



## СОДЕРЖАНИЕ

ОПРЕДЕЛЕНИЯ.....	3
ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ.....	5
ВВЕДЕНИЕ.....	6
1. Основы управления пожарными рисками в зданиях и сооружениях.....	10
1.1 Актуальность темы исследования.....	10
1.2 Порядок проведения оценки пожарного риска.....	17
1.3 Основные проблемы управления пожарными рисками объектов.....	22
1.4 Выбор объекта исследования.....	36
2. Теоретические основы расчета пожарного риска.....	40
2.1 Порядок расчета пожарного риска.....	40
2.2 Математические аспекты расчета времени эвакуации.....	48
2.3 Выбор методов исследования.....	52
3. Исследование путей управления пожарными рисками.....	55
3.1 Упрощенная аналитическая модель расчета на примере детского сада.....	55
3.2 Имитационно – стохастическая модель расчета на примере детского сада.....	58
3.3 Упрощенная аналитическая и имитационно- стохастическая модели расчета при блокировании одного пути эвакуации.....	61
3.4 Сравнение расчетов времени эвакуации.....	68
3.5 Время блокирования здания опасными факторами пожара.....	69
3.6 Динамика развития опасных факторов пожара.....	71
3.7 Определение расчетной величины индивидуального пожарного риска и сопоставление ее с нормативным значением индивидуального пожарного риска.....	83
ЗАКЛЮЧЕНИЕ.....	93
СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ.....	95

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ

В настоящей магистерской диссертации применяют следующие термины с соответствующими определениями:

Независимая оценка пожарного риска – это альтернатива проверке объекта пожарной инспекцией, только без наложения штрафов и приостановки деятельности помещений.

«Допустимый пожарный риск – пожарный риск, уровень которого допустим и обоснован исходя из социально-экономических условий.

Индивидуальный пожарный риск – пожарный риск, который может привести к гибели человека в результате воздействия опасных факторов пожара;

Класс конструктивной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая степенью участия строительных конструкций в развитии пожара и образовании опасных факторов пожара;

Класс функциональной пожарной опасности зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, определяемая назначением и особенностями эксплуатации указанных зданий, сооружений, строений и пожарных отсеков, в том числе особенностями осуществления в указанных зданиях, сооружениях, строениях и пожарных отсеках технологических процессов производства;

Объект защиты – продукция, в том числе имущество граждан или юридических лиц, государственное или муниципальное имущество (включая объекты, расположенные на территориях поселений, а также здания, сооружения, транспортные средства, технологические установки, оборудование, агрегаты, изделия и иное имущество), к которой установлены

или должны быть установлены требования пожарной безопасности для предотвращения пожара и защиты людей при пожаре;

Опасные факторы пожара – факторы пожара, воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к материальному ущербу;

Пожарный риск – мера возможности реализации пожарной опасности объекта защиты и ее последствий для людей и материальных ценностей;

Степень огнестойкости зданий, сооружений и пожарных отсеков – классификационная характеристика зданий, сооружений и пожарных отсеков, определяемая пределами огнестойкости конструкций, применяемых для строительства указанных зданий, сооружений и отсеков;

Эвакуационный выход – выход, ведущий на путь эвакуации, непосредственно наружу или в безопасную зону;

Эвакуационный путь (путь эвакуации) – путь движения и (или) перемещения людей, ведущий непосредственно наружу или в безопасную зону, удовлетворяющий требованиям безопасной эвакуации людей при пожаре;

Эвакуация – процесс организованного самостоятельного движения людей непосредственно наружу или в безопасную зону из помещений, в которых имеется возможность воздействия на людей опасных факторов пожара» [2].

## ОБОЗНАЧЕНИЯ И СОКРАЩЕНИЯ

МЧС – Министерство чрезвычайных ситуаций

ГПС – Государственная противопожарная служба

РФ – Российская Федерация

ФЗ – Федеральный закон

СНиП – Строительные нормы и правила

АПС – Автоматическая пожарная сигнализация

СОУЭ – Система оповещения и управления эвакуацией

С0 – Класс конструктивной пожарной опасности здания

НПО – Научно-производственное объединение

ОНД – отдел или отделение надзорной деятельности субъекта РФ территориального уровня, входящие в структуру УНД ГУ МЧС субъекта

УНД ГУ МЧС – управление надзорной деятельности главного управления министерства чрезвычайных ситуаций

ПБ – пожарная безопасность

НОР – независимая оценка пожарного риска

ОФП – опасные факторы пожара

## ВВЕДЕНИЕ

Актуальность темы исследования. В связи с действующей в нашей стране практики «гибкого» противопожарного нормирования для большинства объектов различного назначения производится оценка пожарного риска с целью обоснования их пожарной безопасности. Последние изменения, внесенные в «Методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]), касаются непосредственно класса функциональной пожарной опасности Ф1.1 – здания детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений.

Цель исследования – изучить особенности применения действующей методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности на примере одного из общественных объектов г. Тольятти для выявления путей управления пожарными рисками зданий различного назначения.

Задачи исследования:

1. Выбрать объект исследования.
2. Исследовать расчетным путем различные модели эвакуации людей при пожаре, рекомендуемые методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]) для выбранного объекта.

3. Исследовать расчетным путем влияние выбора различных сценариев возникновения и развития пожаров на итоговую величину пожарного риска для выбранного объекта.
4. Разработать рекомендации по управлению пожарными рисками при реконструкции и проектировании зданий.

Объект исследования. Здания общественного назначения на примере МБУ детского сада № 48 "Дружная семейка" г. Тольятти.

Предмет исследования: Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]).

Теоретическая и методологическая база исследования:

- Приказ МЧС РФ от 30.06.2009г. №382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9].
- Приказ МЧС России от 12.12.2011г. № 749 "О внесении изменений, в методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382" [1].
- Приказ МЧС России от 02.12.2015г. № 632 «О внесении изменений, в методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382» [1].
- Постановления Правительства РФ от 07.04.09 г. N 304 (ред. от 15.08.2014, с изм. от 29.08.2014) «Об утверждении Правил оценки

- соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска» [3].
- Постановлением Правительства РФ от 31.03.2009 N 272 « О порядке проведения расчетов по оценки пожарного риска» [8].
  - Научная статья (Журнал «Пожаровзрывобезопасность», Выпуск №12 (55), 2014г.) «Методология моделирования людских потоков и практика программирования их движения при эвакуации», А.П. Парфененко [17].
  - Научная статья (Журнал «Технологии техносферной безопасности», Выпуск №4 (4), 2014г.) «Предложения по стимулированию применения системы независимой оценки пожарного риска в России», Д.Г. Карпенко, К.Н. Яковлев, Б.В. Соколов, И.Н. Шаров [13].

Научная новизна исследования. В работе изучено влияние выбора моделей эвакуации и сценариев возникновения пожара в зданиях на итоговую величину пожарного риска.

Теоретическая и практическая значимость. Результаты и рекомендации работы могут быть учтены экспертными организациями при оценке пожарных рисков зданий общественного назначения и проектными организациями при проектировании и реконструкции таких зданий.

Положения, выносимые на защиту.

1. Расчетные исследования различных моделей эвакуации людей при пожаре, рекомендуемые методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]) для выбранного объекта.
2. Расчетные исследования влияния выбора различных сценариев возникновения и развития пожаров на итоговую величину пожарного риска для выбранного объекта.

### 3. Рекомендации по управлению пожарными рисками при реконструкции и проектировании зданий.

Степень достоверности и апробация результатов. Результаты исследований получены с использованием программы «СИТИС: ВИМ», «СИТИС: ФЛОУТЕК», используемой экспертными организациями при оценке пожарных рисков зданий различного назначения. Результаты работы рекомендованы к внедрению в ООО «Центр оценки рисков», г.о. Тольятти.

Список работ, опубликованных автором по теме диссертации. В процессе работы по данной теме

– опубликована статья: Т.А. Бруннер «Анализ пожарных рисков на примере общественных зданий» / научный руководитель И.И. Рашоян, // Институт машиностроения. «Студенческие Дни науки в ТГУ»: научно-практическая конференция (Тольятти, 1-25 апреля 2016 года): электронный сборник студенческих работ/ отв. за вып. С.Х. Петерайтис. – Тольятти: Изд-во ТГУ, 2016. с. 80-82. – 1 оптический диск [43].

– подготовлена к опубликованию статья «Анализ частоты пожаров в зданиях различного функционального назначения».

Структура работы. Диссертация состоит из определений, обозначений и сокращений, введения, трех глав, заключения и списка используемых источников. Основная часть исследования изложена на 100 страницах, текст иллюстрирован 40 рисунками и содержит 20 таблиц.

# 1 Основы управления пожарными рисками в зданиях и сооружениях

## 1.1 Актуальность темы исследования

В Российской Федерации разработана и одобрена правительством Российской Федерации концепция создания системы независимой оценки рисков в области пожарной безопасности.

Концепция представляет собой систему взглядов на проблемы создания и развития системы независимой оценки рисков в области пожарной безопасности и содержит обоснованные цели, задачи и направления развития системы независимой оценки рисков в области пожарной безопасности в Российской Федерации.

С принятием Федерального Закона о пожарной безопасности (123-ФЗ от 22 июля 2008 г. – "Технический регламент о требованиях пожарной безопасности" ст. 144 п.1) [2] и выходом Постановления Правительства РФ N 304 от 07.04.09 г. ("Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска") [3] собственнику предоставляется выбор: либо его объект, как и раньше, останется под надзором пожарной охраны, (как показывает практика при проведении проверки объекта ГПН, практически в каждом случае за нарушение требований пожарной безопасности следует наложение административного взыскания на должностных лиц предприятия и на само юридическое лицо), либо после заключения договора с аудиторской организацией имеющей соответствующую аккредитацию МЧС РФ на проведение независимой оценки пожарного риска, проводится аудит ПБ, расчет пожарного риска объекта защиты, разрабатываются мероприятия с целью дальнейшего устранения, для того чтобы объект привести в надлежащее состояние, после этого выдается соответствующее заключение о том, что объект соответствует требованиям пожарной безопасности.

Соответственно чтобы получить положительное заключение необходимо выполнить перечень предложенных мероприятий по приведению объекта в пожаробезопасное состояние.

Получив положительное заключение с выводом о выполнении условий соответствия объекта защиты обязательным требованиям пожарной безопасности, объект освобождается от проверок со стороны органов государственного пожарного надзора сроком на три года.

В силу действующего «Административного регламента МЧС России по исполнению государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности, утвержденного Приказом МЧС России от 28.06.2012 года №375» [4] объекты, получившие положительное заключение НОР не могут планироваться к проведению плановых проверок в течение 3 лет. При этом, планы проверок на предстоящий год органами ФГПН подаются в прокуратуру не позднее 1 сентября и в случае представления заключения НОР после 1 сентября, то объект может быть запланирован к проведению проверки. Также, если объект запланирован к проведению проверки и непосредственно перед ней будет представлено заключение НОР, проверка будет проведена.

Требования режимного характера выполняются в обязательном порядке в соответствии с Правилами противопожарного режима в РФ от 25 апреля 2012 г. №390 [5], не зависимо оттого, была ли выполнена оценка пожарного риска, т.к. в случае внеплановой проверки, будет составлено предписание об устранении выявленных нарушений, а далее наложение административного взыскания.

Хочется отметить, что если собственник объекта по каким-либо соображениям не желает или не может выполнить предложенные мероприятия, (например: увеличение ширины коридора или дверных проемов эвакуационных выходов и т.д.) он может с помощью расчетов пожарного риска доказать, что его объект находится в пожаробезопасном состоянии, и привести в качестве доказательства те технические решения, которые он принял для достижения этого.

Законодательство Российской Федерации о пожарной безопасности основывается на Конституции Российской Федерации и включает в себя Федеральный закон от 21 декабря 1994 года № 69-ФЗ [6], принимаемые в соответствии с ним федеральные законы и иные нормативные правовые акты, а также законы и иные нормативные правовые акты субъектов Российской Федерации, муниципальные правовые акты, регулирующие вопросы пожарной безопасности.

В общих чертах алгоритм обеспечения пожарной безопасности любого объекта защиты можно сформулировать в виде схемы, в соответствии с рисунком 1.

Из рисунка 1 следует, что проводя анализ пожарной опасности объекта защиты, нужно сначала определить и проанализировать все пожарные риски, присущие данному объекту, затем оценить их текущие значения, определить допустимые значения для всех пожарных рисков.

После этого нужно подобрать или разработать методы и технологии управления каждым риском, использовать их и тем самым обеспечить пожарную безопасность объекта защиты.

Эта общая схема может быть детализирована в каждом своем этапе.

Объекты должны иметь системы пожарной безопасности, направленные на предотвращение воздействия на людей опасных факторов пожара, в том числе их вторичных проявлений на требуемом уровне.

«Требуемый уровень обеспечения пожарной безопасности людей с помощью указанных систем должен быть не менее 0,999999 предотвращения воздействия опасных факторов в год в расчете на каждого человека, а допустимый уровень пожарной опасности для людей должен быть не более  $10^{-6}$  в год в расчете на каждого человека» [9].

Прогнозирование опасных факторов необходимо для оценки своевременности эвакуации и разработке мероприятий по ее совершенствованию, при создании и совершенствовании систем сигнализации, оповещения и тушения пожаров, при разработке планов пожаротушения

(планирования боевых действий пожарных подразделений при пожаре), для оценки фактических пределов огнестойкости, проведении пожарно-технических экспертиз и других целей.

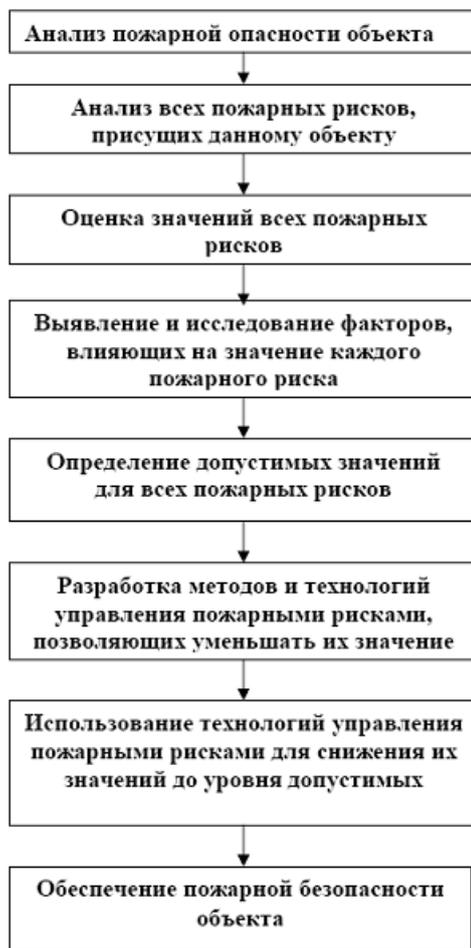


Рисунок 1 – Алгоритм управления пожарной безопасностью объекта защиты

«В развитии пожара в помещении обычно выделяют три стадии:

1. начальная стадия – от возникновения локального неконтролируемого очага горения до полного охвата помещения пламенем; при этом средняя температура среды в помещении имеет не высокие значения, но внутри и вокруг зоны горения температура такова, что скорость тепловыделения выше скорости отвода тепла из зоны горения, что обуславливает само ускорение процесса горения;

2. стадия полного развития пожара – горят все горючие вещества и материалы, находящиеся в помещении; интенсивность тепловыделения от горящих объектов достигает максимума, что приводит и к быстрому нарастанию температуры среды помещения до максимальных значений;

3. стадия затухания пожара – интенсивность процесса горения в помещении снижается из-за расходования находящейся в нём массы горючих материалов или воздействия средств тушения пожара.

Однако в любом случае, как показывает уравнение "стандартного пожара", температура в очаге пожара через 1,125 мин достигает значения 365°C. Поэтому очевидно, что возможное время эвакуации людей из помещений не может превосходить продолжительности начальной стадии пожара.

В начальной стадии развития пожара опасными для человека факторами являются: пламя, высокая температура, интенсивность теплового излучения, токсичные продукты горения, дым, снижение содержания кислорода в воздухе, поскольку при достижении определённых уровней они поражают его организм, особенно при синергетическом воздействии.

Исследованиями отечественных и зарубежных учёных установлено, что максимальная температура, кратковременно переносимая человеком в сухой атмосфере, составляет 149°C, во влажной атмосфере вторую степень ожога вызывало воздействие температуры 55°C в течение 20с и 70°C при воздействии в течение 1 секунды; а плотность лучистых тепловых потоков 3500 Вт/м<sup>2</sup> вызывает практически мгновенно ожоги дыхательных путей и открытых участков кожи; концентрации токсичных веществ в воздухе приводят к летальному исходу:

- окиси углерода (CO) в 1,0% за 2-3 мин,
- двуокиси углерода (CO<sub>2</sub>) в 5% за 5 мин.,
- цианистого водорода (HCN) в 0,005% практически мгновенно» [31, 32,33].

«При концентрации хлористого водорода (HCL) 0,01-0,015% останавливается дыхание, а при снижении концентрации кислорода в воздухе с 23% до 16% ухудшаются двигательные функции организма, и мускульная координация нарушается до такой степени, что самостоятельное движение людей становится невозможным, а снижение концентрации кислорода до 9% приводит к смерти через 5 минут» [7].

Совместное действие некоторых факторов усиливает их воздействие на организм человека (синергический эффект). Так токсичность окиси углерода увеличивается при наличии дыма, влажности среды, снижении концентрации кислорода и повышении температуры.

Синергический эффект обнаруживается и при совместном действии двуокиси азота и понижении концентрации кислорода при повышенной температуре, а также при совместном воздействии цианистого водорода и окиси углерода.

Особое воздействие на людей оказывает дым. Дым представляет собой смесь несгоревших частиц углерода с размерами частиц от 0,05 до 5,0 мкм. На этих частицах конденсируются токсичные газы. Поэтому воздействие дыма на человека также имеет, по-видимому, синергический эффект.

Следует отметить, что существует оценка пожарного риска — это проведение соответствующих расчетов по специально утвержденным методикам, с помощью которых можно определить, соответствует или не соответствует риск тем значениям, которые установлены Техническим регламентом.

Постановлением Правительства РФ от 31 марта 2009 г. № 272 "О порядке проведения расчетов по оценке пожарного риска» [8] регламентирован порядок проведения расчетов по оценке пожарного риска и включает в себя:

«Определение расчетных величин пожарного риска, которое обеспечивается исходя из:

- анализа пожарной опасности объекта защиты;

- определения частоты реализации пожароопасных ситуаций (табличные данные);
- построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;
- наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий, сооружений и строений (автоматической пожарной сигнализации, системы оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре, системы противодымной защиты, автоматического пожаротушения и т.д.)» [9].

Расчеты по оценке пожарного риска оформляются в виде отчета, в который включаются:

- наименование использованной методики;
- описание объекта защиты, в отношении которого проведен расчет по оценке пожарного риска;
- результаты проведения расчетов по оценке пожарного риска;
- перечень исходных данных и используемых справочных источников информации;
- вывод об условиях соответствия (несоответствия) объекта защиты требованиям пожарной безопасности.

Расчетом по оценке пожарного риска можно выявить следующие нарушения:

- отсутствует система автоматического тушения пожара;
- отсутствует система по автоматическому тушению внутри стеллажного пожара;
- отсутствует система по удалению дыма;
- ширина коридоров и проходов эвакуации сильно заужена;
- заужена ширина при выходе наружу или же на лестничные клетки заужена ширина лестничных проходов и на лестничных площадках;
- отсутствует второй выход для эвакуации;

- отсутствует естественное освещение в подвалах и коридорах здания;
- на путях эвакуации есть какие-то помехи или препятствия;
- выходы для эвакуации не рассредоточены.

Если на объекте выполняются все требования пожарной безопасности (своды правил, государственные стандарты и другие нормативные документы в области пожарной безопасности), то расчет по оценке пожарного риска не требуется. При этом расчеты по оценке пожарного риска могут входить в состав НОР.

