

На правах рукописи



Парфененко Александр Павлович

**НОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ
К ЭВАКУАЦИОННЫМ ПУТЯМ И ВЫХОДАМ В ЗДАНИЯХ
ДЕТСКИХ ДОШКОЛЬНЫХ ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ УЧРЕЖДЕНИЙ**

Специальность: 05.26.03 – Пожарная и промышленная безопасность
(технические науки, отрасль строительство)

А В Т О Р Е Ф Е Р А Т

диссертации на соискание ученой степени
кандидата технических наук

Москва – 2012

Работа выполнена в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России на кафедре пожарной безопасности в строительстве

Научный руководитель: доктор технических наук, профессор
Холщевников Валерий Васильевич

Официальные оппоненты: Алексеев Юрий Владимирович
доктор архитектуры, профессор,
Московский Государственный
строительный университет, заведующий
кафедрой «Градостроительство»

Косачев Андрей Аркадьевич
кандидат технических наук,
Всероссийский ордена «Знак почета»
научно-исследовательский институт
противопожарной обороны, заместитель
начальника научно-исследовательского
центра профилактики пожаров
и предупреждения ЧС с пожарами

Ведущая организация ОАО «Центральный научно - исследова-
тельский и проектный институт жилых и
общественных зданий»

Защита состоится «15» мая 2012 г. в 14 часов 00 минут на заседании диссертационного совета Д 205.002.02 в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России по адресу: 129366, Москва, ул. Б. Галушкина, 4.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Академии ГПС МЧС России.

Автореферат разослан «10» апреля 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета  Швырков Сергей Александрович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность темы исследования. Федеральный закон от 30.12.2009 г. № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» устанавливает минимально необходимые требования к зданиям по восьми видам безопасности, среди которых на втором месте (после механической безопасности) стоит пожарная безопасность. Федеральный закон от 22.07.2008 г. № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности» конкретизирует эти требования. Он классифицирует здания по функциональной пожарной опасности в зависимости от возраста и физического состояния людей, находящихся в здании и устанавливает критерий обеспечения пожарной безопасности: индивидуальный пожарный риск в зданиях не должен превышать значение одной миллионной в год. Выполнение этого критерия невозможно без проведения своевременной беспрепятственной эвакуации людей.

Поэтому для оценки обеспечения условий безопасной эвакуации из зданий каждого класса функциональной пожарной опасности должны быть установлены закономерности связи между параметрами людских потоков (плотностью D_i , скоростью V_i и интенсивностью движения q_i) различного состава. Однако, анализ эмпирической базы данных, на основании которой устанавливалась закономерность связи между параметрами людских потоков, используемая в нормативных документах, не обнаруживает в ней результатов натурных наблюдений движения групп детей дошкольного возраста и данных для установления величины времени начала эвакуации из зданий дошкольных образовательных учреждений (ДОУ). Такие данные отсутствуют не только в нашей стране, но и за рубежом. В связи с этим невозможно обоснованно нормировать размеры эвакуационных путей и выходов, обеспечивающих безопасность эвакуации детей в случае пожара, а также определять величину индивидуального пожарного риска в зданиях ДОУ.

Таким образом, **целью работы** является развитие основных методологических положений по проектированию эвакуационных путей и выходов в зданиях ДОУ на основании установления закономерностей движения людских потоков, состоящих из групп детей дошкольного возраста.

Для достижения поставленной цели в работе необходимо решить следующие **задачи**:

- провести натурные наблюдения в зданиях ДОУ за этапами формирования времени начала эвакуации и движения потоков детей при существующих объёмно-планировочных решениях и способах организации эвакуации, необходимые для создания статистической базы исходных эмпирических данных;

- произвести анализ методов установления закономерностей связи между параметрами движения людских потоков и возможности их адаптации применительно к зданиям ДОУ;

- выявить закономерности движения детей разных возрастных групп для установления нормативных значений размеров эвакуационных путей и выходов в целях повышения их безопасной эвакуации из зданий ДОУ;

- разработать комплекс организационно-технических мероприятий, направленный на повышение безопасности детей при возникновении пожара.

