого коридора, сглаживание по 20 точкам)

Сопоставив результаты расчета освещенности с расчетом эвакуации видно, что на 118-й с пожара в основных коридорах еще находятся посетители (рис. 10), не достигшие эвакуационных выходов, которые не смогут увидеть световые указатели «Выход» и указатели направления эвакуации по причине ослабления излучения (освещенность в коридорах будет менее 0,5 лк).

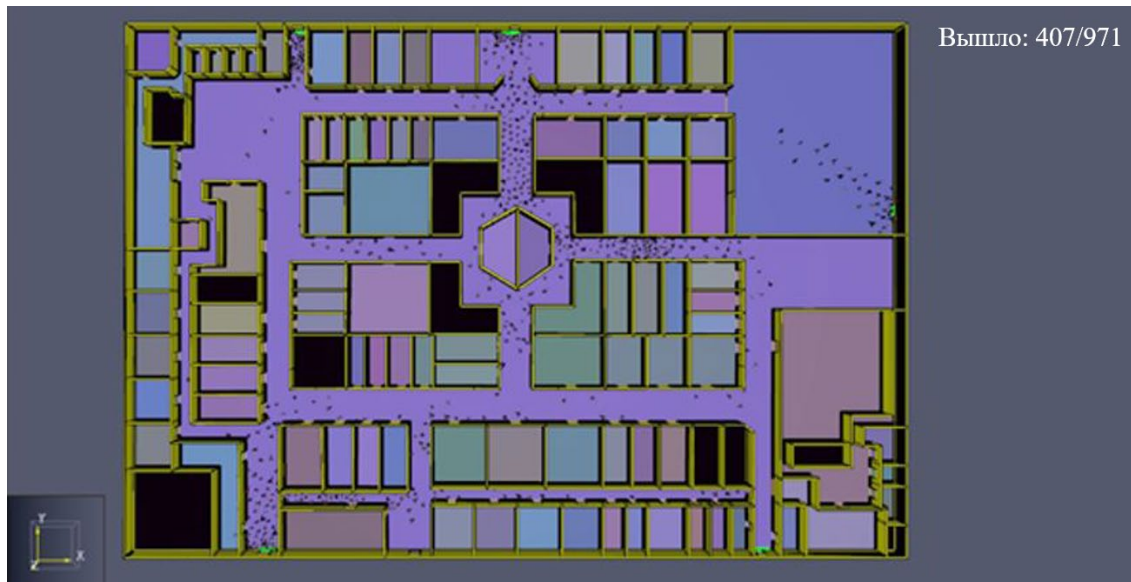


Рисунок 10. – Результаты расчета эвакуации на 118-й с пожара (с учетом времени задержки начала эвакуации)

Исходя из полученных результатов можно сделать вывод, что стандартных световых указателей для успешной эвакуации будет недостаточно. В условиях недостаточной видимости будет затруднительно найти необходимый путь к эвакуационному выходу, а световые указатели, расположенные над дверными проемами, не будут видны.

Вместе с тем результаты определения показаний линейных датчиков, установленных в основных коридорах торгового центра на высоте от 1,7 м до уровня пола (рис. 11), показывают, что на 118-й с пожара максимальное ослабление излучения составит 23 %.