В случае наличия на объекте защиты расчетов пожарного риска инспекторами проверяются правильность исходных данных, выполнение на объекте требований Федерального закона от 22.08.2009 года №123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2] и Правил противопожарного режима, утвержденных Постановлением Правительства Российской Федерации от 25.04.2012 года №390 [5].

## 1.2 Порядок проведения оценки пожарного риска

Порядок проведения НОР регламентирован Постановлением Правительства РФ № 304 от 7 апреля 2009 года «Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска» [3] и включает в себя:

«- анализ документов, характеризующих пожарную опасность объекта защиты;

- пожарно-техническое обследование объекта защиты для получения объективной информации о состоянии пожарной безопасности объекта защиты, выявления возможности возникновения и развития пожара и воздействия на людей и материальные ценности опасных факторов пожара, а также для определения соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности.

- в случаях, установленных нормативными документами по пожарной безопасности, проведение необходимых исследований, испытаний, расчетов и

экспертиз, а в случаях, установленных Федеральным законом «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности», расчетов по оценке пожарного риска;

- подготовка вывода о выполнении условий соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности либо в случае их невыполнения разработка мер по обеспечению выполнения условий, при которых объект защиты будет соответствовать требованиям пожарной безопасности.

Результаты проведения пожарного аудита оформляются в виде заключения о независимой оценке пожарного риска, направляемого собственнику.

В заключении указываются:

- наименование и адрес экспертной организации;
- дата и номер договора, в соответствии с которым проведен пожарный аудит;
- реквизиты собственника;
- описание объекта защиты, в отношении которого проводился пожарный аудит;
- фамилии, имена и отчества лиц (должностных лиц), участвовавших в проведении независимой оценки пожарного риска;
- результаты проведения пожарного аудита, в том числе результаты выполнения работ, (наименование и адрес экспертной организации, дата и номер договора, в соответствии с которым проведен пожарный аудит; реквизиты собственника).
- вывод о выполнении условий соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности либо в случае их невыполнения — рекомендации о принятии мер для приведения величины расчетов по оценке пожарного риска к требуемым Техническим регламентом о пожарной безопасности.

Заключение подписывается должностными лицами экспертной организации, утверждается руководителем и скрепляется печатью» [3].

«В течение 5 рабочих дней после утверждения заключения экспертная организация направляет копию заключения в структурное подразделение территориального органа МЧС России, в сферу ведения которого входят вопросы организации и осуществления государственного пожарного надзора, или в территориальный отдел (отделение, инспекцию) этого структурного подразделения.

Экспертная организация не может проводить пожарный аудит если:

- на этом объекте организацией выполнялись другие работы и (или) услуги в области пожарной безопасности;
- объект принадлежит ей на праве собственности или ином законном основании» [3].

С 1 мая 2009 года вступил в силу Федеральный закон № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [2], который вводит совершенно новый механизм контроля и надзора за пожарной безопасностью на объектах защиты. В нем объединены многочисленные требования пожарной безопасности, действующие в России до этого. Согласно Закону, каждый объект защиты (здание, сооружение, технологические установки, оборудование и т. п.) должен иметь систему обеспечения пожарной безопасности, отвечающую заданным нормам пожарного риска.

«В ст. 6 указанного закона определены условия соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности, при этом собственник объекта сам принимает решение о выполнении того или иного условия:

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

2) в полном объеме выполнены требования пожарной безопасности, установленные техническими регламентами, принятыми в соответствии с

Федеральным законом "О техническом регулировании", и нормативными документами по пожарной безопасности» [2].

«В соответствии с ФЗ-123, статьей 83 «Требования к системам автоматического пожаротушения и системам пожарной сигнализации», п. 4, введенной в действие с 13 июля 2014 года [2]: системы пожарной сигнализации должны обеспечивать подачу светового и звукового сигналов о возникновении пожара на приемно-контрольное устройство в помещении дежурного персонала или на специальные выносные устройства оповещения, а в зданиях классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.2, Ф4.1, Ф4.2 – с дублированием этих сигналов на пульт подразделения пожарной охраны без участия работников объекта и (или) транслирующей этот сигнал организации».

Рассмотрим изменения, внесенные в «методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 02.12.2015г. на основании приказа МЧС России № 632 [1]), они касаются непосредственно класса функциональной пожарной опасности Ф1.1 – здания детских дошкольных образовательных учреждений, специализированных домов престарелых и инвалидов (неквартирные), больницы, спальные корпуса образовательных учреждений интернатного типа и детских учреждений;

Ф1.3 – многоквартирные жилые дома;

Ф1.4 – многоквартирные жилые дома, в том числе блокированные;

Рассчитывается расчетная величина индивидуального пожарного риска, по формуле:

$$Q_{В,i} = Q_{П,i} [1 - (P_{э,i} + (1 - P_{э,i}) P_{сп,i})] \quad (1)$$

где  $Q_{П,i}$  – частота возникновения пожара в здании в течение года определяется на основании статистических данных, приведенных в приложении № 1 к настоящей Методике;  $P_{э,i}$  – вероятность эвакуации людей;  $P_{сп,i}$  – вероятность спасения людей» [9];

Изменения также коснулись статистических данных о частоте возникновения пожара в зданиях в течение года. Статистические данные оформим в виде таблицы 1.

Таблица 1 – Статистические данные о частоте возникновения пожара в зданиях

Наименование здания	Частота возникновения пожара в течение года
Общеобразовательные организации	$1,16 \cdot 10^{-2}$
Организации начального профессионального образования (профессиональное техническое училище)	$1,98 \cdot 10^{-2}$
Организация среднего профессионального образования (среднее специальное учебное заведение)	$2,69 \cdot 10^{-2}$
Дошкольные образовательные организации	$1,3 \cdot 10^{-3}$
Детские оздоровительные лагеря, летние детские дачи	$1,26 \cdot 10^{-3}$
Санатории, дома отдыха, пансионаты	$2,99 \cdot 10^{-2}$
Амбулатории, поликлиники, диспансеры, медпункты	$8,88 \cdot 10^{-3}$
Здания розничной торговли: универмаги, промтоварные магазины; универсамы, продовольственные магазины; магазины смешанных товаров; аптеки, аптечные ларьки;	$2,03 \cdot 10^{-2}$
Здания рыночной торговли: крытые, оптовые рынки (из зданий стационарной постройки), торговые павильоны, киоски, ларьки, палатки, контейнеры	$1,13 \cdot 10^{-2}$

Продолжение таблицы 1

Наименование здания	Частота возникновения пожара в течение года
Здания организаций общественного питания	$3,88 \cdot 10^{-2}$
Гостиницы, мотели	$2,81 \cdot 10^{-2}$
Спортивные сооружения	$1,83 \cdot 10^{-3}$
Здания зрелищных и культурно-просветительных учреждений	$6,9 \cdot 10^{-3}$
Библиотеки	$1,16 \cdot 10^{-3}$
Музеи	$1,38 \cdot 10^{-2}$
Больницы	$1,3 \cdot 10^{-2}$
Образовательные организации с наличием интерната	$7,7 \cdot 10^{-3}$
Специализированные дома престарелых и инвалидов	$7,7 \cdot 10^{-3}$
Дома жилые многоквартирные	$2,6 \cdot 10^{-2}$
Дома жилые одноквартирные	$1,9 \cdot 10^{-3}$

### 1.3 Основные проблемы управления пожарными рисками объектов

Анализ пожарных рисков. «В первой части научной статьи [10] показано, что в практике используется целый спектр подходов к анализу риска – от качественных до количественных. Метод анализа риска должен дать ответы на три основных вопроса касающихся анализа пожарных рисков: первый вопрос «Что может случиться?», второй вопрос «Каковы могут быть последствия этого события?» и третий вопрос «Насколько вероятно, что такое событие произойдет?» [10].

В статье обсуждается вопрос о том, в каких случаях наиболее целесообразным является использование вероятностного и эвристического подходов, применительно к анализу пожарного риска для зданий и сооружений.

«Сравнение вероятностных и индексных методов проводится с различных точек зрения, что позволяет установить практические задачи, для выполнения которых наиболее приемлем тот или иной метод. В заключительной части работы подробно рассмотрены методологические аспекты применения вероятностного метода для оценки индивидуального пожарного риска для зданий, в том числе сопоставление отечественных методик (в части оценки индивидуального пожарного риска в производственных зданиях) с принятым в мире подходом. Это особенно важно в свете вступления в действие федерального закона» [2], закрепившего необходимость проведения количественной оценки индивидуального риска и установившего его предельно допустимый уровень ( $10^{-6}$  1/год).

«Снижение пожарных рисков с использованием теории активных систем. В данной статье [11] проанализированы виды штрафов, включая механизм сильных штрафов, означающий – предприятия, превышающие допустимый уровень пожарного риска, всегда оказываются в невыгодном положении. Решаются задачи использования функции штрафа за нарушения требований пожарной безопасности применительно к деятельности страховых компаний.

«Сделан вывод, что чем более высокие требования предъявляются к уровню пожарной безопасности производства при действии механизма сильных штрафов, тем менее активно осуществляется производственная деятельность, что и приводит к снижению уровня выпуска продукции или оказания услуг. Соответственно показано – чем мягче требования к уровню пожарной безопасности производства, тем выше рост выпуска продукции (оказания услуг). Поставлены и решены задачи определения индивидуальных уровней пожарного риска предприятий, а также на этой основе планируемый интегральный уровень пожарной безопасности провинций и округа СРВ.

Таким образом, предложенные модели ТАС позволяют исследовать как при изменении утверждённого уровня пожарного риска можно влиять на объём выпуска продукции (услуг) на предприятии и на объём средств, выделяемых предприятием (учреждением) на снижение уровня пожарного риска» [11].

«Проблема доверия к специалистам по независимой оценке пожарных рисков. В статье [12] проведен анализ порядка организации и осуществления независимой оценки пожарного риска. На момент написания данной статьи в России прошло добровольную аккредитацию 770 экспертных организаций на право осуществления независимой оценки пожарного риска. Аттестовано 1570 должностных лиц на право подготовки заключения по результатам независимой оценки пожарного риска» [12].

Выдано 13,5 тысяч заключений о соответствии объектов защиты требованиям пожарной безопасности. Предложены пути решения проблемы доверия к специалистам по независимой оценке пожарного риска.

Приоритетные направления развития системы независимой оценки пожарных рисков.

«Рассмотрены причины внедрения, наряду с государственным пожарным надзором, альтернативной формы оценки соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности в форме независимой оценки пожарного риска» [13]. Сделан обзор проблем становления института независимой оценки пожарного риска в России. Обозначены направления дальнейшего его развития.

«Принятые методики расчёта не в полной мере дают возможность учёта результатов оценки рисков при назначении сумм страховых сборов и их дифференциации в зависимости от уровня защищенности объектов. Они отвечают на вопрос, соответствует или не соответствует объект защиты требованиям пожарной безопасности, ни о какой дифференциации, как принято в страховых компаниях, речи нет. Это несоответствие требует дополнительных проверок» [13].

Утвержденные в установленном порядке обе методики расчёта пожарного риска требуют существенной доработки по следующим причинам:

- существующие методики не увязаны с мировыми;
- методики учитывают только вероятность возникновения пожара и его влияние на жизнь и здоровье людей, но факторы нанесения вреда имуществу и

причинения материального ущерба не учитываются, что не устраивает страховые компании.

«Однако нельзя не отметить значимость данного института для эффективного обеспечения пожарной безопасности и перспективы его развития. Институт независимой оценки пожарного риска в дальнейшем может быть выгоден страховщикам, при условии, что российский рынок страхования станет конкурентным. При таком раскладе страховые компании будут бороться за клиентов, им станет выгодно диверсифицировать размеры страховых премий в зависимости от вероятности наступления страхового случая» [13].

«В конечном итоге это приведет к тому, что сформируются экономические, правовые, социальные механизмы, которые окончательно закрепят право за предпринимателем рисковать своим имуществом через страхование ответственности и имущества в страховой организации, которая, в свою очередь, будет опираться на объективное, независимое заключение экспертной организации, выполненное специалистом – экспертом, несущим материальную ответственность как член СРО за результаты своей работы, а в случае наступления страхового случая – чрезвычайного происшествия с крупным ущербом или гибелью людей на объекте защиты вплоть до уголовной ответственности» [13].

Предложения по стимулированию применения системы независимой оценки пожарного риска в России. В статье [14] разработаны предложения по альтернативной форме оценки соответствия объекта защиты требованиям пожарной безопасности и дальнейшему стимулированию применения системы независимой оценки пожарного риска.

«В качестве таких предложений по стимулированию развития независимой оценки пожарного риска предлагаются следующие мероприятия:

определить понятие и предмет независимой оценки пожарного риска;

установить особенности планирования и проведения проверок федеральным государственным пожарным надзором с учётом независимой оценки пожарного риска;

разработать основной порядок и правила проведения независимой оценки пожарного риска; определить порядок страхования имущественной (гражданской) ответственности экспертных организаций как механизм, обеспечивающий гарантии возмещения правообладателям объектов защиты и иным лицам возможного вреда, нанесенного вследствие ненадлежащего проведения независимой оценки пожарного риска;

установить правила аккредитации экспертных организаций, осуществляющих независимую оценку пожарного риска, а также критерии и требования к ним; установить правила аттестации физических лиц (должностных лиц экспертных организаций) на право подготовки заключений независимой оценки пожарного риска;

проработать вопрос необходимых изменений законодательства в части установления ответственности должностных лиц и экспертных организаций, осуществляющих независимую оценку пожарного риска;

провести анализ и формирование перечня нормативных правовых актов Российской Федерации, содержащих обязательные требования в области пожарной безопасности, применительно к лицам, на которые возложена обязанность по их соблюдению в отношении соответствующих объектов защиты;

разработать алгоритм проведения проверки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности с учётом положений законодательства, предложений по порядку проведения независимой оценки пожарного риска и требований, предъявляемых к объекту защиты, для повышения качества оценки соответствия, в том числе на объектах, система обеспечения пожарной безопасности которых построена на основе расчёта риска;

исследовать деятельность специалистов по оценке соответствия объектов защиты (в том числе технических систем (средств) противопожарной защиты) требованиям пожарной безопасности:

определить факторы, влияющие на эффективность оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности, определить надежность проверок в условиях изменившегося законодательства, а также дифференцировать надежность в зависимости от различных факторов (уровня знаний специалистов, предмета проверки (типа проверяемых требований));

подготовить законопроект о внесении необходимых изменений в действующее законодательство и проект утверждаемых Правительством РФ правил проверки соблюдения организациями и гражданами противопожарного режима и оценки соответствия объектов защиты установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска» [14].

«В конечном итоге, реализация этих предложений позволит сделать оценку соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности в форме независимой оценки пожарного риска (аудит пожарной безопасности) более востребованной и вернуть доверие к результатам аудита (заключению) со стороны субъектов экономической деятельности, органов государственной власти и местного самоуправления, организаций и граждан, в том числе со стороны страховых компаний, осуществляющих противопожарное страхование, а также страхование гражданской ответственности владельца опасного объекта за причинение вреда в результате аварии при эксплуатации объекта, с учётом заключений независимой оценки пожарного риска» [14].

«Допустимый (приемлемый) индивидуальный пожарный риск – зарубежный и отечественный опыт. В данной статье [15], были рассмотрены литературные источники и выяснилось, что индивидуальный пожарный риск в России целесообразно принимать на уровне не ниже  $12 \cdot 10^{-6}$  1/человека в год. На основании математических расчётов определено, что в схожих по климату с Россией развитых странах индивидуальный пожарный риск допустим и приемлем на этом уровне» [15].

Об определении расчетных величин индивидуального пожарного риска. В статье [16] рассматривается вопрос об определении расчётных величин пожарного риска, который заключается в расчёте индивидуального пожарного

риска для людей, находящихся в зданиях, численным выражением которого является частота воздействия на них ОФП. Перечень ОФП установлен в статье 9 «Технического Регламента». Частота их воздействия определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, находящихся в здании.

«Об эффективных решениях при расчете величин индивидуального пожарного риска в общественных зданиях. В статье анализируются мероприятия, они направленные на уменьшение расчетной величины индивидуального пожарного риска в общественных зданиях. Автор также делает вывод, о том, что наиболее эффективными являются решения технического характера, такие как системы водяного автоматического пожаротушения, обеспечение нормируемых пределов огнестойкости конструкций, системы противодымной защиты» [17].

«В настоящее время для оценки обеспечения пожарной безопасности общественных зданий нормативно закреплён подход на основе расчета индивидуального пожарного риска и его последующего сравнения с допустимым значением. Для уменьшения пожарной опасности общественных зданий разрабатываются мероприятия, однако не для всех мероприятий отмечается количественное влияние на величину индивидуального пожарного риска. Кроме того, не все из них могут оказаться достаточно эффективными и оказать существенное влияние на величину риска.

Статья нацелена на выявление таких решений, влияние которых на величину индивидуального пожарного риска наиболее ощутимо и которые, кроме того, являются наиболее приемлемыми для общественных зданий.

Для количественного учета влияния противопожарных мероприятий на величину индивидуального пожарного риска проанализирована методика его расчета, выявлены факторы, от которых зависит его величина.

В данной статье наиболее эффективными мероприятиями по управлению величиной индивидуального пожарного риска в общественных зданиях можно считать, прежде всего, технические решения, которыми непосредственно

оборудовано здание: системы водяного автоматического пожаротушения, обеспечение нормируемых пределов огнестойкости и пониженной пожарной опасности облицовочных материалов помещения вероятного очага пожара, например, устройство противопожарных дверей, системы противодымной защиты» [17].

Отметим, что на указанных решениях базируется противопожарная защита общественных зданий в экономически развитых странах, и их применение связано со значительными финансовыми затратами, что в большинстве случаев оказывается неприемлемым для Российских организаций. Оптимальным вариантом можно считать устройство дымонепроницаемых дверей, систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей повышенного типа, удаление горючих материалов в помещениях, расположенных рядом с эвакуационными выходами, устройство дополнительных эвакуационных выходов. Менее оправданными являются мероприятия по уменьшению количества людей, времени их присутствия, снижение количества горючих материалов, а также мероприятия режимного характера.

«Методология моделирования людских потоков и практика программирования их движения при эвакуации. Рассмотрено развитие методологии моделирования процессов эвакуации людей и распространения опасных факторов пожара, используемая при нормировании размеров эвакуационных путей и выходов в зданиях и сооружениях» [18]. Проведен обзор моделей, применяемых в существующих программно-вычислительных комплексах эвакуации людей, разработанных как в России, так и за рубежом. Даны оценки по использованию моделей эвакуации, исходя из их соответствия данным натурных наблюдений в реальных ситуациях.

Математические модели движения людских потоков, реализованные в программных продуктах, позволяют проследить динамику изменения параметров потока во времени в процессе эвакуации, выявить наиболее загруженные участки пути движения» [18]. Анализ развития моделирования

процессов эвакуации людей и распространения ОФП показывает, что в настоящее время при нормировании размеров эвакуационных путей и выходов, а также их структуры в зданиях и сооружениях имеется возможность использовать модели, достаточно адекватно воспроизводящие реальную динамику этих процессов, и отсеять те, в которых искусство программирования подменяет психофизические закономерности реального явления.

«Независимая оценка пожарного риска как одна из новых форм оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности. В статье [19] указано, что по состоянию на 1 января 2015 года на территории Сибирского федерального округа зарегистрированы 34 организации, аккредитованные на проведение независимой оценки риска в области пожарной безопасности. В настоящее время такие организации отсутствуют в республиках Тыва и Хакасия. Наибольшее количество аккредитованных организаций зарегистрировано в Красноярском крае и Омской области. За многочисленные нарушения при проведении расчетов действие аккредитации одной из этих организаций приостановлено (ООО «НИЦ», Омская область)» [19].