Объектом исследования является процесс эвакуации детей из зданий ДОУ.

В качестве **предмета исследования** рассматривались особенности поведения детей в начальной стадии эвакуации и закономерности их движения, определяющие нормируемые геометрические размеры эвакуационных путей и выходов и вероятность эвакуации ($P_э$) при оценки пожарных рисков.

Научная новизна работы заключается в следующем:

1. Впервые сформирована статистическая совокупность значений скорости движения детей дошкольного возраста в установленных интервалах плотности для всех видов коммуникационных путей при различном уровне эмоционального состояния;

2. Впервые определены значения величин a_j и D_{0j} случайной функции, описывающей зависимость скорости от плотности потоков групп детей различного возраста при их движении по горизонтальным путям, по лестнице вниз и вверх, через дверной проём, с показателями тесноты корреляционной связи $\eta_m > 0,95$;

3. Впервые определены значения случайной величины скорости свободного движения детей ($\bar{V}_{0j}^э$) разных возрастных групп для кате-

горий движения: спокойное, активное и повышенной активности по различным видам пути;

4. Впервые установлены факторы, влияющие на значения случайной величины времени начала эвакуации ($t_{н.э}$) в зданиях ДОУ в разное время года, и способы их регулирования;

5. Впервые экспериментально подтверждена адекватность имитационно-стохастической модели движения людских потоков процессу эвакуации детей в зданиях ДОУ.

Достоверность полученных результатов достигалась применением апробированных методов натуральных наблюдений людских потоков и математической статистики; методологии теории людских потоков, учитывающей психофизиологические качества составляющих их людей; статистического анализа для оценки адекватности теоретических результатов данным натуральных наблюдений.

Практическая ценность работы заключается в использовании закономерностей движения людских потоков, состоящих из детей дошкольного возраста, для определения геометрических размеров эвакуационных путей и выходов, обеспечивающих безопасность детей при эвакуации в случае пожара, и в установлении значений величин индивидуального пожарного риска в зданиях ДОУ при архитектурно-строительном проектировании. Результаты работы позволяют также разработать организационно-технические мероприятия, направленные на повышение безопасности детей в случае возникновения пожара.

Материалы диссертации реализованы при:

- внесении изменений в «Методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности», утвержденную приказом МЧС России № 382 от 30.06.2009 г.;

- разработке пилотного проекта по применению новых средств спасения людей (самоспасательных средств) на объектах сферы науки и образования, выполненного на основании государственного контракта Министерства образования и науки РФ № 09.0708.11.015 от 15 марта 2010 г.;

- совершенствовании программного продукта «Флоутек ВД», предназначенного для моделирования процессов эвакуации в зданиях различного функционального назначения;

- разработке рекомендаций по совершенствованию подготовки воспитателей для организации эвакуации детей в случае возникнове-

ния пожара для детского сада №1026 по адресу: г. Москва, Каширский проезд 1/1, 2011 г.;

- определении уровня обеспечения пожарной безопасности людей при корректировке рабочей документации первоочередного участка первой линии метрополитена в г. Казань от ст. «Проспект победы» до ст. «Козья Слобода» с учётом смешанного состава людских потоков, в том числе и детей, на пешеходных путях и пересадочных узлах станций, 2010 г.;

- определении расчетных величин пожарного риска при проектировании дошкольного общеобразовательного учреждения на 125 мест по адресу: г. Москва, ЮАО, Чертаново Южное, микрорайон 18, 2011 г.;

- разработке лекционного материала по курсу «Эвакуация людей при пожарах» в Академии Государственной противопожарной службы МЧС России, а также по курсу «Основы проектирования» в Московском Государственном строительном университете.