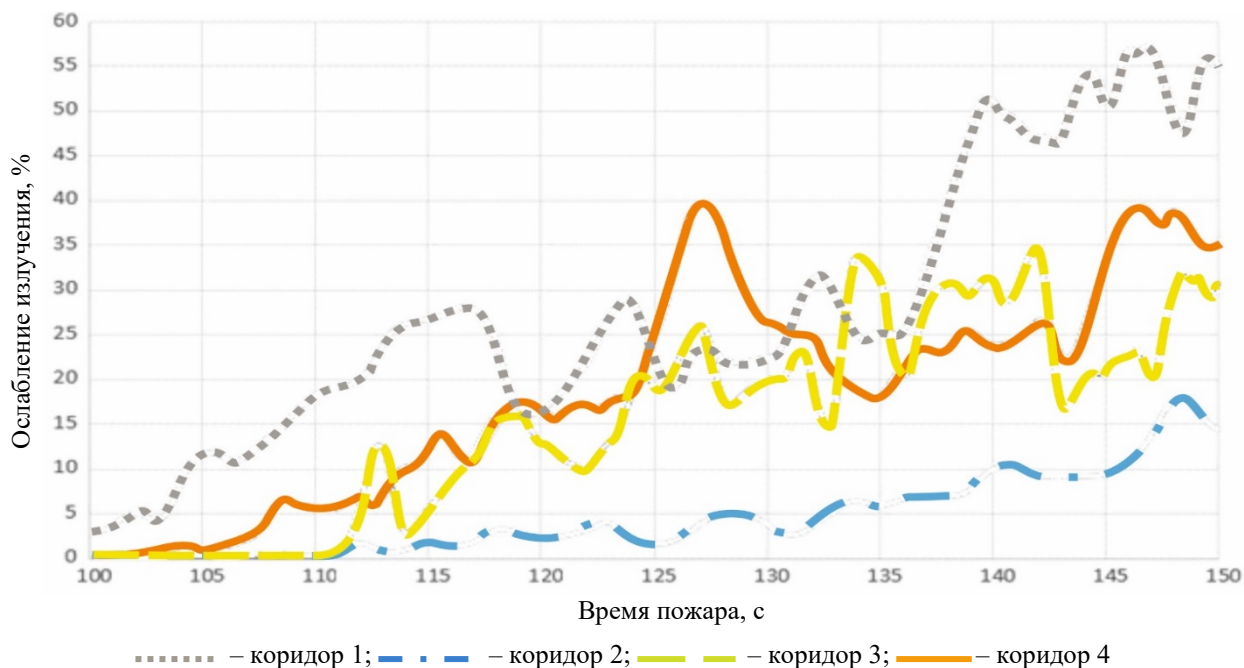


Рисунок 11. – Показания линейных датчиков ослабления излучения в основных коридорах с высоты 1,7 м до уровня пола (датчики установлены вертикально, средние значения трех датчиков каждого коридора, сглаживание по 20 точкам)

В указанных условиях для обеспечения успешной эвакуации целесообразно использовать дополнительные визуальные средства организации эвакуации, которые в настоящее время представлены сигнальной разметкой¹², размещаемой на поверхностях, стенах, перегородках, перилах ниже уровня глаз. С учетом того что расчеты показывают наличие условий недостаточной освещенности при распространении дыма по путям эвакуации, необходимо использование разметки направления эвакуации с применением фотолюминесцентных материалов, т.к. использование несветящихся или световозвращающих материалов не позволит увидеть разметку в условиях недостаточной освещенности [5]. При этом фотолюминесцентные указатели, в том числе сигнальная разметка, имеют высокую надежность, простоту монтажа, обусловленную отсутствием источника питания и связанных с этим электрических цепей.

В целях обеспечения сохранности и работоспособности разметки в процессе эксплуатации фотолюминесцентные указатели (разметку) целесообразно размещать не выше уровня глаз посетителей, но выше уровня доступности для детей.

Проведенные исследования продемонстрировали, что для объектов с массовым пребыванием людей и сложной планировкой решений по обеспечению безопасной эвакуации, реализованных с использованием детерминированного подхода, не всегда бывает достаточно. Поэтому для случаев, когда обеспечение безопасной эвакуации или соответствие проектных решений по эвакуации людей из помещений и здания должны подтверждаться расчетами, необходимо учитывать динамику ОФП и ее влияние на запроектированные технические средства обеспечения безопасной эвакуации для принятия решения о необходимости разработки дополнительных мероприятий по обеспечению успешной эвакуации.

Предлагаемый алгоритм определения дополнительных мероприятий обеспечения успешной эвакуации людей из зданий по критерию потери видимости приведен на рисунке 12.