В соответствии со ст. 34 Федерального закона «О пожарной безопасности» [2] граждане имеют право на защиту их жизни, здоровья и имущества в случае пожара, а также на возмещение ущерба, причиненного пожаром, в порядке, установленном действующим законодательством. В настоящий момент требует доработки порядок возмещения причиненного пожаром ущерба здоровью и имуществу граждан.

Решение данного вопроса возможно путем активного внедрения противопожарного страхования ответственности организаций за причинение вреда жизни и здоровью граждан, а также за нанесение материального ущерба.

С учетом снижения влияния органов государственного пожарного надзора на противопожарное состояние объектов малого и среднего бизнеса, а также принятых решений о введении проверочных каникул на ближайшие несколько лет вопрос противопожарного страхования будет достаточно

актуален. В то же время развитие противопожарного страхования окажет влияние на улучшение независимой оценки пожарного риска. Независимая оценка пожарного риска, как одна из форм оценки соответствия объектов защиты (продукции) требованиям пожарной безопасности, помимо своего прямого назначения вполне может использоваться страховыми организациями для вычисления страховых коэффициентов при определении сумм страховых выплат или страхового взноса при страховании своего имущества или имущества третьих лиц от пожаров.

В заключительной части отмечается, что переход юридических лиц и индивидуальных предпринимателей на новые формы и методы оценки соответствия объектов защиты (продукции) требованиям пожарной безопасности в значительной степени способствует оптимизации нагрузки на инспекторский состав надзорных органов, выражающейся в снижении количества проверок в отношении объектов малого и среднего бизнеса, что, в свою очередь, позволит направить больше усилий на проведение проверок критически важных и социально значимых объектов. Таким образом, формируется острая необходимость в усилении работы органов надзорной деятельности по внедрению системы независимой оценки пожарного риска на подведомственных территориях.

Обзор международных методов прогнозирования пожаров. В статье [20] говорится о том, что за десятилетие 1980-х годов, компьютерные модели и другие прогностические методы все шире применяются при решении проблем пожарной безопасности.

«Накопленный опыт показывает, что при решении сложных проблем, этот способ более безопасный и последовательный, чем экспертное заключение.

Кроме того, неопределенности в прогнозах моделей были не больше, чем те, которые связаны с традиционными, но гораздо более дорогостоящими полномасштабными экспериментальными исследованиями. Отдельные многолетние исследовательские проекты в Японии и Соединенных Штатах

привели к публикации прототипов систем анализа пожарной опасности, которые продемонстрировали способность учитывать сложные взаимодействия огня, строительства, активных систем защиты, действий пользователя и подробные результаты, включая ущерб оценки и количество летальных исходов» [20].

«С большой уверенностью в своих способностях исследователи из США, Японии, Австралии, Канады и Соединенного Королевства начали разрабатывать подробные методики, которые можно было бы использовать для оценки безопасности конструкций зданий. В каждом случае цель была одинаковой - повысить гибкость и, следовательно, экономическую эффективность нового строительства, не принося при этом в жертву общественную безопасность. Первоначально эти методики будут дополнять существующие и, как ожидается, будут использоваться лишь в небольшой части строительных проектов с использованием новых материалов или устройств. Однако признано, что успех в этих ограниченных приложениях в конечном итоге приведет к пожарным нормам для общего использования.

Активный подход к пожарным методикам, основанным на характеристиках, - это спецификация проектных пожаров, от которых может быть оценена пожарная безопасность. Выбор таких проектных пожаров должен основываться на риске, который они представляют, включая как степень серьезности, так и вероятность наступления.

Поскольку эти развивающиеся методики были представлены в технической литературе, автор был поражен сходством подхода. Кроме того, каждая из методик включает в себя методы для устранения факторов, которые другие игнорируют или трактуют менее строго. Таким образом, ряд ключевых фигур в сообществе специалистов пожарной безопасности предположили, что если сотрудничество будет создано под эгидой такого органа, как Международный совет по исследованиям в области строительства, Комитет по огню, можно разработать последовательную методику с широкой, многонациональной приемлемостью. Для поддержки этой цели автором подготовлено сравнение

существующих методик для иллюстрации сходства подхода и определения тех областей, в которых автор считает, что для каждого метода возможно использовать одну методику» [20].

«Применение оценок пожарного риска при проектировании и управлении зданиями. В статье [21] говорится о том, что на протяжении большей части истории пожарные риски не оценивались при проектировании зданий, так почему же нужно начинать сейчас? На этот вопрос есть ряд ответов, но основная мотивация состоит в том, чтобы избежать многочисленных и разнообразных многофакторных пожаров, которые произошли в прошлом. Эти бедствия хорошо известны специалистам по пожаротушению.

Как это ни парадоксально, одна из вещей, с которыми сталкиваются прошлые бедствия, состоит в том, что все они разные. Они находятся в разных типах зданий, с разными причинами и сопутствующими факторами. Поэтому кажется, что все сделано, чтобы предотвратить повторение последнего пожара, но следующее бедствие, скорее всего, будет почти совсем другим. Оценка пожарного риска дает возможность рассмотреть потенциальные риски от всех возможных будущих бедствий, а не только от последнего.

Другая причина для проведения оценки пожарного риска при проектировании зданий состоит в том, что риск (и управление им) лежит в основе процесса разработки, стандартов, тестирования, сертификации» [21].

Исследование оценки пожарного риска в зданиях, предназначенных для лиц лишенных свободы. В данной статье [22] идет описание, как здания должны быть выполнены надлежащим образом в соответствии с требованиями тюремного строительства. Тем не менее, рейтинг огнестойкости здания тюрьмы низок, а также автоматических систем пожарной сигнализации и автоматических систем пожаротушения. Кроме того, большое количество заключенных, большое количество пожарной нагрузки, а также вероятность поджога, все это создает пожарную опасность в тюрьмах.

Пожар в тюрьме приводит к большим жертвам и потерям имущества. Поэтому очень важно оценить анализ пожарной безопасности в тюрьмах и

принципиально снизить риск пожара в тюрьме для безопасной, стабильной, здоровой и гармоничной тюрьмы.

«Тюремные здания состоят из зданий заключенных, полицейских зданий, других вспомогательных зданий и т. д. И все виды зданий функционируют довольно сложно. Для обеспечения безопасности и стабильности тюрьмы, для эффективного надзора над заключенными должна быть установлена установка для предотвращения побега, тюремного заключения, самоповреждения и самоубийства заключенных, однако эти меры могут помешать эвакуации при пожаре в тюрьме. Из-за особенностей тюремных зданий, есть большая разница с другими общественными зданиями относительно потока людей» [22].

«Гораздо сложнее потушить пожар в тюрьме из-за многих невыгодных факторов, таких как состояние площадки, спасенного человека и тюремной среды. Во многих тюремных зданиях, где имеется большое количество горючих предметов, устанавливаются несколько пожарных автоматических систем сигнализации и автоматических систем пожаротушения, в то же время их огнестойкость низкая. Все это может распространиться быстро, как только что-то повернется. В то время как дым от пожара вызвал низкую видимость, аварийная эвакуация трудно с высокой температурой, легко вызвать групповую смерть или травму» [22].

Исследование и применение системы оценки пожарного риска для зданий торговли. В статье [23] рассказывается о том, что с постоянным улучшением и разработкой рыночной экономики, рыночные площади стали самыми активными и широко распространенными формами торговли товаров в экономическом обороте. «Особенно в последние годы рыночные площади подверглись значительному развитию и изменениям как в масштабе и размере бизнеса и деловой среде, так и в видах архитектурной структуры. Относительно большой масштаб бизнеса был сформирован на некоторых известных рыночных площадях в Шанхае таких как Jiuxing (место в Китае) интегрированном рынке, малый рынок товаров на улице Fumin, оптовый рынок одежды на Qiri Road и текстильный рынок на Cao'an Road. Благодаря этой

специфической торговой среде торговли товарами, они представляют основные риски возникновения пожара и опасности для рыночных площадей такие как: много реконструированных зданий с низкой огнестойкостью, большая пожарная нагрузка и множество опасностей, значительная электрическая нагрузка и Отсутствие спецификаций на использование электрооборудования, узкие эвакуационные выходы, которые усугубляют трудности выхода из огня, плохое управление пожарной безопасностью и слабая осведомленность о пожарной безопасности, препятствия на проходах, которые затрудняют тушение пожара» [23].

«В последние годы вышеупомянутые причины привели к возникновению повторяющихся событий серьёзных пожаров. В частности 6 января 2013, большой пожар унёс 6 жизней и больше 10 получили ранения на Шанхайском оптовом рынке сельскохозяйственных продуктов. После этого инцидента местные журналисты провели тайное расследование в ряде рыночных площадей и нашли множество пожарных опасностей, например, места производственно-складских общежитий, узкие эвакуационные выходы, отсутствие средств защиты от пожара, и слабое управление безопасностью пожарного контроля, которые создают серьезные проблемы городской пожарной безопасности. Соответствующее исследование и решение этих проблем крайне необходимы для обеспечения, как здорового развития экономики рыночных площадей, так и их пожаробезопасности» [23].

Компоненты пожарного риска сложны, и в основном это большие здания с плотным населением, множеством легковоспламеняющихся веществ, сложной электрической системой и расходом газа и слабым управлением пожарной безопасностью, поэтому это требует оценки риска. В 2011 году государственный совет по укреплению и совершенствованию защитных работ прямо гласит, что «система оценки пожарной безопасности должна быть создана для подразделений с высокими рисками пожара». Однако было проведено лишь несколько исследований по оценке пожарного риска, выявленных в ходе исследований литературы, в частности, систематические

подходы были разработаны для широкого применения. Поэтому в этом документе будет сосредоточена система оценки риска пожара, созданная и примененная для зданий рынка.

Оценка пожарного риска в офисных помещениях. Автор в статье [24] описывает метод оценки пожарного риска офисных объектов. Описаны следующие необходимые шаги для того, чтобы разработать полноценный документ, направленный на улучшение уровня пожарной безопасности. Определены элементы, на которые надо обратить особенное внимание такие как: источник зажигания, опасные материалы, лица под угрозой, уровень риска и решения, снижающие этот уровень, мониторинг и корректировка риска.

Разработка является попыткой указания лицам, занимающимся тематикой оценки риска в офисных объектах.

#### 1.4 Выбор объекта исследования

Изучение проблем управления пожарными рисками будем проводить на примере здания МБУ детского сада № 48 "Дружная семейка".

Здание двухэтажное, II степени огнестойкости. Класс конструктивной пожарной опасности здания С0. Класс функциональной пожарной опасности детского сада – Ф 1.1.

Пожарные краны проектом не предусмотрены. Общее количество огнетушителей составляет 20 штук – ОП-5. Основной вид горючей нагрузки для проведения расчета применяем типовую горючую нагрузку для зданий I-II степени огнестойкости: мебель и бытовые изделия.

В соответствии с представленной справкой, которую мы запросили у детского сада, максимальное количество детей в детском саду составляет – 265 человек, количество обслуживающего персонала – 50 человек.

Время работы детского сада с 07:00 до 19:00 (12 часов).

На объекте, в соответствии с требованиями нормативных документов смонтированы система автоматической пожарной сигнализации (АПС) и система оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) 3-го типа. Для ремонта и

обслуживания установок пожарной сигнализации и оповещения о пожаре заключен договор со специализированной организацией. В соответствии с договором не реже 1 раза в квартал производятся осмотры и планово-предупредительные ремонты оборудования систем АПС и СОУЭ.

«В соответствии с п. 7 ст. 83 Федерального закона от 22.07.2008 N 123-ФЗ [2] система пожарной сигнализации обеспечивает подачу сигнала о возникновении пожара на пульт подразделения пожарной охраны без участия работников объекта» [2].

«В соответствии с методикой, в таком случае эффективность срабатывания систем АПС и СОУЭ, т.е. коэффициенты:  $K_{\text{обн}}$ ,  $K_{\text{СОУЭ}} = 0,8$ .

Поскольку оборудование объекта защиты системой противодымной защиты не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности, принимаем коэффициент  $K_{\text{ПДЗ}} = 0,8$ .

Помещения объекта защиты не защищены системой автоматического пожаротушения, поскольку оборудование здания системой АУП не требуется в соответствии с требованиями нормативных документов по пожарной безопасности.

Следовательно в соответствии с методикой значение параметра  $K_{\text{ап}}$  (коэффициент, учитывающий соответствие установок автоматического пожаротушения), принимается равным  $K_{\text{ап}} = 0,9$ » [9].

В соответствии с «Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 02.12.2015г. на основании приказа МЧС России № 632 [1]), частота возникновения пожара в зданиях дошкольных образовательных организаций в течении года составляет –  $Q_{\text{п}}=1,3 \times 10^{-3}$  для каждого здания».

Таким образом принимаем  $Q_{\text{п}}=1,3 \times 10^{-3}$ .

Расчет пожарного риска будет выполнен на основании технического задания по «Методике определения расчетных величин пожарного риска в

зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» приведенной в приложениях к Приказу МЧС от 30.06.2009г. №382 [9] и «Изменениям, вносимым в методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС России от 30.06.2009г. №382», приведенным в приложениях к Приказу МЧС России от 02.12.2015 г. № 632 [1]. Ниже на рисунке 2 изображено здание детского сада №48 «Дружная семейка».



Рисунок 2 – Здание и помещения МБУ детского сада № 48 "Дружная семейка"

На случай возникновения пожара обеспечена возможность безопасной эвакуации людей, находящихся в здании, через эвакуационные выходы с первого этажа наружу непосредственно или через коридор, вестибюль, лестничную клетку, со второго этажа здания в коридор или проход, ведущий к лестничной клетке, или в лестничную клетку, имеющую выход

непосредственно наружу. Эвакуационные выходы в здании детского сада расположены рассредоточено.

## 2 Теоретические основы расчета пожарного риска

### 2.1 Порядок расчета пожарного риска

Оценка пожарного риска для зданий, сооружений и строений различных классов функциональной пожарной опасности производится в соответствии с «Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 02.12.2015г. на основании приказа МЧС России № 632 [1]). «Определение расчетных величин пожарного риска осуществляется на основании:

- а) анализа пожарной опасности зданий;
- б) определения частоты реализации пожароопасных ситуаций;
- в) построения полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития;
- г) оценки последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития;
- д) наличия систем обеспечения пожарной безопасности зданий.

«Определение расчетных величин пожарного риска заключается в расчете индивидуального пожарного риска для людей, находящихся в здании. Численным выражением индивидуального пожарного риска является частота воздействия опасных факторов пожара (далее - ОФП) на человека, находящегося в здании. Перечень ОФП установлен статьей 9 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 28.07.2008 ФЗ № 123 [2].

Результаты и выводы, полученные при определении пожарного риска, используются для обоснования параметров и характеристик зданий, сооружений и строений, которые учитываются в настоящей «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9]

(утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 02.12.2015г. на основании приказа МЧС России № 632 [1]).

Частота воздействия ОФП определяется для пожароопасной ситуации, которая характеризуется наибольшей опасностью для жизни и здоровья людей, находящихся в здании.

Индивидуальный пожарный риск отвечает требуемому, если:

$$Q_B \leq Q_{BH}, \quad (2)$$

где  $Q_{BH}$  - нормативное значение индивидуального пожарного риска,  $Q_{BH}=10^{-6}$  год<sup>-1</sup>;

$Q_B$  - расчетная величина индивидуального пожарного риска.

Расчетная величина пожарного риска в здании, сооружении или строении определяется как максимальное значение пожарного риска из рассмотренных сценариев пожара:

$$Q_B = \max Q_{B,1}, \dots, Q_{B,i}, \dots, Q_{B,N} \quad (3)$$

где  $Q_{B,i}$  – расчетная величина пожарного риска для  $i$ -го сценария пожара,  $N$  - количество рассмотренных сценариев пожара.

Сценарий пожара представляет собой вариант развития пожара с учетом принятого места возникновения и характера его развития. Сценарий пожара определяется на основе данных об объемно-планировочных решениях, о размещении горючей нагрузки и людей на объекте. При расчете рассматриваются сценарии пожара, при которых реализуются наихудшие условия для обеспечения безопасности людей.

Сценарии пожара, не реализуемые при нормальном режиме эксплуатации объекта (теракты, поджоги, хранение горючей нагрузки, не предусмотренной назначением объекта и т.д.), не рассматриваются.

В соответствии с вышеназванной методикой «расчетная величина индивидуального пожарного риска  $Q_{B,i}$  для  $i$ -го сценария пожара в зданиях класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4 рассчитывается по формуле:

$$Q_{В,i} = Q_{П,i} [1 - (P_{э,i} + (1 - P_{э,i}) P_{СП,i})], \quad (4)$$

где  $P_{э,i}$  - вероятность эвакуации людей;  $P_{СП,i}$  - вероятность спасения людей» [9];  $Q_{П,i}$  - частота возникновения пожара в здании в течение года, определяется на основании статистических данных, приведенных в приложении №1 «Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 02.12.2015г. на основании приказа МЧС России № 632 [1]).

«Вероятность эвакуации  $P_{э,i}$  из зданий класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4 рассчитывают по формуле:

$$P_{э,i} = \frac{N_{\Sigma,i} - N_{неэв,i}}{N_{\Sigma,i}} \cdot 0,999, \quad (5)$$

где  $N_{\Sigma,i}$  - общее количество людей, эвакуирующихся в рассматриваемом сценарии;  $N_{неэв,i}$  - количество не эвакуировавшихся людей. Определяется путем суммирования по всем участкам путей эвакуации людей, не успевших покинуть указанный участок до его блокирования опасными факторами пожара (для которых  $t_p + t_{нэ} > 0,8 \cdot t_{бл}$ ), и людей, попавших в скопление продолжительностью более 6 мин ( $t_{ск} > 6$  мин);  $t_p$  - расчетное время эвакуации людей, мин;  $t_{нэ}$  - время начала эвакуации (интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей), мин;  $t_{бл}$  - 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  $0,5 \text{ м}^2/\text{м}^2$ ).

«Вероятность спасения  $P_{СП,i}$  определяется по формуле:

$$P_{СП,i} = 1 - (1 - K_{п.з,i})(1 - K_{ФПС,i})(1 - K_{ф,i})(1 - K_{эв,i}), \quad (6)$$

где  $K_{п.з,i}$  - коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности, определяется по формуле (3);  $K_{ФПС,i}$  - коэффициент, учитывающий дислокацию подразделений пожарной охраны на территории поселений и городских округов;  $K_{ф,i}$  - коэффициент, учитывающий класс функциональной пожарной опасности здания;  $K_{эв,i}$  - коэффициент, учитывающий соответствие путей эвакуации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности» [9].

«В случае соответствия дислокации подразделений пожарной охраны на территории поселений и городских округов требованиям Технического регламента и нормативных документов по пожарной безопасности  $K_{ФПС,i} = 0,95$ .

При этом время  $t_{бл,i}$  принимается в соответствии с расчетом по приложению 6 к настоящей Методике для данного сценария развития пожара.

В остальных случаях  $K_{ФПС,i}$  принимается равным нулю.

Значение параметра  $K_{ф,i}$  принимается равным  $K_{ф,i} = 0,75$  в следующих случаях:

а) для зданий класса Ф1.1 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к оснащению первичными средствами пожаротушения;

б) для зданий класса Ф1.3 в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к устройству аварийных выходов;  
для зданий класса Ф1.4 - во всех случаях;

В остальных случаях для зданий классов Ф1.1. Ф1.3  $K_{ф,i}$  принимается равной нулю.

Значение параметра  $K_{эв,i}$  принимается равным  $K_{эв,i} = 0,8$  в случае соблюдения требований нормативных документов по пожарной безопасности к путям эвакуации. В остальных случаях  $K_{эв,i}$  принимается равной нулю» [9].

«Расчетное время эвакуации людей  $t_p$  из помещений и зданий определяется на основе моделирования движения людей до выхода наружу одним из следующих способов:

- а) по упрощенной аналитической модели движения людского потока;
- б) по математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания;
- в) по имитационно-стохастической модели движения людских потоков.