Основные результаты работы были доложены на:

- XXII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности» (г. Москва, ФГУ ВНИИПО МЧС России, 2010 г.);

- IV Международной конференции «Поведение людей при пожарах» («*Human Behavior in Fires*», Кембридж, Великобритания, 2009 г.);

- Международной научно-технической конференции «Аварийная эвакуация людей из зданий» («*Emergency Evacuation of People from Buildings*», Варшава, Польша, 2011 г.);

- Международной конференции Национальной ассоциации противопожарной безопасности *NFPA* (Бостон, Соединенные Штаты Америки, 2011 г.).

На защиту выносятся:

- результаты натурных наблюдений и экспериментальных исследований движения людских потоков в зданиях ДОУ;

- закономерности связи между параметрами движения потоков детей дошкольного возраста, определяющие нормирование размеров эвакуационных путей и выходов, расчётные значения величин пожарного риска в зданиях ДОУ;

- комплекс мероприятий, устанавливающий оптимальные размеры эвакуационных путей при движении людских потоков детей по лестницам и организацию безопасной эвакуации из зданий ДОУ;

- рекомендации по использованию установленных закономерностей людских потоков в программном продукте «Флоутек ВД», реализующем имитационно-стохастическую модель движения людских потоков, используемую при проектировании объемно-планировочных решений эвакуационных путей и в расчётах пожарного риска в зданиях ДОУ.

Публикации. По теме диссертации опубликовано 9 научных работ.

Структура, объем работы и ее основные разделы. Диссертация состоит из введения, пяти глав, выводов, списка литературы и приложения. Содержание работы изложено на 153 страницах текста, включает в себя 39 таблиц, 62 рисунка, список использованной литературы из 100 наименований.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, проанализированы объект и предмет исследования, показаны научная новизна работы и её практическая значимость.

В первой главе проанализированы требования нормативных документов в области пожарной безопасности, согласно которым, защита людей на путях эвакуации обеспечивается комплексом объемно-планировочных, эргономических, конструктивных, инженерно-технических и организационных мероприятий. Последовательность же расположения участков путей эвакуации определяется функциональной схемой, присущей зданиям соответствующего назначения, и реализуется объёмно-планировочным решением, разрабатываемом в процессе архитектурно-строительного проектирования. Поэтому был проведен анализ формирования объёмно-планировочной структуры зданий ДОУ и на его основании построена общая расчётная схема путей эвакуации.

Вместе с тем, использование разработанной схемы для определения необходимых размеров участков эвакуационных путей, обеспечивающих беспрепятственную своевременную эвакуацию детей из зданий ДОУ, невозможно без установления достоверной величины времени начала эвакуации ($t_{н.э.}$) и закономерности связи между параметрами потоков детей дошкольного возраста.

Это указывает на необходимость анализа исследований закономерностей движения людских потоков и психофизиологических особенностей поведения детей с целью получения данных, необходимых для проектирования эвакуационных путей и организации эвакуации в зданиях ДОУ.

Во второй главе приведен анализ существующих работ в области движения людских потоков в зданиях и сооружениях различного функционального назначения и на территории их комплексов. Анализ показал, что результаты научных исследований активно востребованы практикой, прежде всего, для нормирования необходимых размеров эвакуационных путей и выходов при пожаре, обеспечивающих беспрепятственную своевременную эвакуацию людей. Они реализованы в главах СНиП по проектированию общественных и промышленных зданий, в ГОСТ 12.1.004 «Пожарная безопасность. Общие положения», в «Методике определения расчётных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности». Их фундаментальным итогом является установление кинематических закономерностей движения людских потоков и открытие закономерностей связи между параметрами людских потоков (Холщевников В.В. Диплом на открытие 24-S, 2006 г.), описываемых элементарной случайной функцией общего вида:

$$\bar{V}_{D_j}^{\text{Э}} = \bar{V}_{0j}^{\text{Э}} \left(1 - a_j \ln \frac{D_{ij}}{D_{0j}} \right), \quad (1)$$