Заключение

В результате изучения последствия крупных пожаров на объектах со сложной планировкой и на объектах с массовым пребыванием людей в Республике Беларусь и за рубежом установлено, что одной из причин травмирования и гибели людей в результате воздействия ОФП являлось отсутствие возможности идентифицировать расположение эвакуационных выходов ввиду плохой видимости внутри зданий (плотное задымление, недостаточная освещенность путей эвакуации или указателей эвакуационных выходов). На примере одного из торговых центров г. Минска расчетным путем и с помощью моделирования определено время наступления критических значений ОФП. Установлено, что наступление предельно допустимого значения такого ОФП, как потеря видимости наступит раньше, чем завершится расчетный процесс эвакуации с горящего этажа.

На основании результатов анализа сделан вывод о необходимости применения на объекте дополнительных решений по размещению на путях эвакуации визуальных технических средств управления эвакуацией, которые будут различимы в условиях недостаточной освещенности.

¹² См. сноску 1.

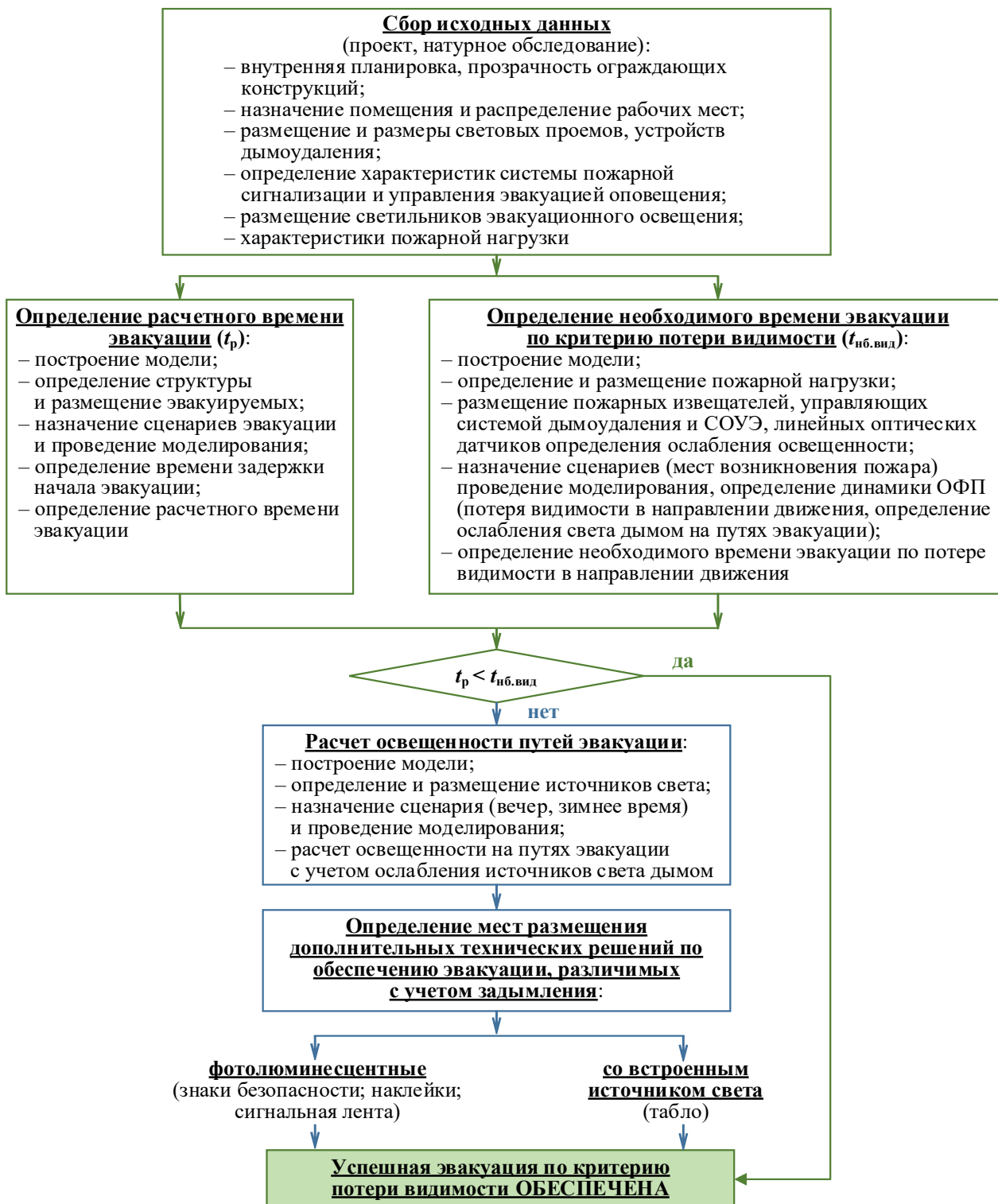


Рисунок 12. – Алгоритм определения дополнительных мероприятий обеспечения успешной эвакуации людей из зданий по критерию потери видимости

ЛИТЕРАТУРА

1. Нотман, О.В. Привлекательность общественных пространств мегаполиса в оценках его жителей (на примере ТРЦ и парковых зон Екатеринбурга) / О.В. Нотман, А.П. Багирова // Мониторинг общественного мнения: экономические и социальные перемены. – 2018. – № 6. – С. 347–364. – DOI: 10.14515/monitoring.2018.6.16. – EDN: YZYIFF.
2. Rahmawati, R. Profiling shopping mall customer based on demographics and shopping motivation / R. Rahmawati // Jurnal Manajemen dan Kearifan Lokal Indonesia. – 2019. – Vol. 3, No. 2. – P. 74–83. – DOI: 10.26805/jmkli.v3i2.64.

3. Katrodia, A. Consumer buying behavior at shopping malls: does gender matter? / A. Katrodia, M.J. Naude, S. Soni // *Journal of Economics and Behavioral Studies*. – 2018. – Vol. 10, No. 1. – P. 125–134. – DOI: 10.22610/jeps.v10i1(J).2095.