Выбор способа определения расчетного времени эвакуации производится с учетом специфических особенностей объемно-планировочных решений здания, а также особенностей контингента (его однородности) людей, находящихся в нем» [9].

При определении расчетного времени эвакуации учитываются принципы составления расчетной схемы эвакуации людей, параметры движения людей различных групп мобильности, а также значения площадей горизонтальных проекций различных контингентов людей.

Время начала эвакуации  $t_{нэ}$  определяется в соответствии с пунктом 1 приложения №5 к «Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 02.12.2015г. на основании приказа МЧС России № 632 [1]).

Время блокирования путей эвакуации  $t_{бл}$  вычисляется путем расчета времени достижения ОФП предельно допустимых значений на эвакуационных путях в различные моменты времени. Порядок проведения расчета и математические модели для определения времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара приведен в приложении №6 к Методике.

Коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты, направленной на обеспечение безопасной эвакуации людей при

пожаре, требованиям нормативных документов по пожарной безопасности,  $K_{пз}$  рассчитывается по формуле:

$$K_{пз} = 1 - 1 - K_{обн} \cdot K_{СОУЭ} \cdot 1 - K_{обн} \cdot K_{ПДЗ} , \quad (7)$$

где  $K_{обн}$  - коэффициент, учитывающий соответствие системы пожарной сигнализации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;  $K_{СОУЭ}$  - коэффициент, учитывающий соответствие системы оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей требованиям нормативных документов по пожарной безопасности;  $K_{ПДЗ}$  - коэффициент, учитывающий соответствие системы противодымной защиты требованиям нормативных документов по пожарной безопасности.

Для проведения анализа пожарной опасности осуществляется сбор данных о здании, который включает: объемно-планировочные решения, теплофизические характеристики ограждающих конструкций и размещенного оборудования, вид, количество и размещение горючих веществ и материалов, количество и места вероятного размещения людей, системы пожарной сигнализации и пожаротушения, противодымной защиты, оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей.

На основании полученных данных производится анализ пожарной опасности здания, при этом учитывается: возможная динамика развития пожара, состав и характеристики системы противопожарной защиты, возможные последствия воздействия пожара на людей и конструкции здания.

Определение частоты реализации пожароопасных ситуаций. Частота реализации пожароопасных ситуаций определяется частотой возникновения пожара в здании в течение года. Порядок определения частоты возникновения пожара в здании приведен в разделе II «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]).

Рассмотрим построение полей опасных факторов пожара для различных сценариев его развития. «Для построения полей опасных факторов пожара проводится экспертный выбор сценария или сценариев пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия для находящихся в здании людей.

Формулировка сценария развития пожара включает в себя следующие этапы:

а) выбор места нахождения первоначального очага пожара и закономерностей его развития;

б) задание расчетной области (выбор рассматриваемой при расчете системы помещений, определение учитываемых при расчете элементов внутренней структуры помещений, состояния проемов);

в) задание параметров окружающей среды и начальных значений параметров внутри помещений» [9].

В соответствии с приложением №6 «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]) формулируется математическая модель развития пожара и проводится моделирование его динамики развития.

На основании результатов расчетов осуществляется построение полей опасных факторов пожара и определяется значение времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара и точки блокирования.

Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей для различных сценариев его развития. Оценка последствий воздействия опасных факторов пожара на людей заключается в определении вероятности эвакуации людей из здания при пожаре.

Вероятность эвакуации людей определяется на основе сопоставления значений времени эвакуации людей и времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

Для определения расчетного времени эвакуации людей в соответствии с приложениями №№ 2-5 «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]) определяется модель эвакуации людей из здания, проводится построение расчетной схемы эвакуации и осуществляется моделирование эвакуации людей.

В соответствии с разделом II «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]) проводится определение расчетной величины индивидуального пожарного риска и сопоставление ее с нормативным значением индивидуального пожарного риска.

«Учет наличия систем обеспечения пожарной безопасности здания. Наличие систем обеспечения пожарной безопасности здания учитывается в соответствии с положениями раздела IV «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]).

Порядок разработки дополнительных противопожарных мероприятий при определении расчетной величины индивидуального пожарного риска. В случае, если расчетная величина индивидуального пожарного риска превышает нормативное значение, в здании следует предусмотреть дополнительные противопожарные мероприятия, направленные на снижение величины пожарного риска.

К числу противопожарных мероприятий, направленных на снижение величины пожарного риска, относятся:

- а) применение дополнительных объемно-планировочных решений и средств, обеспечивающих ограничение распространения пожара;
- б) устройство дополнительных эвакуационных путей и выходов;
- в) устройство систем оповещения людей о пожаре и управления эвакуацией людей повышенного типа;
- г) организация поэтапной эвакуации людей из здания;
- д) применение систем противодымной защиты;
- е) устройство систем автоматического пожаротушения;
- ж) ограничение количества людей в здании до значений, обеспечивающих безопасность их эвакуации из здания.

Эффективность дополнительных противопожарных мероприятий должна подтверждаться повторным расчетом величины индивидуального пожарного риска.

## 2.2 Математические аспекты расчета времени эвакуации

Для обеспечения безопасности людей в случае аварийной ситуации, например при возникновении пожара, для людей должна быть обеспечена безопасная зона, а именно путь эвакуации. От того, насколько пути движения людей при аварийной ситуации удовлетворяют условиям эвакуации, зависят время и характер движения. Если пути движения удобны, то есть имеют достаточную ширину, ровную и нескользкую поверхность пола, простое очертание, позволяющее людям видеть ближайшие к цели движения участки пути, то движение протекает быстро, без задержек, и не сопровождается несчастными случаями. Наоборот, при неудачно решенных путях движения возникают задержки движения, давка, повышается первое возбуждение людей, иногда перерастающее в панику, которая, как известно, часто сопровождается трагическими последствиями.

То есть при движении людей в различных ситуациях мы можем наблюдать следующие явления:

- паника;
- образование скопления людей (пробка, давка) и задержка движения. Это обычно происходит в дверных проемах и при сужении прохода или при наличии на пути непреодолимого препятствия (например, колонна или человек, который не движется или движется, но с меньшей скоростью);
- слияние людских потоков при пересечении путей следования и противотоки, когда две группы людей движутся навстречу друг другу;
- «стадный инстинкт», когда люди выбирают направление движения, основываясь на поведении других людей. Во время паники влияние «стадного инстинкта» проявляется в наибольшей степени, запасные выходы игнорируются: все бегут туда же, «куда и все»;
- фрикционные явления, когда два или более человека «претендуют» на одно место.

На сегодняшний день, в мире насчитывается несколько десятков моделей, которые используют различные способы представления внутренней среды здания, моделирование движения людей, по-разному учитывают психологические аспекты поведения людей (действия при получении сигнала о пожаре, выбор маршрута, влияние опасных факторов пожара).

Разберем две модели людского потока, по которым проводятся расчеты пожарного риска в нашей стране: упрощенная аналитическая, имитационно-стохастическая. Они относятся к классу «методов ручного вычисления». Упрощенная аналитическая модель «пришла» в методику из ГОСТ 12.1.004-91 [7], в него, в свою очередь из СНиП II-2-80X [25].

Следует отметить, что для рассматриваемой предметной области, именно этот этап ознаменовал переход к гибкому нормированию - до этого по СНиП 2 А.5-70 [26] все расчеты сводились к требованию: 0,6м ширины выхода или прохода на 100 эвакуирующихся. Данная модель является наиболее простой и

отработанной. Все пути эвакуации делятся на элементарные участки, на каждом из которых рассматривается однородный поток со своими характеристиками.

Предполагается, что люди при эвакуации создают равномерно распределенные потоки, не учитывается разнородность контингента эвакуирующихся, группа мобильности, возникают сложности при расчете эвакуации из зданий с развитой внутренней инфраструктурой.

Упрощенная аналитическая модель движения людского потока используется в соответствии с приложением 2 методики, определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]).

Данная модель может быть принята для анализа исходя из следующих факторов:

- 1) проектируемое здание имеет четкую систему эвакуационных путей, которая может быть представлена системой проходов, коридоров и лестниц;
- 2) в здании при рассмотрении расчетной ситуации находится значительное количество людей, которые при начале движения быстро формируют на путях эвакуации потоки, с достаточной степенью достоверности описываемых упрощенной аналитической моделью.

Упрощенная аналитическая модель также реализуется программой «СИТИС: Флоутек ВД 2.60.12301», достоверность реализации модели подтверждена Сертификатом соответствия № РОСС RU.СП15.Н00345 и заключением Академии ГПС письмом № 1539-1-14 от 06.10.2009. Интерфейс программы позволяет анализировать и проверять исходные данные и результаты расчета.

Программа является коммерческой и может быть приобретена и использована любым лицом.

В начале 80-х годов прошлого века профессор В.В. Холщевниковым была разработана модель ADLPV, которая в рамках современной терминологии называется имитационно-стохастической. Эта модель значительно точнее за счет деления здания на элементарные участки шириной около 1м и выполнения нескольких расчетных операций в секунду для каждого участка. Например, для 2-х этажного здания с площадью этажа около 1000м<sup>2</sup> потребуется почти 40тыс. операций машинного счета. Тем не менее, применения модели затруднено при анализе индивидуальных особенностей эвакуации человека. Для реализации указанных моделей (упрощенной аналитической и имитационно-стохастической) разработано программное обеспечение – модель Флоутек. В описанных выше моделях объектом моделирования является людской поток.

Имитационно-стохастическая модель движения людского потока применяется в соответствии с приложением 4 методики, Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632[1]).

«Данная модель может быть также принята для анализа исходя из следующих факторов:

- 1) проектируемое здание имеет четкую систему эвакуационных путей, которая может быть представлена системой проходов, коридоров и лестниц;
- 2) в здании при рассмотрении расчетной ситуации находится значительное количество людей, которые при начале движения быстро формируют на путях эвакуации потоки, с достаточной степенью достоверности описываемых имитационно-стохастической моделью» [9].

«Имитационно-стохастическая модель реализуется программой «СИТИС: Флоутек ВД 2.60.12301», достоверность реализации модели подтверждена Сертификатом соответствия № РОСС RU.СП15.Н00345 и заключением Академии ГПС письмом № 1539-1-14 от 06.10.2009. Интерфейс программы

позволяет анализировать и проверять исходные данные и результаты расчета. Программа является коммерческой и может быть приобретена и использована любым лицом» [9].

### 2.3 Выбор методов исследования

В соответствии с Приказом МЧС РФ от 30.06.2009г. №382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] с учетом изменений от 12.12.2011 приказ МЧС России №749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]), на примере 2-х этажного детского сада произведем расчет пожарного риска по двум моделям людского потока (упрощенной аналитической и имитационно-стохастической), и сравним полученные данные.

В качестве сценариев с наихудшими условиями пожара следует рассматривать сценарии, характеризующиеся наиболее затрудненными условиями эвакуации людей и (или) наиболее высокой динамикой нарастания ОФП, а именно пожары: в помещениях, рассчитанных на одновременное присутствие 50 и более человек; в системах помещений, в которых из-за распространения ОФП возможно быстрое блокирование путей эвакуации (коридоров, эвакуационных выходов и т.д.). При этом очаг пожара выбирается в помещении малого объема вблизи от одного из эвакуационных выходов, либо в помещении с большим количеством горючей нагрузки, характеризующейся высокой скоростью распространения пламени; в помещениях и системах помещений атриумного типа; в системах помещений, в которых из-за недостаточной пропускной способности путей эвакуации возможно возникновение продолжительных скоплений людских потоков.

В случаях, когда перечисленные типы сценариев не отражают всех особенностей объекта, возможно рассмотрение иных сценариев пожара.

В помещении, имеющем два и более эвакуационных выхода, очаг пожара следует размещать вблизи выхода, имеющего наибольшую пропускную

способность. При этом данный выход считается заблокированным с первых секунд пожара, и при определении расчетного времени эвакуации не учитывается. В помещении с одним эвакуационным выходом, время блокирования выхода определяется расчетом.

Расчетное время эвакуации людей  $t_p$  из помещений и зданий определяется на основе моделирования движения людей до выхода наружу одним из следующих способов: по упрощенной аналитической модели движения людского потока, по имитационно-стохастической модели движения людских потоков.

Выбор способа определения расчетного времени эвакуации производится с учетом специфических особенностей объемно-планировочных решений здания, а также особенностей контингента (его однородности) людей, находящихся в нем.

При определении расчетного времени эвакуации учитываются данные, приведенные в приложении N 5 «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]), в частности принципы составления расчетной схемы эвакуации людей, параметры движения людей различных групп мобильности, а также значения площадей горизонтальных проекций различных контингентов людей.

Упрощенная аналитическая модель движения людского потока (определение расчетного времени эвакуации людей из помещений и зданий по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей).

Расчетное время эвакуации людей из помещений и зданий устанавливается по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей.

При расчете весь путь движения людского потока подразделяется на участки (проход, коридор, дверной проем, лестничный марш, тамбур). Начальными участками являются проходы между рабочими местами, оборудованием, рядами кресел и т.п.

При определении расчетного времени эвакуации людей длину и ширину каждого участка пути эвакуации для проектируемых зданий принимают по проекту, а для построенных - по фактическому положению. Длину пути по лестничным маршам, а также по пандусам измеряют по длине марша. Длину пути в дверном проеме принимают равной нулю. Проем, расположенный в стене толщиной более 0,7 м, а также тамбур следует считать самостоятельными участками горизонтального пути, имеющими конечную длину.

Имитационно-стохастическая модель движения людских потоков. Множество людей, одновременно идущих в одном направлении по общим участкам пути, образуют людской поток. Участками формирования людских потоков в помещениях следует принимать проходы между оборудованием. Для последующих участков эвакуационных путей они представляют собой первичные источники людских потоков. Распределение человек на участках формирования, имеющих ширину и длину принимается равномерным. Поэтому в начальный момент на каждом элементарном участке занимаемом потоком, плотность потока.

При дальнейшем движении людских потоков из первичных источников по общим участкам пути происходит их слияние. Образуется общий поток, части которого имеют различную плотность. Происходит выравнивание плотностей различных частей людского потока – его переформирование. Следует учитывать, что его головная часть, имеющая перед собой свободный путь, растекается – люди стремятся идти свободно при плотности 0.

За интервал времени часть людей переходит с этих элементарных участков на последующие и происходит изменение состояния людского потока, его движение.

### 3. Исследование путей управления пожарными рисками

#### 3.1 Упрощенная аналитическая модель расчета на примере детского сада

Выполним расчет времени эвакуации в программе «Ситис «Флоутек», за алгоритм расчета будем использовать упрощенно - аналитическую модель людского потока. Далее в таблицах 2, 3 представим результаты расчета времени эвакуации по упрощенно-аналитической модели.

На рисунках 3,4 представлены расчетные схемы эвакуации из здания детского сада с 2-мя эвакуационными выходами (сценарий пожара 1).

Таблица 2 – Время движения к выходу по упрощенной аналитической модели

Сценарий	Выход_01	Выход_02
Сценарий_01	3,78 мин (84 чел.)	4,45 мин (88 чел.)

Таблица 3 – Расчетные точки, указанные на 2-м этаже

Сценарий	рт	тнэ, мин	тэ, мин	тск, мин
Сценарий_01				0,99
	рт_01	0	1,46	
	рт_02	0	1,55	

Делаем вывод, что при использовании упрощенно-аналитической модели людского потока люди при эвакуации создают равномерно распределенные потоки, не учитывается разнородность контингента эвакуирующихся, группу мобильности, и покидают здания за 4 минут 45 секунд.