где $\bar{V}_{D_j}^{\text{Э}}$ – случайная функция скорости потока на j -ом виде пути (горизонтальный, проём, лестница вниз, лестница вверх, горизонтальный вне здания) при значении его плотности D_{ij} , м/мин.; $\bar{V}_{0j}^{\text{Э}}$ – случайная величина скорости свободного движения (при отсутствии влияния окружающих людей $D_{i,j} < D_{0,j}$), зависящая от вида пути (j) и уровня эмоционального состояния людей (Э); $a_j \ln (D_{ij} / D_{0,j})$ – математическое выражение реакции людей на увеличение плотности, в котором: a_j – коэффициент адаптации людей к движению по j -ому виду пути при увеличении плотности; D_{ij} – плотность людского потока на i -ом участке пути j -го вида; $D_{0,j}$ – пороговое значение плотности потока на участке пути j -го вида, по достижении которого плотность начинает оказывать влияние на скорость движения по нему людей.

Однако систематизированные данные о возможных значениях времени начала эвакуации и закономерностях движения людских потоков, состоящих из детей дошкольного возраста, практически отсутствуют. Это ставит в качестве первоочередной задачи проведение натурных наблюдений коллективного поведения и движения детей.

Возрастная специфика детей дошкольного возраста определяет необходимость учёта психофизиологических данных о формировании у них навыков и координации движения. Изучение специальной литературы показало, что такое формирование происходит на основе «схемы тела», которая активно осваивается человеком в этом возрасте. Однако имеющиеся данные описывают формирование только индивидуальных мобильных способностей детей разных возрастных групп. Как они скажутся на закономерностях поточного, коллективного движения, остаётся неизвестным.

Федеральный закон № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» требует обеспечения безопасности здания в нормальных условиях его эксплуатации, при угрозе воздействия опасных природных процессов и явлений, техногенных воздействий, террористических актов. В диссертации установлено, что выполнение этих требований может осуществляться:

- в нормальных условиях эксплуатации за счёт проектирования эргономически обоснованных размеров коммуникационных путей, создающих комфортные условия для движения человека;
- при угрозах приближающихся чрезвычайных ситуаций за счёт организации превентивной эвакуации (при заблаговременном оповещении);
- при возникновении пожара за счёт своевременной и беспрепятственной эвакуации при допустимой повышенной плотности людских потоков.

Обоснование того или иного решения должно определяться расчётным методом, разработанным на основании фактических данных натурных наблюдений и объясняющих их теоретических исследований.

В третьей главе представлены методика проведения натурных наблюдений и экспериментов, статистическая обработка полученных результатов с учетом анализа однородности выборочных совокупностей и результаты аппроксимации эмпирических значений элементарной случайной функцией (1).

При проведении натуральных наблюдений и экспериментальных исследований для фиксации действий воспитателей и детей впервые использованы современные цифровые видеокамеры. Их компактность и возможности размещения практически в любой точке помещения не привлекают внимания наблюдаемых людей, не искажая тем самым их поведение (рис. 1).



Рис. 1. Общая схема расстановки видеокамер на этаже и в лестничной клетке:
а) реагирование детей на сигнал воспитателя о необходимости покинуть помещение;
б) укутывание детей в спальные одеяла; в) одевание детей в зимнюю одежду;
движение: г) горизонтальный путь; д) проём; е) лестница вверх

Натурные наблюдения и экспериментальные исследования проводились по возрастным группам, подразделение на которые принято в детских садах с учетом анатомо-физиологических особенностей детей: ясельная (до 3-х лет), младшая (3-4 года), средняя (4-5 лет) и старшая (5-7 лет). Натурные наблюдения и эксперименты с каждой возрастной группой детского сада велись в два этапа:

1) фиксация времени действий, формирующих продолжительность начала эвакуации;

2) фиксация параметров движения групп детей по участкам коммуникационных путей.

Специфика возрастного состава эвакуирующихся детей определяют «жёсткую» организацию начала эвакуации со стороны воспитателя и его решающую роль в формировании всего периода времени начала эвакуации ($t_{н.э}$). Поэтому особое внимание уделялось установлению затрат времени на выполнение таких операций, как:

- решение воспитателя: восприятие воспитателем сигнала от системы оповещения и управления эвакуацией (СОУЭ) при неанонсированных (без предварительного предупреждения) эвакуациях, принятие им решения и указания детям готовиться к эвакуации ($t_{р.в.}$);

- время подготовки: подготовка группы детей к эвакуации ($t_{под.}$).