4. Неплохов, И.Г. УФ + ИК В линейном дымовом извещателе. Результаты экспериментальных исследований / И.Г. Неплохов // *Алгоритм безопасности*. – 2016. – № 1. – С. 22–26. – URL: <https://www.telecamera.ru/content/articles/s6657/e47787/> (дата обращения: 21.01.2025). – EDN: XHEEAV.
5. Цветков, В.Б. Исследование распространения светового сигнала от фотолюминесцентных указательных знаков в условиях задымления / В.Б. Цветков, В.Ф. Серегин, Д.Ю. Ципенюк, Р.Г. Аванесов // *Технологии техносферной безопасности*. – 2011. – № 1 (35). – С. 5. – EDN: RBTXBN.

Обеспечение успешной эвакуации людей с использованием сигнальной разметки
Providing the effectiveness of people evacuation using emergency sign marking

Иваницкий Александр Григорьевич

кандидат технических наук, доцент
Государственное учреждение образования
«Университет гражданской защиты
Министерства по чрезвычайным ситуациям
Республики Беларусь», кафедра
пожарной безопасности, профессор
Адрес: ул. Машиностроителей, 25,
220118, г. Минск, Беларусь
Email: A.Ivanitski@gmail.com
SPIN-код: 9975-6251

Aleksandr G. Ivanitskiy

PhD in Technical Sciences, Associate Professor
State Educational Establishment «University
of Civil Protection of the Ministry for Emergency
Situations of the Republic of Belarus»,
Chair of Fire Safety, Professor
Address: Mashinostroiteley str., 25,
220118, Minsk, Belarus
Email: A.Ivanitski@gmail.com
ORCID: 0000-0003-1219-962X

Шалавинский Андрей Сергеевич

Учреждение «Могилевское областное
управление МЧС Республики Беларусь»,
Краснопольский районный отдел
по чрезвычайным ситуациям,
первый заместитель начальника отдела
Адрес: ул. Ленинская, 62,
213561, г.п. Краснополье,
Могилевская область, Беларусь
Email: ashalavinski@mail.ru

Andrey S. Shalavinskiy

Institution «Mogilev Regional Administration
of the Ministry of Emergency Situations
of the Republic of Belarus», Krasnopol'e District
Department for Emergency Situations,
First Deputy Head of the Department
Address: Leninskaya str., 62,
213561, Krasnopol'e,
Mogilev region, Belarus
Email: ashalavinski@mail.ru

PROVIDING THE EFFECTIVENESS OF PEOPLE EVACUATION USING EMERGENCY SIGN MARKING

Ivanitskiy A.G., Shalavinskiy A.S.