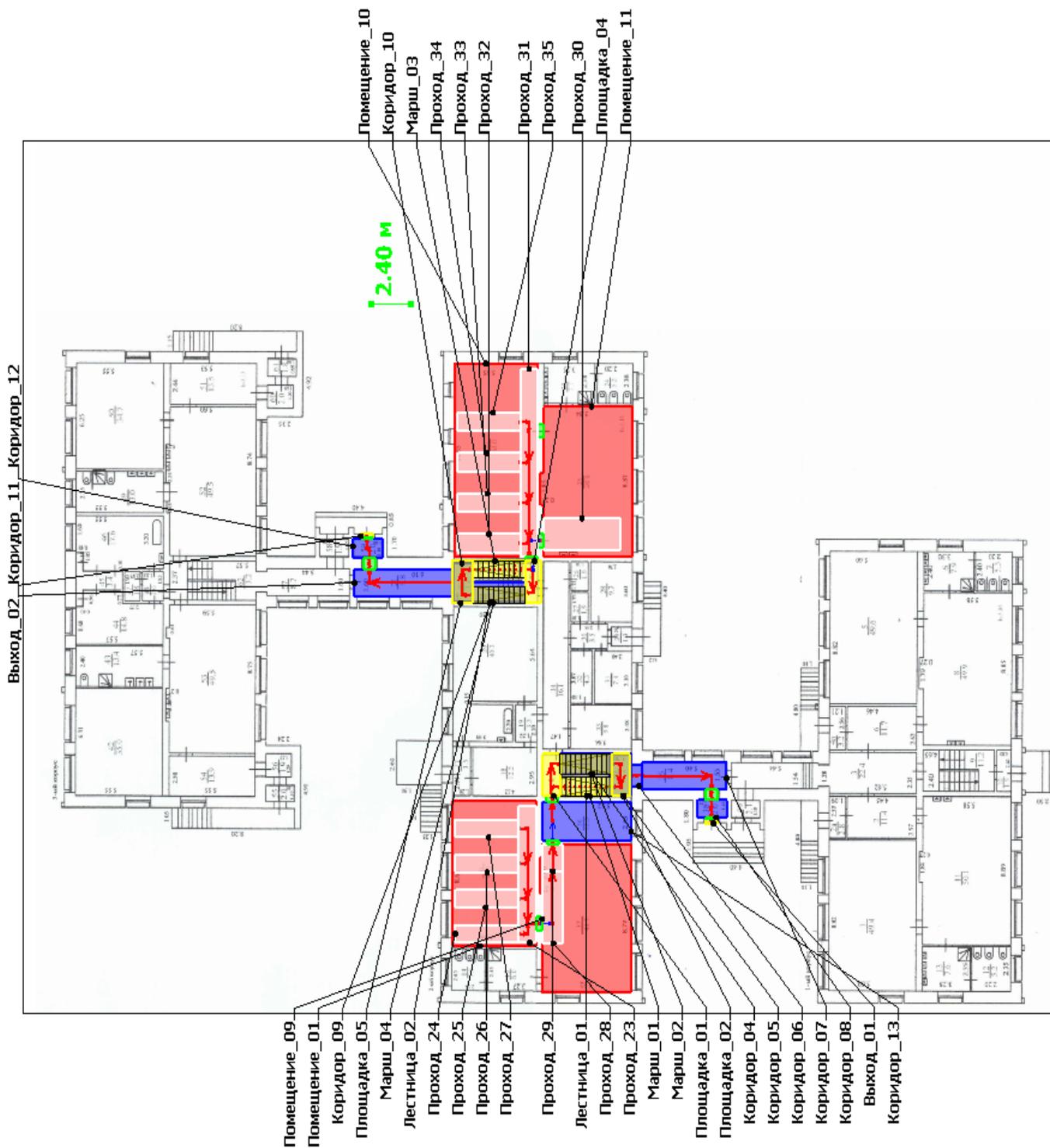


Рисунок 3 – Расчетная схема эвакуации. Этаж 01

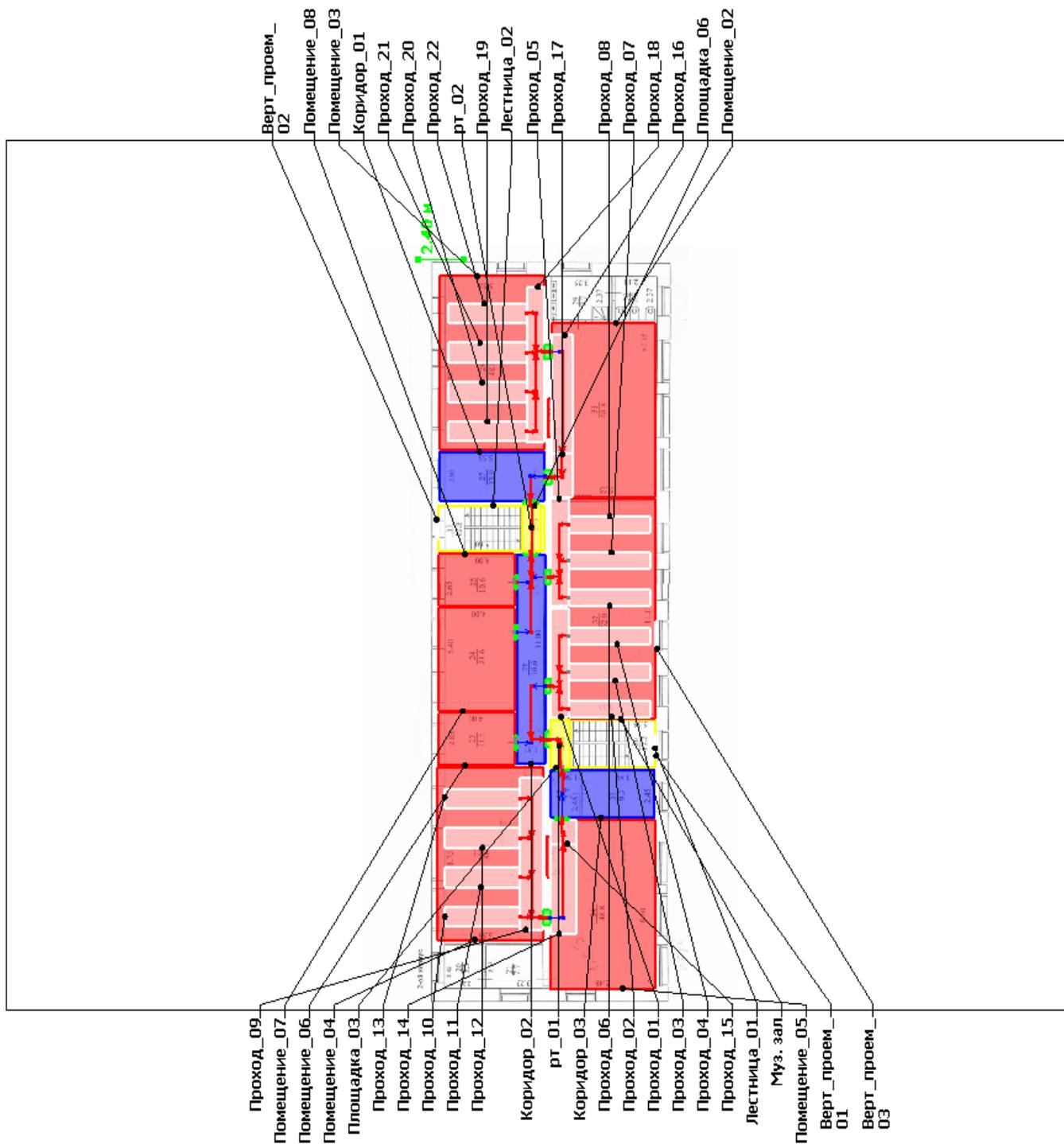


Рисунок 4 – Расчетная схема эвакуации. Этаж 02

### 3.2 Имитационно – стохастическая модель расчета на примере детского сада

Выполним расчет времени эвакуации в программе «Ситис «Флоутек» по алгоритму имитационно-стохастической модели людского потока. Далее в таблицах 4, 5 представим результаты расчета времени эвакуации по имитационно-стохастической модели людского потока.

На рисунках 5,6 представлены расчетные схемы эвакуации из здания детского сада с 2-мя эвакуационными выходами (сценарий пожара 1.1).

Таблица 4 – Время движения к выходу по имитационно-стохастической модели

Сценарий	Выход_01	Выход_02
Сценарий_01	2,64 мин (84 чел.)	3,58 мин (88 чел.)

Таблица 5 – Расчетные точки, указанные на 2-м этаже

Сценарий	р <sub>г</sub>	t <sub>нэ</sub> , мин	t <sub>э</sub> , мин	t <sub>ск</sub> , мин
Сценарий_01				0,40
	р <sub>г_01</sub>	0	1,02	
	р <sub>г_02</sub>	0	1,06	

Делаем вывод, что при использовании имитационно-стохастической модели людского потока эвакуация людей из здания происходит за 3 минуты 58 секунд.

Делаем вывод, что при наличии 2-х эвакуационных выходов в здании детского сада, и при наличии нескольких моделей эвакуации людей, а именно при имитационно-стохастической модели людского потока, время эвакуации значительно меньше, а именно 3,58 минуты, за счет деления здания на элементарные участки шириной около 1м и выполнения нескольких расчетных операций в секунду, при использовании упрощенно-аналитической модели эвакуации людей из здания получаем время 4,45 минуты.

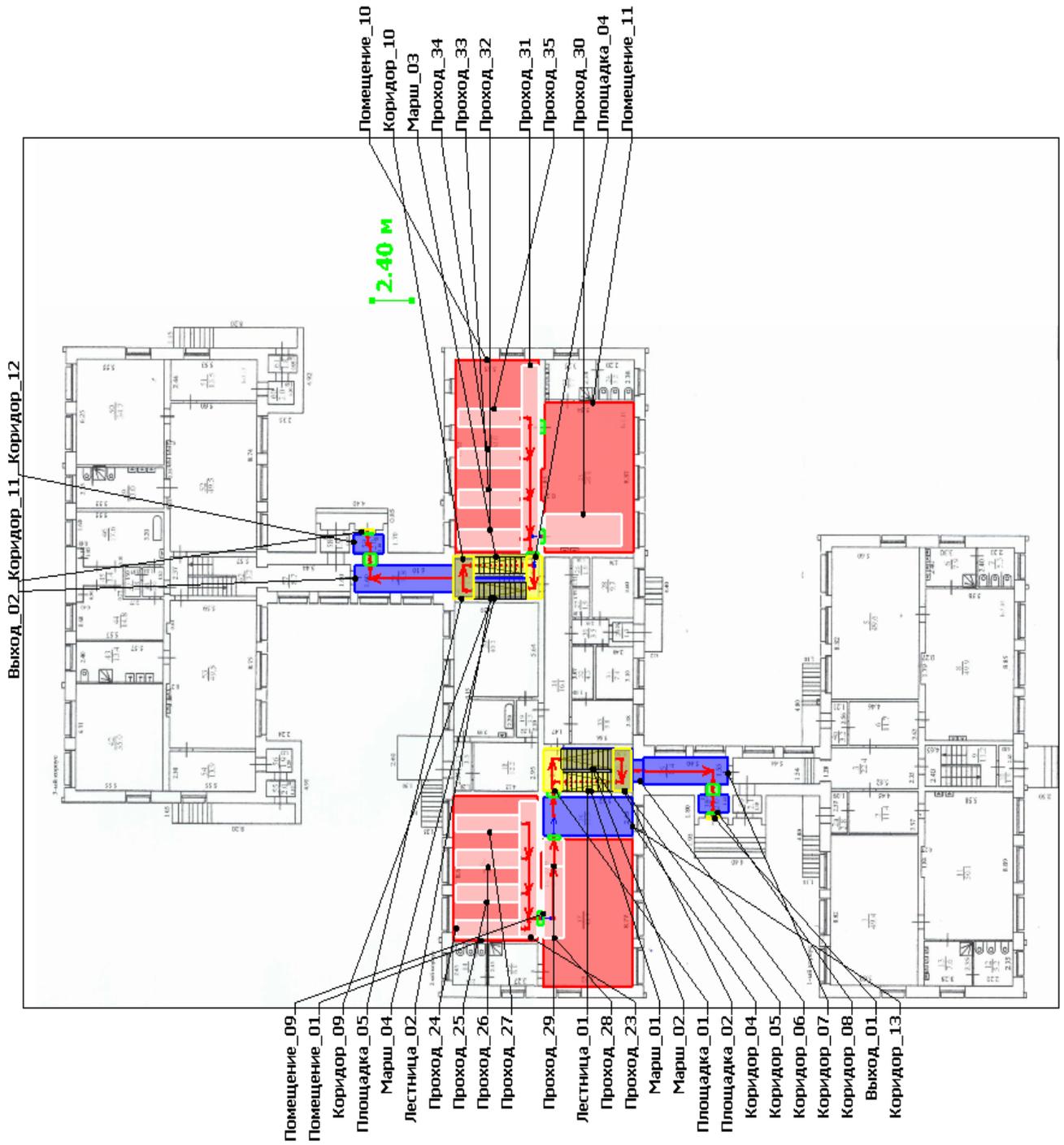


Рисунок 5 – Расчетная схема эвакуации. Этаж 01

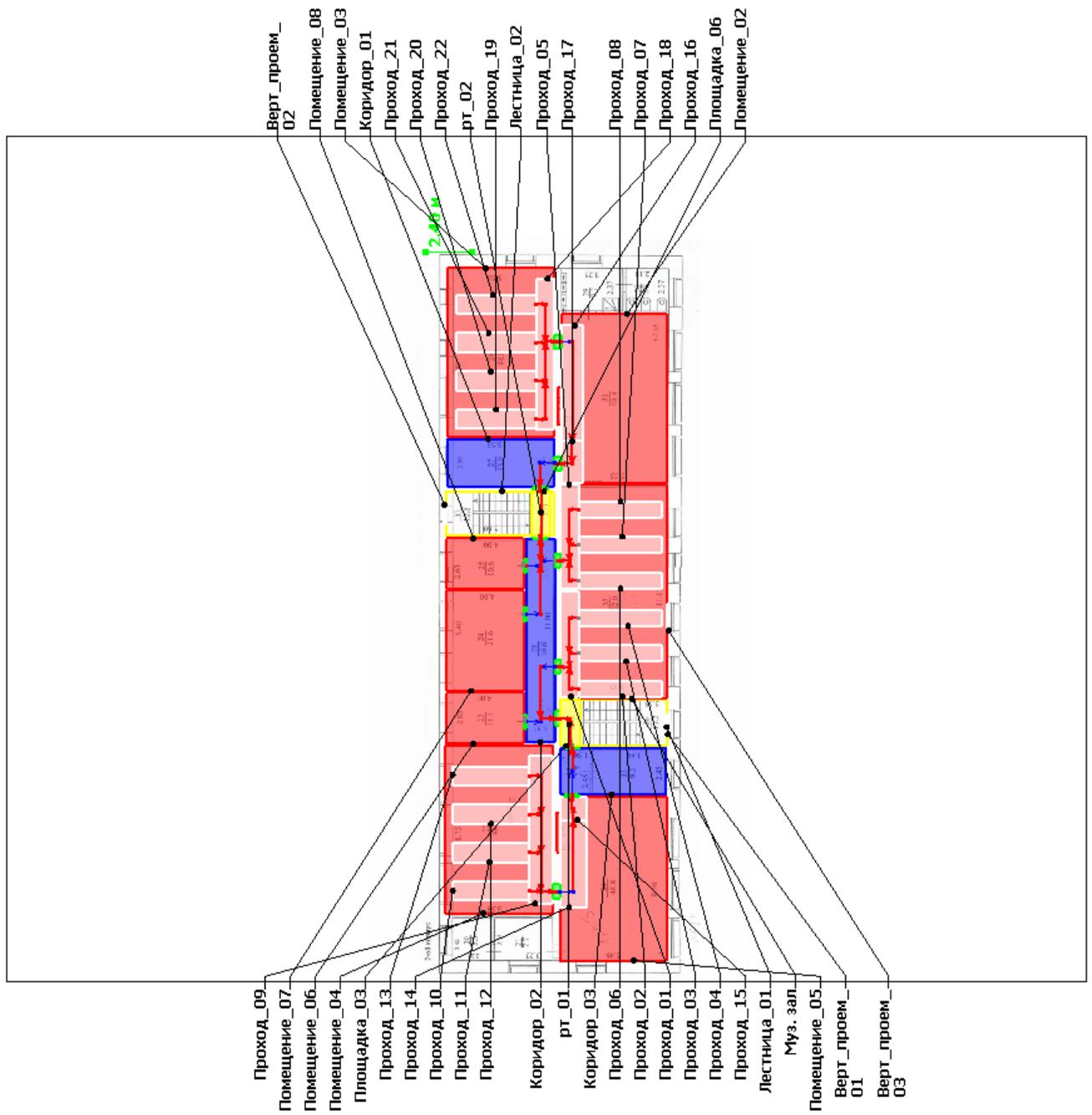


Рисунок 6 – Расчетная схема эвакуации. Этаж 02

На рисунке 7 обозначено время эвакуации людей из здания, с двумя эвакуационными выходами.



Рисунок 7 – Показатели времени эвакуации людей из здания с 2-мя эвакуационными выходами

### 3.3 Упрощенная аналитическая и имитационно- стохастическая модели расчета при блокировании одного пути эвакуации

Выберем наиболее дальний и сложный путь эвакуации людей, по одной лестничной клетки и через один эвакуационный выход, ведущий непосредственно на улицу, вторую лестничную клетку и второй эвакуационный выход будем считать заблокированными с первых секунд пожара (сценарий 2). Следовательно, люди эвакуируются в один самый дальний выход (рисунок 8-11). Сравним результаты выбранных нами моделей. Расчет времени эвакуации выполнен в программе «СИТИС: Флоутек ВД 2.60.12301».

Далее в таблицах 6, 7 представим результаты расчета времени эвакуации по упрощенной аналитической модели, с использованием 1-го эвакуационного выхода.

На рисунках 8,9 представлены расчетные схемы эвакуации из здания детского сада с 1-м эвакуационным выходом (сценарий пожара 2).

Таблица 6 – Время движения к выходу по упрощенной аналитической модели

Сценарий	Выход_02
Сценарий_02	7,28 мин (172 чел.)

Таблица 7 – Расчетная точка, указанная на 2-м этаже

Сценарий	рт	тнэ, мин	тэ, мин	тск, мин
Сценарий_02				2,89
	рт_02	0	5,94	

Делаем вывод, что при использовании упрощенно-аналитической модели людского потока люди при эвакуации создают равномерно распределенные потоки, учитывается разнородность контингента эвакуирующихся, и покидают здания через один эвакуационных выход и по одной лестничной клетки за 7 минут 28 секунд.

Следовательно, для имитационно-стохастической модели также используем наиболее дальний и сложный путь эвакуации людей, по одной лестничной клетки и через один эвакуационный выход ведущий непосредственно на улицу, вторую лестничную клетку и второй эвакуационный выход будем считать заблокированными с первых секунд пожара. Следовательно, люди эвакуируются в один самый дальний выход (рисунках 8-11). Сравним результаты выбранных нами моделей. Расчет времени эвакуации выполнен в программе «СИТИС: Флоутек ВД 2.60.12301».

Далее в таблицах 8, 9 представим результаты расчета времени эвакуации по имитационно-стохастической модели людского потока, с использованием 1-го эвакуационного выхода (сценарий 2.1).

На рисунках 10,11 представлены расчетные схемы эвакуации из здания детского сада с 1-м эвакуационным выходом (сценарий пожара 2.1).