Таким образом установлено, что структура затрат времени на начало эвакуации в зданиях ДОУ формируется из следующих составляющих:

$$t_{н.э} = t_0 + t_{р.в.} + t_{под.}, \quad (2)$$

где t_0 – инерционность срабатывания системы оповещения, мин.

На рис. 2 приведена гистограмма распределения времени реагирования воспитателей ($t_{р.в.}$) на сигнал СОУЭ. Большой разброс значений объясняется тем, что многие воспитатели, услышав сигнал системы оповещения, выходили из помещений групповой ячейки в коридор для выяснения обстоятельств происходящего. Анализ результатов наблюдений времени начала эвакуации детей из зданий детских садов показал весьма большие затраты времени на формирование группы ($t_{под.}$), готовой к эвакуации в весенний, осенний и, особенно, в зимний периоды. Это связано, прежде всего, с длительностью одевания детей в уличную одежду (из-за опасения переохлаждения их организма при выходе на улицу).

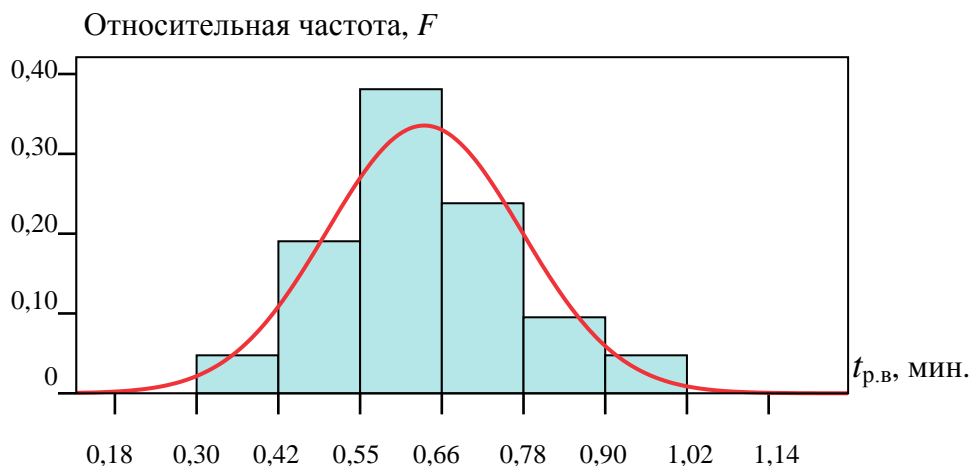


Рис. 2. Эмпирическое распределение плотности вероятности времени реагирования воспитателей на сигнал СОУЭ (21 наблюдение)

При проведении наблюдений в каждой группе было двое воспитателей. Под присмотром воспитателей группа детей (15-20 чел.) перемещалась в помещение раздевалки или спальни, где их одевали в одежду или накидывали на них одеяла (в которые дети могли закутываться, выйдя из здания). Максимальное ожидаемое значение позже всех подготовленного к эвакуации ребёнка определялась соотношением:

$$\max t_{под} = m(t_{под}) + 3\sigma(t_{под}), \quad (3)$$

где $m(t_{под})$ и $\sigma(t_{под})$ – соответственно математическое ожидание и среднеквадратичное отклонение времени подготовки группы.

Это время определяет и время подготовки всей группы ($t_{под}$). Оно может быть принято равным: 0,54 мин. – летом; 4,5 мин. – весной и осенью; 7,3 мин. – зимой; 1,02 мин. – при использовании одеял в холодный период времени года.

Проведённые натурные наблюдения показали, что время начала эвакуации детей следует определять по их выходу из помещения групповой ячейки, так как четкая фаза движения детей не прослеживалась. Начав двигаться к выходам, дети останавливались и ожидали дополнительных указаний от персонала, поэтому движение к эвакуационным выходам из здания начиналось за пределами помещения.