Purpose. Based on the results of a field survey of complex floor plan and overcrowded building, to assess the provision of successful evacuation, taking into account the dynamics of fire hazards using specialized software products, determine the need to use additional technical measures to ensure the successful evacuation of people; to develop an algorithm for determining additional technical measures to ensure the successful evacuation of people from buildings with mass presence of people and complex architectural planning based on the criterion of visibility loss.

Methods. Review, analysis and comparison of published results of experimental and theoretical research, fire dynamics and evacuation of people modeling.

Findings. The calculation method using modeling was applied to determine the time of occurrence of critical values and determining fire hazard: the maximum permissible value of the dangerous factor of fire for loss of visibility occurs earlier than the completion of the calculated process of evacuation from the floor of the fire. Taking into account illumination and visibility parameters on evacuation routes, the need to use an additional visual technical means of evacuation control – emergency route sign marking, is justified. An algorithm is proposed for determining additional measures to ensure the successful evacuation of people from buildings according to the criterion of loss of visibility, taking into account changes in illumination along evacuation routes as a result of the spread of fire hazards along them.

Application field of research. Assessment by specialists in the field of fire safety (experts, specialists from design organizations) of the level of fire safety of people at buildings with complex architectural planning and mass presence of people.

Keywords: fire safety, evacuation, loss of visibility, illumination, fire hazard dynamics.

(The date of submitting: January 29, 2025)

REFERENCES

1. Notman O.V., Bagirova A.P. Privlekatel'nost' obshchestvennykh prostranstv megapolisa v otsenkakh ego zhitel'ey (na primere TRTs i parkovykh zon Ekaterinburga) [Attractiveness of megalopolis public spaces as evaluated by its residents (through the example of shopping and entertainments centers and park zones of Yekaterinburg)]. *Monitoring of Public Opinion: Economic and Social Changes*, 2018. No. 6. Pp. 347–364. (rus). DOI: 10.14515/monitoring.2018.6.16. EDN: YZYIFF.
2. Rahmawati R. Profiling shopping mall costumer based on demographics and shopping motivation. *Jurnal Manajemen dan Kearifan Lokal Indonesia*, 2019. Vol. 3, No. 2. Pp. 74–83. DOI: 10.26805/jmkli.v3i2.64.
3. Katrodia A., Naude M.J., Soni S. Consumer buying behavior at shopping malls: does gender matter? *Journal of Economics and Behavioral Studies*, 2018. Vol. 10, No. 1. Pp. 125–134. DOI: 10.22610/jeb.v10i1(J).2095.
4. Neplov I.G. UF + IK V lineynom dymovom izveshchatele. Rezul'taty eksperimental'nykh issledovaniy [UV + IR in a linear smoke detector. Results of experimental research]. *Algoritm bezopasnosti*, 2016. No. 1. Pp. 22–26. Available at: <https://www.telecamera.ru/content/articles/s6657/e47787/> (accessed: January 21, 2024). (rus). EDN: XHEEAV.
5. Tsvetkov V.B., Seregin V.F., Tsipenyuk D.Yu., Avanesov R.G. Issledovanie rasprostraneniya svetovogo signala ot fotoluminescentnykh ukazatel'nykh znakov v usloviyakh zadymleniya [Investigation of the light signal propagation from photoluminescent indicating signs in the smoke area]. *Technology of Technosphere Safety*, 2011. No. 1 (35). Pp. 5. (rus). EDN: RBTXBN.

Copyright © 2025 Ivanitskiy A.G., Shalavinskiy A.S.

This work is licensed under a Creative Commons Attribution-NonCommercial 4.0 International License.