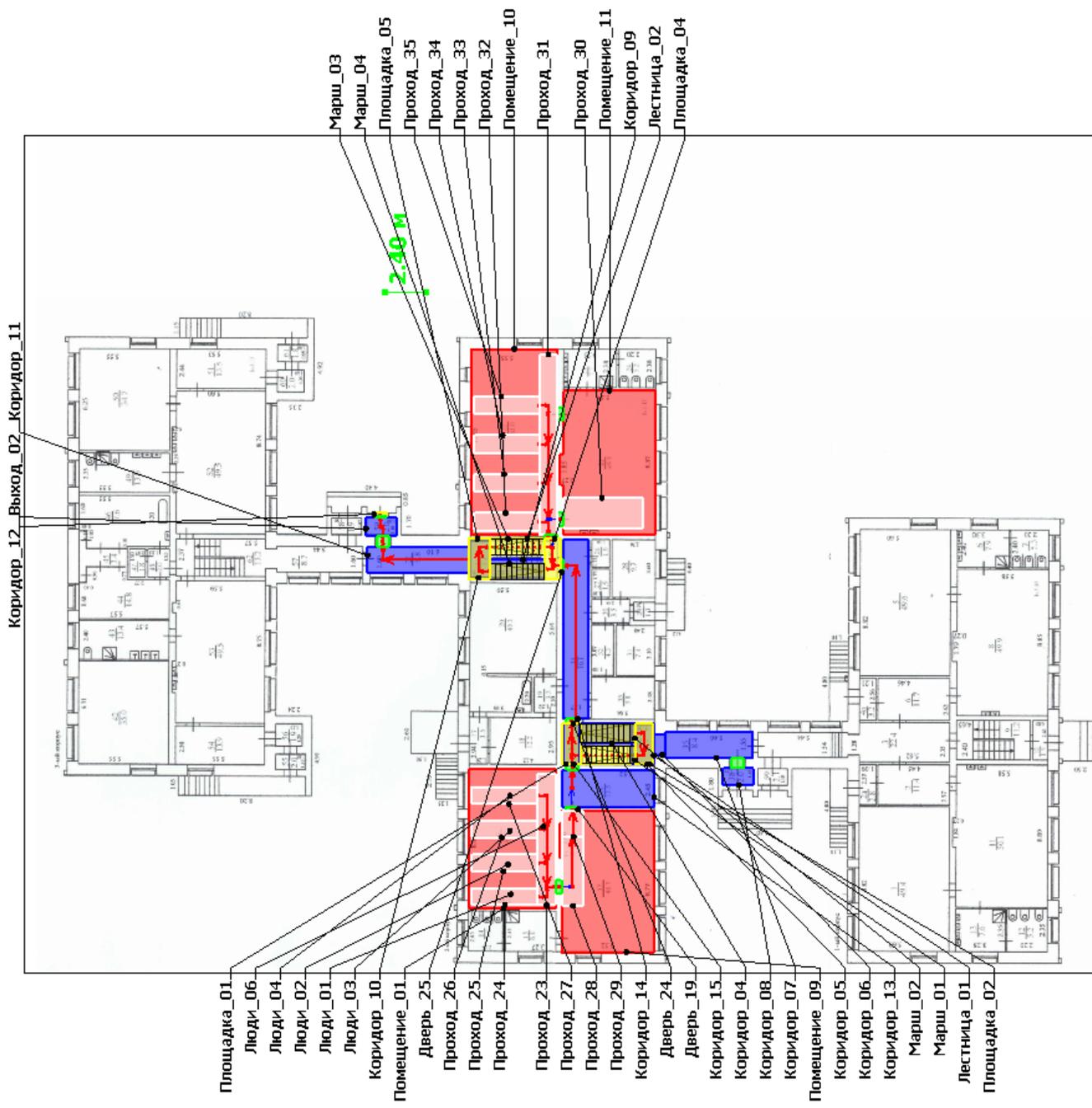


Рисунок 8 – Расчетная схема эвакуации. Этаж 01

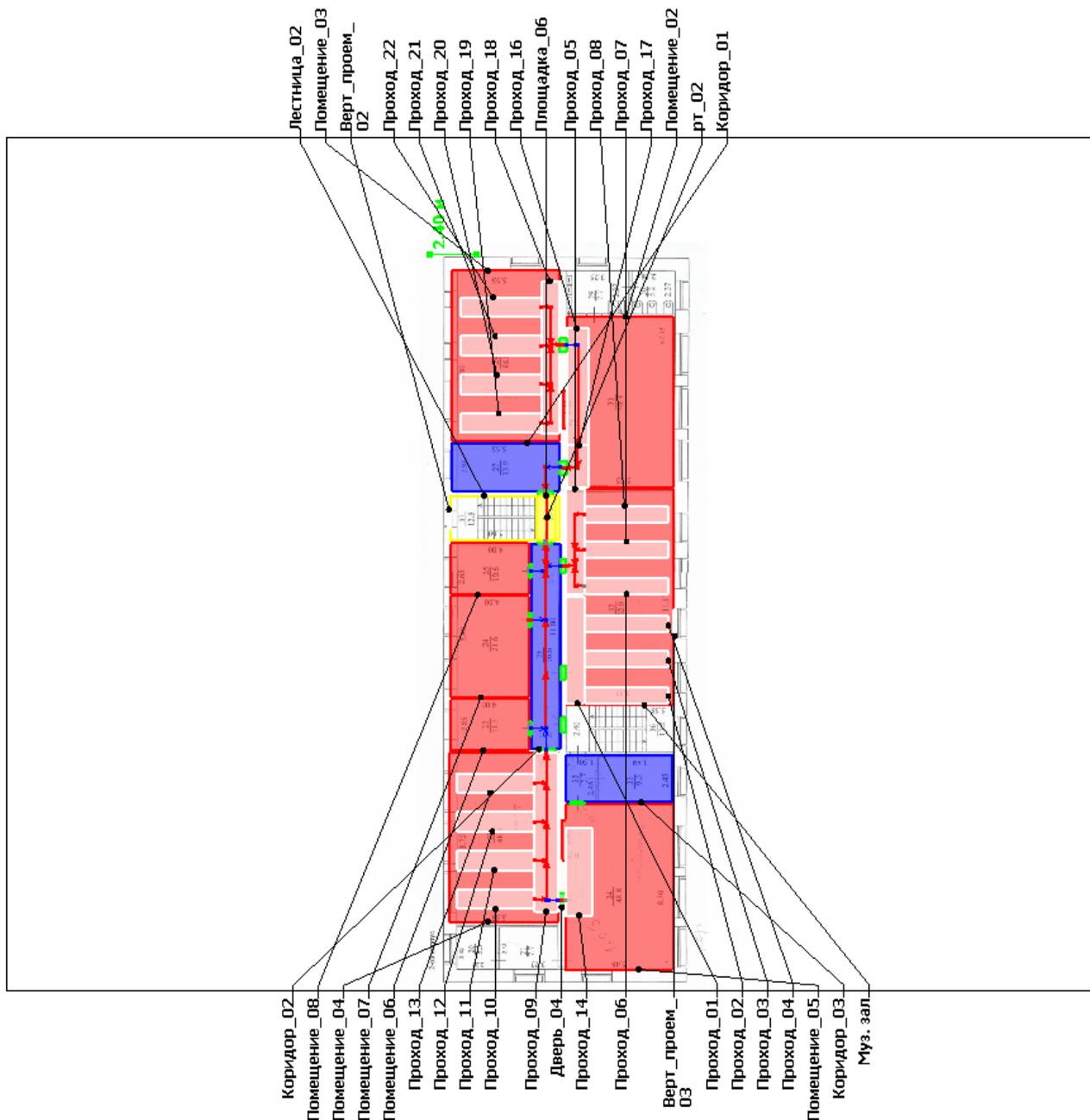


Рисунок 9 – Расчетная схема эвакуации. Этаж 02

Таблица 8 – Время движения к выходу по имитационно-стохастической модели

Сценарий	Выход_02
Сценарий_02	6,16 мин (172 чел.)

Таблица 9 – Расчетная точка, указанная на 2-м этаже

Сценарий	рт	tnэ, мин	tэ, мин	tск, мин
Сценарий_02				1,98
	рт_02	0	3,93	

Делаем вывод, что при использовании имитационно-стохастической модели людского потока эвакуация людей из здания происходит за 6 минут 16 секунд.

Делаем вывод, что при наличии 1-го эвакуационного выхода в здании детского сада, и при наличии нескольких моделей эвакуации людей, а именно при имитационно-стохастической модели людского потока, время эвакуации значительно меньше, 6,16 минуты, за счет деления здания на элементарные участки шириной около 1м и выполнения нескольких расчетных операций в секунду, при использовании упрощенно-аналитической модели эвакуации людей из здания получаем время 7,28 минуты.

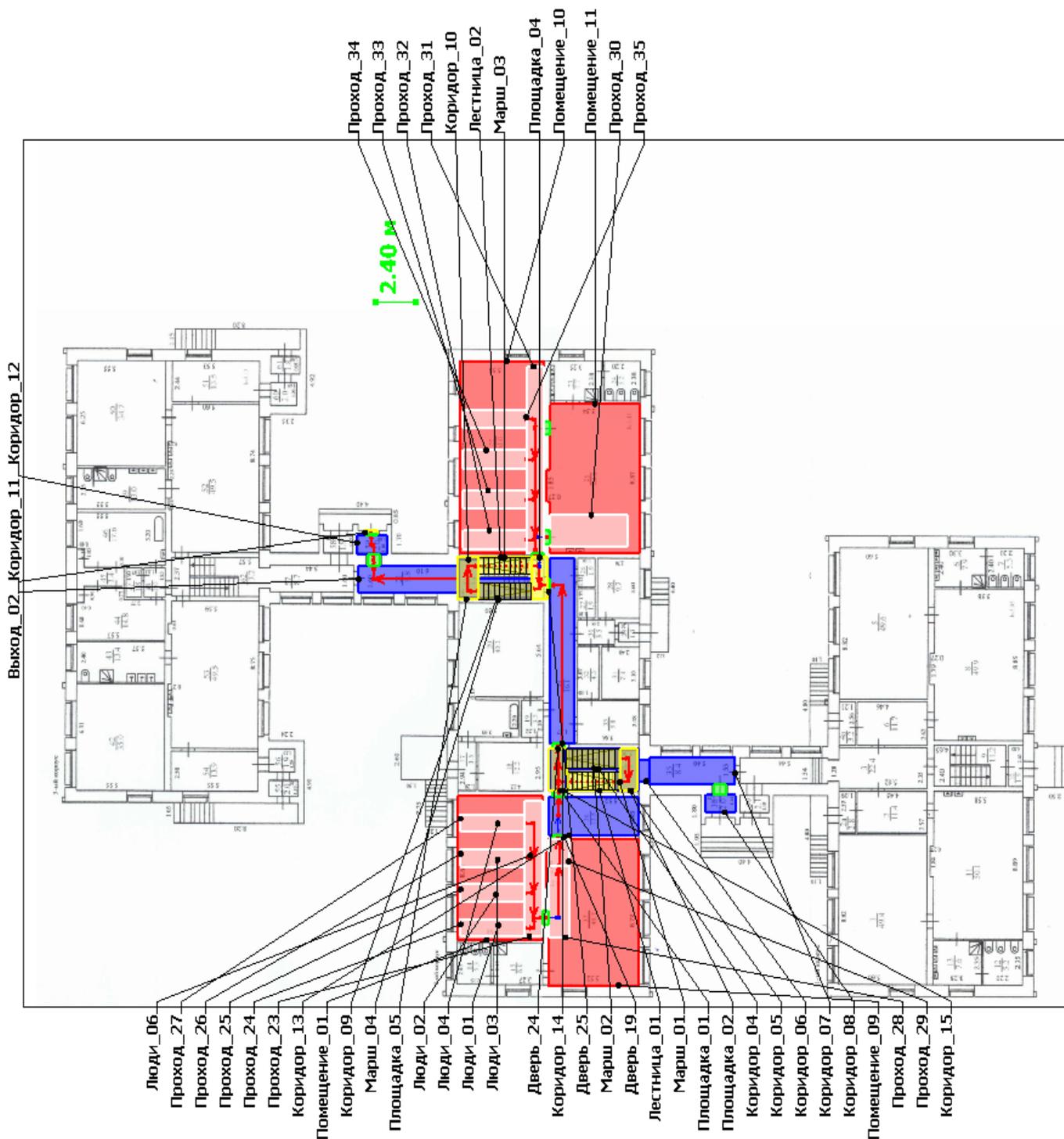


Рисунок 10 – Расчетная схема эвакуации. Этаж 01

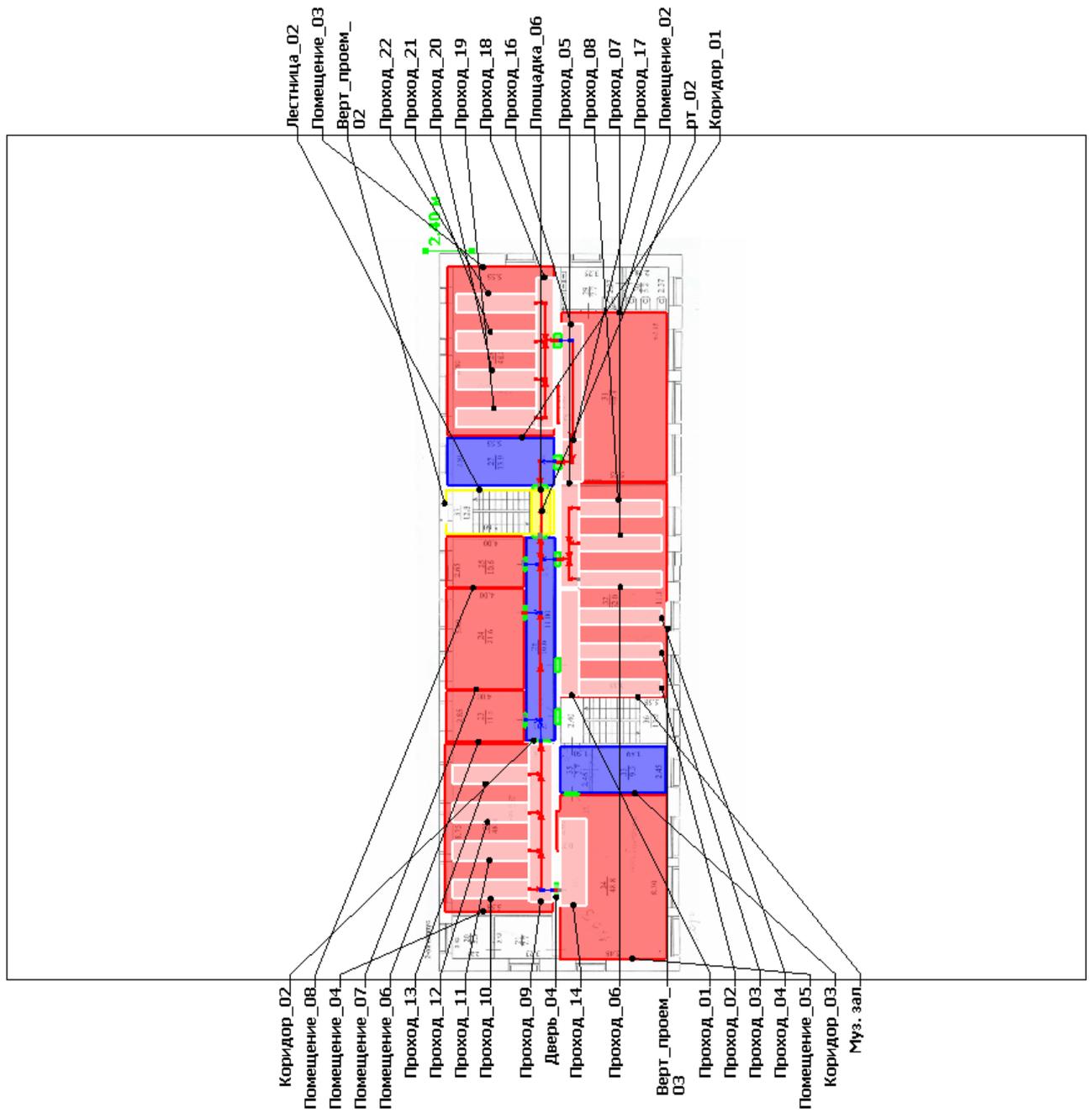


Рисунок 11 – Расчетная схема эвакуации. Этаж 02

На рисунке 12 обозначено время эвакуации людей из здания, с одним эвакуационным выходом.

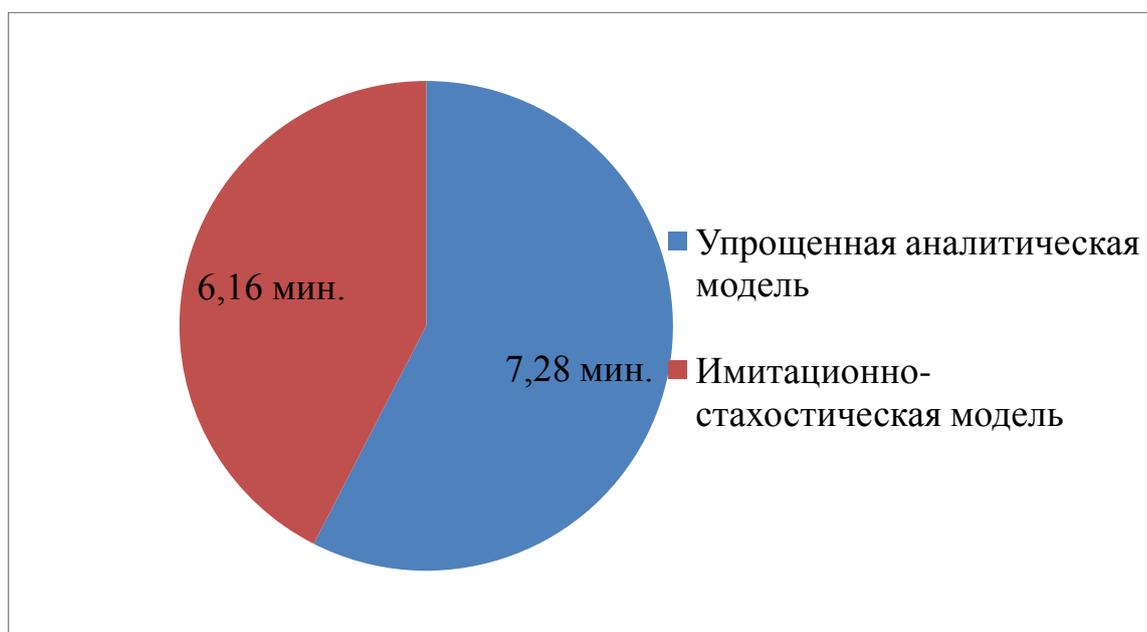


Рисунок 12 – Показатели времени эвакуации людей из здания, с одним эвакуационным выходом

### 3.4 Сравнение расчетов времени эвакуации

После всех проведенных нами расчетов нужно сопоставить все результаты которые у нас получились, а именно по упрощенной аналитической модели людского потока и имитационно-стахостической модели людского потока с 2-мя эвакуационными выходами, все эвакуационные выходы мы считали действующими. В соответствии с этим получили максимальное время выхода из здания персонала и детей.

Далее был выбран наиболее дальний и сложный путь эвакуации людей, по одной лестничной клетке со второго этажа, и одному эвакуационному выходу с первого этажа. Следовательно, люди эвакуируются в один самый дальний выход с двух этажей.

Время движения к выходу по сценариям 1, 1.1, 2, 2.1 представим в таблице 10.

Таблица 10 – Время движения к выходу по сценарию 1, 1.1, 2, 2.1

Расчетные точки	Сценарий 1 (свободны 2 эвакуационных выхода)	Сценарий 1.1 (свободны 2 эвакуационных выхода)	Сценарий 2 (свободен 1 эвакуационный выход)	Сценарий 2.1 (свободен 1 эвакуационный выход)
	Упрощенная аналитическая модель	Имитационно – стахостическая модель	Упрощенная аналитическая модель	Имитационно-стахостическая модель
Выход 01	3,78 мин.	2,64 мин.	-----	-----
Выход 02	4,45 мин.	3,58 мин.	7,28 мин.	6,16 мин.
Р 01	1,46 мин.	1,02 мин.	-----	-----
Р 02	1,55 мин.	1,06 мин.	5,94 мин.	3,93 мин.
тск	0,99 мин.	0,40 мин.	2,89 мин.	1,98 мин.

Время движения к выходу по сценариям 3, 3.1, 4, 4.1 представим в таблице 11.

Таблица 11 – Время движения к выходу по сценариям 3, 3.1, 4, 4.1

Расчетные точки	Сценарий 3 (свободны 2 эвакуационных выхода)	Сценарий 3.1 (свободны 2 эвакуационных выхода)	Сценарий 4 (свободен 1 эвакуационный выход)	Сценарий 4.1 (свободен 1 эвакуационный выход)
	Упрощенная аналитическая модель	Имитационно – стахостическая модель	Упрощенная аналитическая модель	Имитационно-стахостическая модель
Выход 01	3,78 мин.	2,64 мин.	-----	-----
Выход 02	4,45 мин.	3,58 мин.	7,28 мин.	6,16 мин.
Р 01	1,46 мин.	1,02 мин.	-----	-----
Р 02	1,55 мин.	1,06 мин.	5,94 мин.	3,93 мин.
тск	0,99 мин.	0,40 мин.	2,89 мин.	1,98 мин.

### 3.5 Время блокирования здания опасными факторами пожара

В таблице 12 указана типовая горючая нагрузка, которую применяем для здания детского сада, загорание происходит в помещении музыкального зала,

расположенного на втором этаже здания в блоке № 2, в центральной части.

Ниже на рисунке 13 изображен вид модели второго этажа здания.

Таблица 12 – Свойства поверхности горения

Параметр	Ед. изм.	Значение
Расположение		Муз. зал
Длина	м	4,16
Ширина	м	2,61
Площадь	м <sup>2</sup>	10,85
Типовая горючая нагрузка		Здания I-II ст. огнест.; мебель+бытовые изделия
Масса на единицу площади	кг/м <sup>2</sup>	20
Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0108
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	13,8
Параметр	Ед. изм.	Значение
Удельная скорость выгорания	кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,0145
Удельное потребление кислорода	кг/кг	1,03
Дымообразующая способность	Нп·м <sup>2</sup> /кг	270
Удельное выделение СО <sub>2</sub>	кг/кг	0,203
Удельное выделение СО	кг/кг	0,0022
Удельное выделение HCl	кг/кг	0,014



Рисунок 13 – Вид модели. Этаж\_02

В таблице 13 показано время блокирования путей эвакуации для сценария 1, 1.1 (все 2 выхода для эвакуации задействованы).

Таблица 13 – Время блокирования здания для сценария 1, 1.1

Расчетная точка	V	T	O2	CO	CO2	HCL	AT	V
рт_01	492	> 600	> 600	> 600	> 600	493	не рассчитывается	> 600
рт_02	492	> 600	> 600	> 600	> 600	493	не рассчитывается	> 600

Примечание: V - Время блокирования, T - По повышенной температуре, V - По потере видимости, O2 - По пониженному содержанию кислорода, CO2, CO, HCL, AT - По тепловому потоку.

### 3.6 Динамика развития опасных факторов пожара

«В соответствии со статьей 2 Федерального закона №123 «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» от 22 июля 2008 г. [2] опасными факторами пожара являются такие факторы, «воздействие которых может привести к травме, отравлению или гибели человека и (или) к

материальному ущербу». Ниже представлены графики (рисунок 14-19) опасных факторов пожара нескольких сценариев. Рассмотрим сценарий пожара 1.



Рисунок 14 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре



Рисунок 15 – Критическая продолжительность пожара по содержанию кислорода



Рисунок 16 – Критическая продолжительность пожара по содержанию CO



Рисунок 17 – Критическая продолжительность пожара по содержанию CO<sub>2</sub>



Рисунок 18 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку



Рисунок 19 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости

В таблице 14 указана типовая горючая нагрузка, которую применяем для здания детского сада, загорание происходит в помещении музыкального зала, расположенного на втором этаже здания в блоке № 2, в центральной части, используется один эвакуационный выход. Ниже на рисунке 20 изображен вид модели второго этажа здания.