На втором этапе натурных наблюдений участки движения детей за пределами помещений (горизонтальный путь, проём, лестница: спуск и подъём) выбирались предварительно для каждого конкретного объекта.

Для фиксации параметров движения детей по участкам коммуникационных путей использовалась объёмная масштабная сетка, применение которой повышало точность получаемых результатов на 10-15 %.

Видеонаблюдение за движением детей велось как в условиях повседневной эксплуатации здания, так и в экспериментах, имитирующих привычные для них игровые ситуации. В качестве исследуемого участка выбирался только горизонтальный путь, так как во время бега по наклонным путям дети могли получить травмы.

Общее количество наблюдений (n) для каждой возрастной группы по каждому виду пути представлено в табл. 1.

Таблица 1

Количество замеров скорости движения V_j для каждого вида пути для каждой возрастной группы детей

Возрастная группа	Вид пути			
	Горизонтальный (шаг/бег)	Лестница вниз	Лестница вверх	Проём
Эксперимент (для установления зависимости между параметрами движения)				
Ясельная (до 3 лет)	235/-	211	147	604
Младшая (3-4 года)	206/95	290	230	
Средняя (4-5 лет)	109/143	238	230	
Старшая (5-7 лет)	145/240	345	359	
Всего:	1173	1084	966	604
Натурные наблюдения (повседневный режим эксплуатации здания)				
Младшая (3-4 года)	34	-	-	-
Средняя (4-5 лет)	31	40	31	
Старшая (5-7 лет)	39	47	40	
Всего:	104	87	71	-
Итого:	4099 замеров			

Полученные значения скоростей были представлены в вариационных рядах по интервалам плотности потока (1 чел./м²). Эти значения скоростей являются результатом влияния не только выделенных классификационных признаков-факторов (вид пути, возрастные группы), но и уровня эмоционального состояния детей, в котором они находились во время наблюдений, и различных возрастных психофизиологических возможностей их движения. При этом не удастся количественно дифференцировать влияние этих факторов, поскольку они присутствуют постоянно во всех сериях проведенных наблюдений.

Для установления расчётных зависимостей между скоростью движения и плотностью потока дошкольников применена апробированная методология, использованная при установлении связи между параметрами людского потока. Зависимость скорости движения людского потока (V_{Dj}) от его плотности описывается в общем случае формулой (1).

Конкретные значения величин a_j и D_{0j} представлены в табл. 2.

Таблица 2

Значения a_j и D_{0j} при движении возрастных групп детей по различным видам пути в зданиях ДОУ

Вид пути	Группа	a_j	D_{0j} , чел./м ²
Горизонтальный	Старшая	0,275	0,78
	Средняя	0,275	0,78
	Младшая	0,275	0,78
Проем	Старшая, средняя	0,350	1,20
Лестница вниз	Старшая	0,190	0,64
	Средняя	0,190	0,64
	Младшая	0,190	0,64
Лестница вверх	Старшая	0,275	0,76
	Средняя	0,275	0,76
	Младшая	0,275	0,76

Как видно из данных табл. 2 значения a_j и D_{0j} при движении по каждому из видов пути не зависят от возрастных групп детей.

Значения теоретического корреляционного отношения η_m (табл. 3), вычисляемые для оценки тесноты установленной связи между скоростью и плотностью потока, характеризуют ее как практически функциональную ($\eta_m \geq 0,95$).

Таблица 3

Значения теоретического корреляционного отношения η_T для различных видов пути

Вид пути	Горизонтальный	Лестница вниз	Лестница вверх	Проем
η_T	0,9987	0,9954	0,9993	0,9532

На рис. 3 представлена теоретическая зависимость скорости от плотности людского потока дошкольников на примере старшей возрастной группы для горизонтального пути и лестницы вверх.