Таблица 14 – Свойства поверхности горения

Параметр	Ед. изм.	Значение
Расположение		Муз. зал
Длина	м	4,16
Ширина	м	2,61
Площадь	м <sup>2</sup>	10,85
Типовая горючая нагрузка		Здания I-II ст. огнест.; мебель+бытовые изделия
Масса на единицу площади	кг/м <sup>2</sup>	20
Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0108
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	13,8
Удельная скорость выгорания	кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,0145
Удельное потребление кислорода	кг/кг	1,03
Дымообразующая способность	Нп·м <sup>2</sup> /кг	270
Удельное выделение CO <sub>2</sub>	кг/кг	0,203
Удельное выделение CO	кг/кг	0,0022
Удельное выделение HCl	кг/кг	0,014

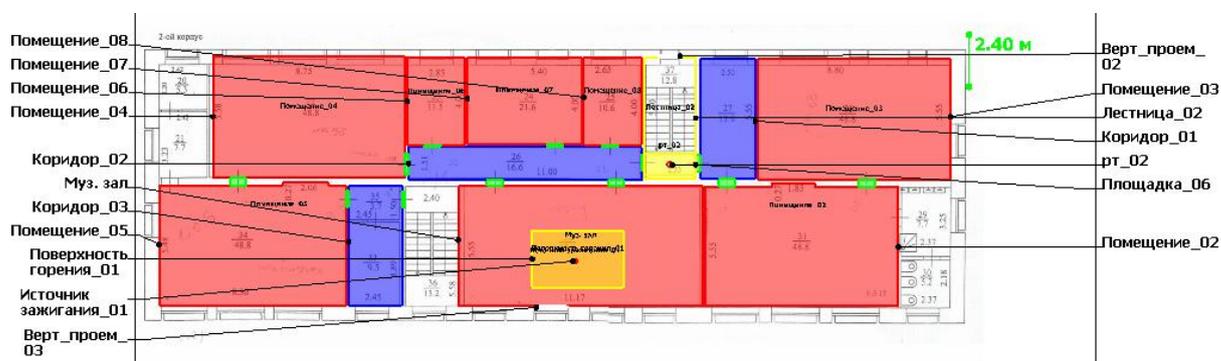


Рисунок 20 – Вид модели. Этаж\_02

В таблице 15 показано время блокирования путей эвакуации для сценария 2, 2.1 (для эвакуации свободен только 1 выход).

Таблица 15 – Время блокирования здания для сценария 2

Расчетная точка	V	T	O2	CO	CO2	HCl	AT	V
рт_02	427	> 600	> 600	> 600	> 600	427	не рассчитывается	> 600

Примечание: V - Время блокирования, T - По повышенной температуре, V - По потере видимости, O2 - По пониженному содержанию кислорода, CO2, CO, HCl, AT - По тепловому потоку.

Ниже представлены графики (рисунок 21-26) опасных факторов пожара нескольких сценариев. Рассмотрим сценарий пожара 2.

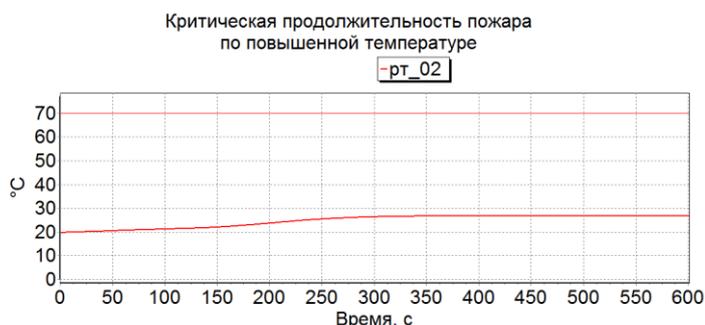


Рисунок 21 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре

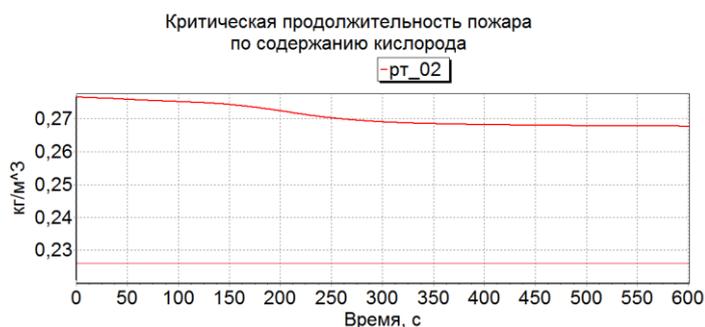


Рисунок 22 – Критическая продолжительность пожара по содержанию кислорода



Рисунок 23 – Критическая продолжительность пожара по содержанию CO



Рисунок 24 – Критическая продолжительность пожара по содержанию CO2



Рисунок 25 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку

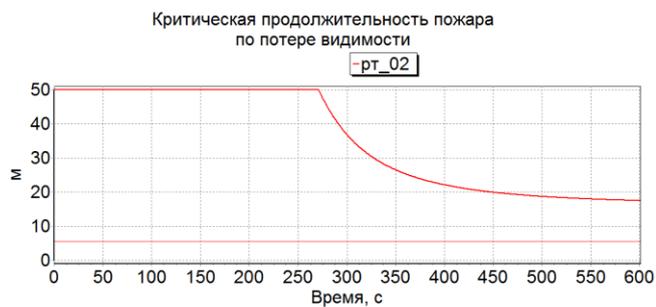


Рисунок 26 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости

В таблице 16 указана типовая горючая нагрузка, которую применяем для здания детского сада, загорание происходит в кабинете заведующей, кабинет расположен напротив одной лестничной клетки, на втором этаже здания в блоке № 2, в центральной части, используется два эвакуационных выхода.

Ниже на рисунке 27 изображен вид модели второго этажа здания.

Таблица 16 – Свойства поверхности горения

Параметр	Ед. изм.	Значение
Расположение		Кабинет заведующей
Тип объекта		Поверхность горения
Длина	м	1,85
Ширина	м	1,1
Площадь	м <sup>2</sup>	2,03
Типовая горючая нагрузка		Здания I-II ст. огнест.; мебель+бытовые изделия
Масса на единицу площади	кг/м <sup>2</sup>	20
Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,0108
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	13,8
Удельная скорость выгорания	кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,0145
Удельное потребление кислорода	кг/кг	1,03
Дымообразующая способность	Нп·м <sup>2</sup> /кг	270
Удельное выделение CO <sub>2</sub>	кг/кг	0,203
Удельное выделение CO	кг/кг	0,0022
Удельное выделение HCl	кг/кг	0,014



Рисунок 27 – Вид модели. Этаж\_02

В таблице 17 показано время блокирования путей эвакуации для сценария 3, 3.1 (для эвакуации свободно 2 выхода).

Таблица 17 – Время блокирования здания для сценария 3

Расчетная точка	В	Т	O2	CO	CO2	HCl	AT	V
рт_01	545	> 600	> 600	> 600	> 600	545	не рассчитывается	> 600
рт_02	275	> 600	> 600	> 600	> 600	275	не рассчитывается	> 600

Примечание: В - Время блокирования, Т - По повышенной температуре, V - По потере видимости, O2 - По пониженному содержанию кислорода, CO2, CO, HCl, AT - По тепловому потоку. Ниже представлены графики (рисунок 28-33) опасных факторов пожара нескольких сценариев. Рассмотрим сценарий пожара 3.



Рисунок 28 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре



Рисунок 29 – Критическая продолжительность пожара по содержанию кислорода



Рисунок 30 – Критическая продолжительность пожара по содержанию CO



Рисунок 31 – Критическая продолжительность пожара по содержанию CO2



Рисунок 32 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку



Рисунок 33 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости

В таблице 18 указана типовая горючая нагрузка, которую применяем для здания детского сада, загорание происходит в кабинете заведующей, кабинет расположен напротив одной лестничной клетки, блокируем ее с первой минуты пожара, используем один эвакуационный выход, который находится на втором этаже, в конце коридора. Ниже на рисунке 34 изображен вид модели второго этажа здания.

Таблица 18 – Свойства поверхности горения

Параметр	Ед. изм.	Значение
Расположение		Кабинет заведующей
Тип объекта		Поверхность горения
Длина	м	1,85
Ширина	м	1,1
Площадь	м <sup>2</sup>	2,03
Типовая горючая нагрузка		Здания I-II ст. огнест.; мебель+бытовые изделия
Масса на единицу площади	кг/м <sup>2</sup>	20
Линейная скорость распространения пламени	м/с	0,011
Низшая теплота сгорания	МДж/кг	13,8
Удельная скорость выгорания	кг/(м <sup>2</sup> ·с)	0,015
Удельное потребление кислорода	кг/кг	1,03
Дымообразующая способность	Нп·м <sup>2</sup> /кг	270
Удельное выделение CO <sub>2</sub>	кг/кг	0,203
Удельное выделение CO	кг/кг	0,002
Удельное выделение HCl	кг/кг	0,014



Рисунок 34 – Вид модели. Этаж\_02

В таблице 19 показано время блокирования путей эвакуации для сценария 4, 4.1 (для эвакуации свободно 2 выхода).

Таблица 19 – Время блокирования здания для сценария 4

Расчетная точка	В	Т	O2	CO	CO2	HCl	AT	V
рт_02	366	> 600	> 600	> 600	> 600	366	не рассчитывается	> 600

Примечание: В - Время блокирования, Т - По повышенной температуре, V - По потере видимости, O2 - По пониженному содержанию кислорода, CO2, CO, HCl, AT - По тепловому потоку. Ниже представлены графики (рисунок 35-40) опасных факторов пожара нескольких сценариев. Рассмотрим сценарий пожара 4.



Рисунок 35 – Критическая продолжительность пожара по повышенной температуре



Рисунок 36 – Критическая продолжительность пожара по содержанию кислорода



Рисунок 37 – Критическая продолжительность пожара по содержанию CO



Рисунок 38 – Критическая продолжительность пожара по содержанию CO2



Рисунок 39 – Критическая продолжительность пожара по тепловому потоку



Рисунок 40 – Критическая продолжительность пожара по потере видимости

### 3.7 Определение расчетной величины индивидуального пожарного риска и сопоставление ее с нормативным значением индивидуального пожарного риска

Для сценария 1 (упрощенно-аналитическая модель людского потока) будем использовать два эвакуационных выхода, определим расчетную величину индивидуального пожарного риска, а именно:

Величина индивидуального пожарного риска  $Q_{в,i}$ , для зданий класса Ф 1.1 определяется по «Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632) [1]:

$$Q_{в,i} = Q_{п,i} [1 - (P_{э,i} + (1 - P_{э,i}) P_{сп,i})] \quad (8)$$

где  $Q_{п,i}$  – частота возникновения пожара в здании в течение года ( $Q_{п,i} = 1,3 \cdot 10^{-3}$  определена ранее);

$P_{э,i}$  – вероятность эвакуации людей;

$P_{сп,i}$  – вероятность спасения людей;

Вероятность эвакуации людей рассчитываем по формуле:

$$P_{э,i} = \frac{N_{\Sigma,i} - N_{неэв,i}}{N_{\Sigma,i}} \cdot 0,999 \quad (9)$$

где:  $N_{\Sigma,i}$  – общее количество людей, эвакуирующихся в рассматриваемом сценарии. В нашем случае  $N_{\Sigma,i} = 172$  человека.

$N_{неэв,i}$  – количество не эвакуировавшихся людей, для которых  $t_p + t_{нэ} > 0,8 \cdot t_{бл}$ , и людей, попавших в скопление продолжительностью более 6 мин ( $t_{ск} > 6$  мин);

В нашем случае  $N_{неэв,i} = 0$ , т.к. по самым наихудшим показателям в расчетных точках выполняется условие:

$$t_p + t_{нэ} < 0,8 \cdot t_{бл}; \quad (10)$$

В соответствии с «Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632) [1], при наличии СОУЭ 3-го типа,  $t_{нэ} = 4$  мин.

При проведении расчета по упрощенно-аналитической модели людского потока получаем:

PT\_01: 1,46 мин. = 87,6сек. + 4 мин. = 240сек.  $\leq 0,8 * 492$  сек., т.е. получаем  $327,6 \leq 393,6$  условие выполняется;

PT\_02: 1,55 мин. = 93 сек. + 4 мин. = 240сек.  $\leq 0,8 * 492$  сек., т.е. получаем  $333,0 \leq 393,6$  условие выполняется;

В итоге 2 эвакуационных выхода достаточно для безопасной эвакуации детей и сотрудников из детского сада.

Максимальное время движения для сценария 1 при плотности потока  $D$  больше  $D_{max}$  наблюдается при движении к выходу Выход\_02 и составляет 0,99 мин., что менее 6 минут, следовательно – условие выполняется.

Таким образом, вероятность эвакуации людей:

$$P_{э,i} = \frac{172-0}{172} \cdot 0,999 = 0,999 \quad (11)$$

Вероятность спасения людей рассчитываем по формуле:

$$P_{сп,i} = 1 - (1 - K_{п.з,i}) (1 - K_{фпс,i}) (1 - K_{ф,i}) (1 - K_{эв,i}) \quad (12)$$

где:  $K_{п.з,i}$  – коэффициент, учитывающий соответствие системы противопожарной защиты;

$K_{фпс,i}$  – коэффициент, учитывающий дислокацию подразделений пожарной охраны на территории поселений и городских округов. В нашем случае принимаем  $K_{фпс,i} = 0,95$ .

$K_{ф,i}$  – коэффициент, учитывающий класс функциональной пожарной опасности здания. В нашем случае принимаем  $K_{ф,i} = 0,75$ .

$K_{эв,i}$  – коэффициент, учитывающий соответствие путей эвакуации требованиям нормативных документов по пожарной безопасности. В нашем случае, поскольку геометрические размеры эвакуационных путей и выходов имеют отклонения от нормативных показателей,  $K_{эв,i} = 0$ .

$$K_{п.зi} = 1 - (1 - K_{обнi} \times K_{СОУЭi}) \times (1 - K_{обнi} \times K_{ИДЗi}) = 1 - (1 - 0,8 \times 0,8) \times (1 - 0,8 \times 0,8) = 0,8704 \quad (13)$$

В итоге получаем:

$$P_{сп,i} = 1 - (1 - 0,874) \times (1 - 0,95) \times (1 - 0,75) (1 - 0) = 0,99838$$

Таким образом:

$$Q_v = 1,3 \times 10^{-3} \times [1 - (0,999 + (1 - 0,999) \times 0,99838)] = \\ 1,3 \times 10^{-3} \times 0,00000162 = 0,2106 \times 10^{-8}$$

Нормативное значение индивидуального пожарного риска составляет  $10^{-6}$ , таким образом, поскольку расчетное значение меньше нормативного делаем вывод, что безопасная эвакуация людей из детского сада обеспечена.

Для сценария 1.1 (имитационно-стахостическая модель людского потока) будем использовать два эвакуационных выхода, определим расчетную величину индивидуального пожарного риска, а именно:

Величину индивидуального пожарного риска  $Q_v$ , для зданий класса Ф 1.1 определим с учетом формул (8)-(9). Общее количество людей, эвакуирующихся в рассматриваемом сценарии, принимаем  $N_{\Sigma,i} = 172$  человека.

Определим количество не эвакуировавшихся людей, для которых  $t_p + t_{нэ} > 0,8 \cdot t_{бл}$ , и людей, попавших в скопление продолжительностью более 6 мин ( $t_{ск} > 6$  мин). В нашем случае  $N_{неэв,i} = 0$ , т.к. по самым наихудшим показателям в расчетных точках выполняется условие (10):

В соответствии с Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632) [1], при наличии СОУЭ 3-го типа,  $t_{нэ} = 4$  мин.

При проведении расчета по имитационно-стахостической модели людского потока получаем:

PT\_01: 1,02 мин. = 61,2 сек. + 4 мин. = 240сек.  $\leq 0,8 * 492$  сек., т.е. получаем  $301,2 \leq 393,6$  условие выполняется;

PT\_02: 1,06 мин. = 63,6 сек. + 4 мин. = 240сек.  $\leq 0,8 * 492$  сек., т.е. получаем  $303,6 \leq 393,6$  условие выполняется;

В итоге 2 эвакуационных выхода достаточно для безопасной эвакуации детей и сотрудников из детского сада.

Максимальное время движения для сценария 1 при плотности потока D больше  $D_{max}$  наблюдается при движении к выходу Выход\_02 и составляет 0,40 мин., что менее 6 минут, следовательно – условие выполняется [9].

Таким образом, вероятность эвакуации людей:

$$P_{э,i} = \frac{172-0}{172} \cdot 0,999 = 0,999 \quad (14)$$

Вероятность спасения людей  $P_{сп,i}$  рассчитываем по формуле (12) с учетом соотношения

$$K_{п,zi} = 1 - (1 - K_{обнi} \times K_{соуэi}) \times (1 - K_{обнi} \times K_{пдзi}) = 1 - (1 - 0,8 \times 0,8) \times (1 - 0,8 \times 0,8) = 0,8704 \quad (15)$$

В итоге получаем:

$$P_{сп,i} = 1 - (1 - 0,874) \times (1 - 0,95) \times (1 - 0,75) (1 - 0) = 0,99838$$

Таким образом:

$$Q_v = 1,3 \times 10^{-3} \times [1 - (0,999 + (1 - 0,999) \times 0,99838)] = 1,3 \times 10^{-3} \times 0,00000162 = 0,2106 \times 10^{-8}$$

Нормативное значение индивидуального пожарного риска составляет  $10^{-6}$ , таким образом, поскольку расчетное значение меньше нормативного делаем вывод, что безопасная эвакуация людей из детского сада обеспечена.

Для сценария 2 (упрощенно-аналитическая модель) возьмем ситуацию с одним незаблокированным эвакуационным выходом, второй эвакуационный выход считаем заблокированным с первых секунд пожара, определяем расчетную величину индивидуального пожарного риска, а именно:

Величину индивидуального пожарного риска  $Q_v$ , для зданий класса Ф 1.1 определим с учетом формул (8)-(9). Общее количество людей, эвакуирующихся в рассматриваемом сценарии, принимаем  $N_{\Sigma,i} = 172$  человека.

Определим количество не эвакуировавшихся людей, для которых  $t_p + t_{нэ} > 0,8 \cdot t_{бл}$ , и людей, попавших в скопление продолжительностью более 6 мин ( $t_{ск} > 6$  мин). В нашем случае  $N_{неэв,i} = 0$ , т.к. по самым наихудшим показателям в расчетных точках выполняется условие (10).

В соответствии с «Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632) [1], при наличии СОУЭ 3-го типа,  $t_{нэ} = 4$  мин.

При проведении расчета по упрощенно-аналитической модели людского потока получаем:

$PT_{02}: 5,94 \text{ мин.} = 356,4 \text{ сек.} + 4 \text{ мин.} = 240 \text{ сек.} \leq 0,8 * 427 \text{ сек.}$ , т.е. получаем  $596,4 \geq 341,6$  условие не выполняется;

В итоге 1 эвакуационного выхода недостаточно для эвакуации детей и сотрудников из детского сада.

Для сценария 2.1 (имитационно-стахостическая модель людского потока) возьмем ситуацию с одним незаблокированным эвакуационным выходом, второй эвакуационный выход считаем заблокированным с первых секунд пожара, определяем расчетную величину индивидуального пожарного риска, а именно:

Величину индивидуального пожарного риска  $Q_v$ , для зданий класса Ф 1.1 определим с учетом формул (8)-(9). Общее количество людей, эвакуирующихся в рассматриваемом сценарии, принимаем  $N_{\Sigma,i} = 172$  человека.

Определим количество не эвакуировавшихся людей, для которых  $t_p + t_{нэ} > 0,8 \cdot t_{бл}$ , и людей, попавших в скопление продолжительностью более 6 мин ( $t_{ск} > 6$  мин). В нашем случае  $N_{неэв,i} = 0$ , т.к. по самым наихудшим показателям в расчетных точках выполняется условие (10):

В соответствии с «Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632) [1], при наличии СОУЭ 3-го типа,  $t_{нэ} = 4$  мин.