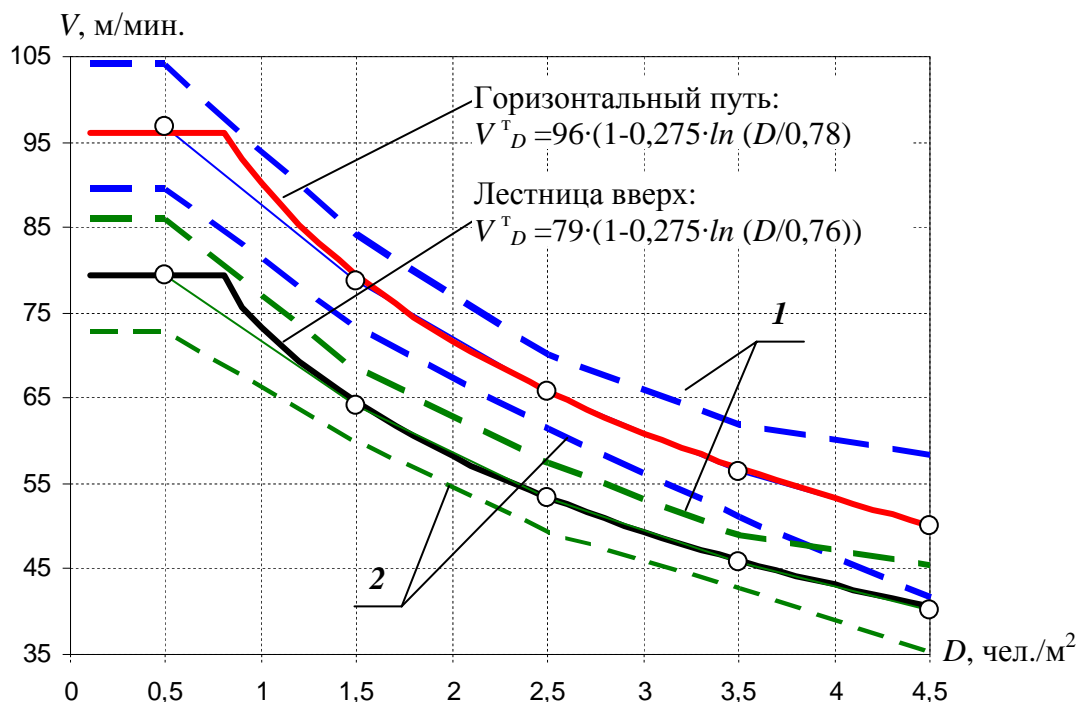


Рис. 3. Теоретические зависимости $V_D^T = f(D)$ на примере старшей возрастной группы для горизонтального пути и лестницы вверх:
 ○ – средние эмпирические значения скоростей;
 1 – верхняя доверительная граница; 2 – нижняя доверительная граница

Значения скоростей свободного движения (V_0) для различных категорий движения по видам пути (табл. 4) были установлены согласно принятой методологии, используя статистическую теорию крайних членов выборки.

Таблица 4

Скорости свободного движения для детей младшей, средней и старшей возрастных групп по видам пути при соответствующих категориях движения

Категория движения	Скорость свободного движения V_0 , м/мин. для возрастных групп по видам пути			
	Младшая	Средняя и старшая	Младшая	Средняя и старшая
	Горизонтальный, проём		Лестница	
Комфортное	< 36	< 40	< 26	< 29
Спокойное	36–54	40–60	26–42	29–47
Активное	54–90	60–100	42–75	47–84
Повышенной активности	90–171	100–190	–	–

Были также проведены дополнительные натурные наблюдения скоростей движения детей младшей возрастной группы в зданиях школ: по горизонтальным путям – 216 замеров, по лестницам вниз – 151 замер, по лестницам вверх – 203 замера. Сопоставление значений a_j и D_{0j} , полученных по результатам этих наблюдений, и ранее проводившихся в школьных зданиях (табл. 5), со значениями a_j и D_{0j} , определённых для старших групп детей дошкольного возраста (см. табл. 2), показывает их несущественное различие.

Таблица 5

Аппроксимирующие коэффициенты V_0 , a и D_0 для школьных зданий
(по данным Ерёмченко М.А.)