При проведении расчета по имитационно-стахостической модели людского потока получаем:

$PT_{02}: 3,93 \text{ мин.} = 235,8 \text{ сек.} + 4 \text{ мин.} = 240 \text{ сек.} \leq 0,8 * 427 \text{ сек.}$ , т.е. получаем  $475,8 \geq 341,6$  условие не выполняется;

В итоге 1 эвакуационного выхода недостаточно для эвакуации детей и сотрудников из детского сада.

Для сценария 3 (упрощенно-аналитическая модель людского потока) будем использовать два эвакуационных выхода, загорание происходит в кабинете заведующей напротив лестничной клетки, на втором этаже, определим расчетную величину индивидуального пожарного риска, формулы для расчетных точек, применяем как в предыдущем расчете, а именно:

При проведении расчета по упрощенно-аналитической модели людского потока получаем:

$PT_{01}: 1,46 \text{ мин.} = 87,6 \text{ сек.} + 4 \text{ мин.} = 240 \text{ сек.} \leq 0,8 * 545 \text{ сек.}$ , т.е. получаем  $327,6 \leq 436,0$  условие выполняется;

$PT_{02}: 1,55 \text{ мин.} = 93 \text{ сек.} + 4 \text{ мин.} = 240 \text{ сек.} \leq 0,8 * 275 \text{ сек.}$ , т.е. получаем  $333,0 \geq 220,0$  условие не выполняется;

В итоге получаем, что если загорание происходит в кабинете напротив лестничной клетки, один эвакуационный выход блокируется сразу, и люди не успевают покинуть этаж по 2 эвакуационным выходам.

Для сценария 3.1 (имитационно-стахостическая модель людского потока) будем использовать два эвакуационных выхода, загорание происходит в кабинете заведующей напротив лестничной клетки, на втором этаже,

определим расчетную величину индивидуального пожарного риска, формулы для расчетных точек, применяем как в предыдущем расчете, а именно:

При проведении расчета по имитационно-стахостической модели людского потока получаем:

PT\_01: 1,02 мин. = 61,2 сек. + 4 мин. = 240сек.  $\leq 0,8 * 545$  сек., т.е. получаем  $301,2 \leq 436,0$  условие выполняется;

PT\_02: 1,06 мин. = 63,6 сек. + 4 мин. = 240сек.  $\leq 0,8 * 275$  сек., т.е. получаем  $303,6 \geq 220,0$  условие не выполняется;

В итоге получаем, что если загорание происходит в кабинете напротив лестничной клетки, один эвакуационный выход блокируется сразу, и люди не успевают покинуть этаж по 2 эвакуационным выходам.

Для сценария 4 (упрощенно-аналитическая модель) возьмем ситуацию с одним незаблокированным эвакуационным выходом, второй эвакуационный выход считаем заблокированным с первых секунд пожара, загорание происходит в кабинете заведующей напротив одной из лестничных клеток, люди бегут в самый дальний эвакуационных выход, определяем расчетную величину индивидуального пожарного риска, формулы для расчетных точек, применяем как в предыдущем расчете, а именно:

При проведении расчета по упрощенно-аналитической модели людского потока получаем:

PT\_02: 5,94 мин. = 356,4 сек. + 4 мин. = 240сек.  $\leq 0,8 * 366$  сек., т.е. получаем  $596,4 \geq 292,8$  условие не выполняется;

В итоге 1 эвакуационного выхода недостаточно для эвакуации детей и сотрудников из детского сада.

Для сценария 4.1 (имитационно-стахостическая модель людского потока) возьмем ситуацию с одним незаблокированным эвакуационным выходом, второй эвакуационный выход считаем заблокированным с первых секунд пожара, т.к. загорание происходит напротив лестничной клетки в кабинете заведующей на втором этаже, определяем расчетную величину индивидуального пожарного риска, рассчитываем по формулам, которые учитывали выше:

При проведении расчета по имитационно-стахостической модели людского потока получаем:

PT\_02: 3,93 мин. = 235,8 сек. + 4 мин. = 240сек.  $\leq 0,8 \cdot 366$  сек., т.е. получаем  $475,8 \geq 292,8$  условие не выполняется;

В итоге 1 эвакуационного выхода недостаточно для эвакуации детей и сотрудников из детского сада, даже при применении разных моделей людского потока.

Расчет риска превысил нормативное значение в сценариях 2, 2.1 – где эвакуация изначально осуществляется в одну лестничную клетку; в сценариях 3, 3.1, 4, 4.1 – где один из выходов, блокируется с первых секунд пожара, т.к. загорание происходит рядом с лестничной клеткой. Выводы расчетов эвакуации представим в таблице 20.

Таблица 20 – Выводы расчетов эвакуации

Загорание	Модель	Кол-во выходов	Показатели	Условие
в актовом зале (1)	упрощенная аналитическая	2 эваку. выхода	$327,6 \leq 393,6$ $333,0 \leq 393,6$	выполняется
в актовом зале (1.1)	имитационно-стахостическая	2 эваку. выхода	$301,2 \leq 393,6$ $303,6 \leq 393,6$	выполняется
в актовом зале (2)	упрощенная аналитическая	1 эваку. выход	$596,4 \geq 341,6$	не выполняется
в актовом зале (2.1)	имитационно-стахостическая	1 эваку. выход	$475,8 \geq 341,6$	не выполняется

Продолжение таблицы 20

в кабинете заведующей напротив одной лестничной клетки (3.1)	имитационно-стахостическая	2 эвак. выхода	$301,2 \leq 436,0$ $303,6 \geq 220,0$	выполняется частично, один выход, который расположен около кабинета блокируется с первых секунд, люди не эвакуируются в одну из лестничных клеток
в кабинете заведующей напротив одной лестничной клетки (4)	упрощенная аналитическая	1 эвак. выход	$596,4 \geq 292,8$	не выполняется эвакуация происходит в один удаленный выход
в кабинете заведующей напротив одной лестничной клетки (4.1)	имитационно-стахостическая	1 эвак. выход	$475,8 \geq 292,8$	не выполняется эвакуация происходит в один удаленный выход

Просчитав время эвакуации по двум моделям движения людского потока, по разным сценариям и сопоставив все исходные данные, делаем вывод, что при загорании музыкального зала при наличии двух эвакуационных выходов из здания люди безопасно эвакуируются. При блокировании 1-го эвакуационного выхода, безопасная эвакуация людей по второму эвакуационному выходу не обеспечивается, люди не покидают здание со второго этажа до наступления времени блокирования опасными факторами пожара, что приводит к гибели людей.

При загорании кабинета, расположенного на втором этаже напротив одной из лестничных клеток, сотрудники и дети также не эвакуируются по двум лестничным клеткам, т.к. одна из них считается заблокированной с первых минут пожара, и не дает возможности выхода через нее. Следовательно,

люди эвакуируются в одну самую дальнюю лестничную клетку, при этом не успевают покинуть здание до наступления времени блокирования опасными факторами пожара, что также приводит к гибели людей.

Делаем вывод, что при загорании любого помещения около одной лестничной клетки, люди не смогут эвакуироваться в одну оставшуюся лестничную клетку, следовательно, при оценке пожарного риска всегда стоит рассматривать такой сценарий пожара, при котором блокируется один из эвакуационных выходов.

Кроме того, при проектировании зданий следует предусматривать еще минимум три эвакуационных выхода со второго этажа и выше, а именно на случай блокирования одного из них, чтобы люди могли по оставшимся 2-м эвакуационным выходам покинуть здания до наступления времени блокирования опасными факторами пожара

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В результате проведенной научно – исследовательской работы на тему: «Управление пожарными рисками на примере объектов г. Тольятти», было проведен расчет пожарного риска МБУ детского сада № 48 "Дружная семейка", по двум моделям эвакуации людского потока. Также было рассчитано, за сколько минут здание заполнится опасными факторами пожара, и через какие эвакуационные выходы люди смогут покинуть здание до наступления времени блокирования опасными факторами пожара. В результате проведенных расчетов показано, что при смене сценариев возникновения пожара, одна из двух лестничных клеток блокируется, и то количество людей которые находятся на этаже, где произошло возгорание, не успевают покинуть детский сад.

Изучены особенности применения методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]) на примере одного из общественных объектов г. Тольятти для выявления путей управления пожарными рисками зданий различного назначения.

Выполнены задачи научно – исследовательской работы, а именно:

1. Выбран объект исследования.
2. Исследованы расчетным путем различные модели эвакуации людей при пожаре, рекомендуемые методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [9] (утверждена приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009г., с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]) для выбранного объекта.

3. Исследованы расчетным путем влияние выбора различных сценариев возникновения и развития пожаров на итоговую величину пожарного риска для выбранного объекта.
4. Разработаны рекомендации по управлению пожарными рисками при реконструкции и проектировании зданий.

Приказом МЧС РФ от 30.06.2009 № 382 [9] «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», с учетом изменений от 12.12.2011г. приказ МЧС России N 749, от 02.12.2015г. приказ МЧС России № 632 [1]) введено в действие право доказывать расчетным путем осуществляется или нет эвакуация людей из здания.

В ходе работы были вынесены на рассмотрение несколько вопросов о том что, нужно вносить корректировки в методику, с учетом того что при наличии двух и более эвакуационных выходов, один из них не учитывать в расчете и блокировать с первых секунд пожара.

В сфере, касающейся пожарной безопасности происходят частые изменения нормативно-правовой базы, требований к объектам защиты, что в свою очередь часто снижает показатель готовности объектов к обеспечению пожарной безопасности. При этом собственникам объектов для повышения уровня пожарной безопасности требуются постоянно достаточно большие финансовые затраты, которых к сожалению бывает недостаточно, особенно это касается муниципальных объектов.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ИСТОЧНИКОВ

1 Приказ МЧС от 12.12.2011г. №749, от 02.12.2015г. № 632 "О внесении изменений, в методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности, утвержденную приказом МЧС России от 30.06.2009 № 382" [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/902320377>

2 Федеральный закон от 28.07.2008 № 123 (ред. от 03.07.2016, с изм. от 15.07.2016) «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» [Электронный ресурс].- Режим доступа: [http://www.consultant.ru/document/cons\\_doc\\_law\\_78647/](http://www.consultant.ru/document/cons_doc_law_78647/)

3 Постановления Правительства РФ от 07.04.09 г. N 304 (ред. от 15.08.2014, с изм. от 29.08.2014) «Об утверждении Правил оценки соответствия объектов защиты (продукции) установленным требованиям пожарной безопасности путем независимой оценки пожарного риска» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru>

4 Приказ МЧС России от 28.06.2012. № 375 (ред. 21.04.2014) «Об утверждении Административного регламента Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий исполнения государственной функции по надзору за выполнением требований пожарной безопасности» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.garant.ru/70201578/>

5 Постановления Правительства РФ от 25.04.2012 №390 (ред. 21.03.2017, с изм. от 31.03.2017) «О противопожарном режиме» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru>

6 Федеральный закон от 21.12.1994 № 69 (ред. от 23.06.2016, с изм. от 04.07.2016) «О пожарной безопасности» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.garant.ru/10103955/>

7 ГОСТ 12.1.004-91. Издания. Система стандартов безопасности труда (ССБТ). Пожарная безопасность. Общие требования [Текст]. – Введ. 1992–07–01. – М. : Изд-во стандартов, 1991.

8 Постановлением Правительства РФ от 31.03.2009 N 272 « О порядке проведения расчетов по оценки пожарного риска» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru>

9 Приказ МЧС РФ от 30.06.2009 № 382 (ред. от 12.12.2011г. с изм. 26.05.2012г., ред. от 02.12.2015, с изм. от 15.01.2016) «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru>

10 Яковлев, К.Н. Приоритетные направления развития системы независимой оценки пожарных рисков [Текст] // Академия ГПС МЧС России. – 2013. - №6. – С. 1-4. – Библиогр.: с. 4.;

11 Якуш, С. Е. Анализ пожарных рисков. Часть 2. Проблемы применения [Текст] / Р. К. Эсманский // ООО «Бюро пожарных исследований», Институт проблем механики им. А. Ю. Ишлинского РАН (ИПМех РАН), - Москва, 2009. – №4. - С. 26–46. – Библиогр.: с.44–46.;

12 Минаев, В.А. Снижение пожарных рисков с использованием теории активных систем [Текст] / Н.Г. Топольский, Чу Куок Минь// Академия ГПС МЧС России. – 2014. - №4. – С. 1-12. – Библиогр.: с. 12.;

13 Карпенко, Д.Г. Предложения по стимулированию применения системы независимой оценки пожарного риска в России [Текст] / К.Н. Яковлев, Б.В. Соколов, И.Н. Шаров // Академия ГПС МЧС России. – 2014. - №4. – С. 1-4. – Библиогр.: с. 4.;

14 Зимонин, А.А. Допустимый (приемлемый) индивидуальный пожарный риск – зарубежный и отечественный опыт [Текст] / А.В. Фирсов, В.М. Бутенко // Управление надзорной деятельности МЧС России по Краснодарскому краю, Академия ГПС МЧС России. –2014. – С. 1–8. – Библиогр.: с. 8.;

15 Фирсов, А.В. Об определении расчетных величин индивидуального пожарного риска [Текст]/ А.В. Фирсов//Оценка пожарного риска. – С. 27–34. – Библиогр.: с. 34.;

16 Седов, Д.В. Об эффективных решениях при расчете величин индивидуального пожарного риска в общественных зданиях [Текст]/ Д.В. Седов// Вестник восточно-сибирского института министерства внутренних дел РФ. – Иркутск, 2011. –С. 79-87. – Библиогр.: с. 86–87.;

17 Парфененко, А.П. Методология моделирования людских потоков и практика программирования их движения при эвакуации [Текст]/ А.П. Парфененко// Московский государственный строительный университет. – 2014. - №12. – С. 46-55. – Библиогр.: с. 55.;

18 Панков, С.М. Независимая оценка пожарного риска как одна из новых форм оценки соответствия объектов защиты требованиям пожарной безопасности [Текст]/ С.М. Панков//Сибирский региональный центр МЧС России. – С. 96-102;

19 Еремина, Т.Ю. Эффективные решения в обеспечении пожарной безопасности зданий и сооружений в Российской Федерации [Текст]/ Т.Ю. Еремина// – 2008.

20 Richard W. A Review of International Fire Risk Prediction Methods [Text] / Bukowski, P.E.// Laboratory building and research national list of standards and technology Gaithersburg/ Maryland (USA), 2012 – pp. 232–240.– Bibliography.: p. –239–240.

21 By David A. The Application of Fire Risk Assessments in Building Design and Management [Text]/ Charters, Ph. D. // Fire Protection Engineering ser. 59, Overland Park (USA), 2013– pp. 9–15. – Bibliography.: p. –14–15.

22 Junfang Zhang\*, Yebao Huang. The research of prison fire risk assessment [Text]/ Zhejiang Police Vocational Academy, China, 2014– pp. 550–553. – Bibliography.: p. –553.

23 Jun-tao Yang\*, Ye Chen. Research and application of fire risk assessment system for marketplace building [Text]/ Procedia Engineering, 2014– pp. 476–480. – Bibliography.: p. 480.

24 Sowa Tomasz. Research and application of fire risk assessment system for marketplace building [Text]/ Sowa Tomasz //Bezpieczenstwo i Technika Pozarnicza, Overland Park (USA), 2009– pp. 7–15. – Bibliography.: p.14.

25 СНиП II-2-80 Строительные нормы и правила Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений [Текст]. – Госстрой СССР.-М.: Стройиздат., 1981-22с.

26 СНиП II-A.5-70\* Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений [Текст]. – Госстрой СССР.-М.: Стройиздат., 1971-19с.

27 Федеральный закон от 19.12.2008 № 294 (ред. от 22.02.2017, с изм. от 31.03.2017) «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного контроля (надзора) и муниципального контроля» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.garant.ru/12164247/>

28 Федеральный закон от 24.07.2007 № 209-ФЗ (ред. от 03.07.2016, с изм. от 01.08.2016) «О развитии малого и среднего предпринимательства в РФ» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=191395>

29 Федеральный закон от 04.05.2011 № 99 (ред. от 30.12.2015, с изм. от 01.01.2017) «О лицензировании отдельных видов деятельности» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.garant.ru/12185475/>

30 ГОСТ 12.1.033-81 от 27.08.1981 «Система стандартов безопасности труда. Пожарная безопасность. Термины и определения» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-033-81-ssbt/>

31 Приказ Министерства экономического развития Российской Федерации от 30.04.2009 N 141 (ред. от 30.09.2016, с изм. от 01.01.2017) «О реализации положений Федерального закона «О защите прав юридических лиц и индивидуальных предпринимателей при осуществлении государственного

контроля (надзора) и муниципального контроля» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc>

32 Федеральный закон от 30.12.2001 N 195 (ред. от 17.04.2017, с изм. от 28.04.2017) «Кодекс Российской Федерации об административных правонарушениях» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=197587/>

33 Постановление Правительства Российской Федерации от 12.04.2012 N 290 (ред. от 29.12.2016, с изм. от 11.01.2017) «О федеральном государственном пожарном надзоре» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=188033/>

34 Постановление Правительства Российской Федерации от 23.11.2009 N 944 (ред. от 20.01.2011, с изм. от 05.02.2011) «Об утверждении перечня видов деятельности в сфере здравоохранения, сфере образования и социальной сфере, осуществляемых юридическими лицами и индивидуальными предпринимателями, в отношении которых плановые проверки проводятся с установленной периодичностью» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=109666/>

35 Приказ МЧС России от 05.04.2012 N 176 (ред. от 27.12.2013, с изм. от 06.04.2014) «Об утверждении перечня должностных лиц органов федерального государственного пожарного надзора федеральной противопожарной службы Государственной противопожарной службы, уполномоченных составлять протоколы об административных правонарушениях» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=160708/>

36 Приказ МЧС России от 21.11.2008 N 714 (ред. от 17.01.2012, с изм. от 30.03.2012) «Об утверждении Порядка учета пожаров и их последствий» [Электронный ресурс].- Режим доступа: <http://base.garant.ru/194531/>

37 Холщевников, В.В. Эвакуация и поведение людей при пожарах [Текст]: учеб. пособие / Д.А. Самошин, А.П. Парфененко, И.С. Кудрин, Р.Н. Истратов, И.Р. Белосхов; Академия ГПС МЧС России – Москва: 2009. – 212 с.;

38 Кошмаров, Ю.А. Прогнозирование опасных факторов пожара в помещении [Текст]: учеб. пособие; Академия ГПС МВД России – Москва: 2000. – 118 с.;

39 Карпенко, Д.Г. Проблема доверия к специалистам по независимой оценке пожарных рисков [Текст] / Д.Г. Карпенко, Б.В. Соколов, К.Н. Яковлев, И.Н. Шаров // Академия ГПС МЧС России. – 2014. - №5. – С. 1-6. – Библиогр.: с. 6.;

40 Болодьян, И.А. Огнестойкость и пожарная опасность совмещенных покрытий с основой из стального профилированного листа и утеплителями из пенополистирола [Текст]: рекомендации / Н.В. Смирнов, В.С. Харитонов, А.С. Етумян – М: ФГУ ВНИИПО, 2008. – 16 с.

41 Собурь, С.В. Пожарная безопасность предприятия [Текст]: учеб. пособие / С.В. Собурь; Курс пожарно-технического минимума, изд. 15-е, перераб. и доп. – М.: ПожКнига, 2014г. – 480, Библиогр.: с. 1–147. – ISBN 978-5-98629-059-1;

42 Требование пожарной безопасности строительных норм и правил [Текст]: сборник нормативных документов/ выпуск 13, - М.: ФГУ ВНИИПО МЧС России, – 2004.

43 Бруннер Т.А. Анализ пожарных рисков на примере общественных зданий [Текст] / И.И. Рашоян // Студенческие Дни науки в ТГУ: научно-практическая конференция (Тольятти, 1-25 апреля 2016 года) Институт машиностроения – электронный сборник студенческих работ/ отв. за вып. С.Х. Петерайтис. – Тольятти: Изд-во ТГУ, – 2016. – С. 80–82. – Библиогр.: с. 8.;