Группа	V_0 при D_0 , м/мин.	σ для V_0	a	D_0 , чел./м ²
Горизонтальный путь				
Старшая	55	19,28	0,32	0,65
Средняя	65	19,71	0,28	0,64
Младшая	65	21,16	0,275	0,78
Лестница вниз				
Средняя	58	19,25	0,334	0,9
Младшая	66	20,34	0,182	0,6
Лестница вверх				
Средняя	47	19,28	0,369	0,847
Младшая	53	18,24	0,274	0,73

Принятое в отечественном нормировании представление расчётных зависимостей между параметрами людских потоков при выражении плотности (D) через площадь горизонтальной проекции составляющих поток людей f (м²/чел.) требует определения этого показателя и для детей различных возрастных групп (см. табл. 6). Статистическая обработка полученных результатов показала незначимые различия между площадями горизонтальной проекции детей в возрасте 3-7 лет.

Таблица 6

Площадь горизонтальной проекции f детей разных возрастных групп

Возрастная группа	Количество замеров	Среднее значение $f_{ср}$, м ² /чел.	Среднеквадратичное отклонение	Расчетное значение f_p , м ² /чел.
Младшая	27	0,0247	0,00114	0,03
Средняя	69	0,0282	0,00170	
Старшая	48	0,0325	0,00211	

При переводе D_{0j} по видам пути (см. табл. 2) через площадь горизонтальной проекции получим значения: для горизонтального пути – $0,023 \text{ м}^2/\text{м}^2$; для проёма – $0,036 \text{ м}^2/\text{м}^2$; для лестницы вниз – $0,019 \text{ м}^2/\text{м}^2$; для лестницы вверх – $0,023 \text{ м}^2/\text{м}^2$. При установленных значениях D_{0j} и значении V_0 , соответствующем границе между категориями движения «спокойное» и «активное» (см. табл. 4), построен график зависимости интенсивности движения (q) от плотности D (рис. 4).

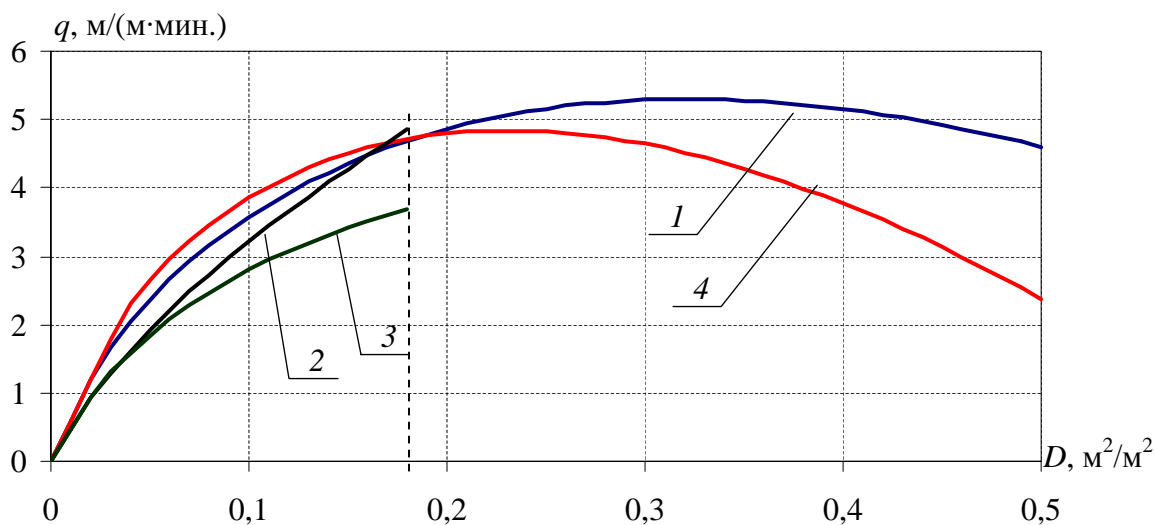


Рис. 4. Расчетные зависимости интенсивности движения q от плотности людского потока дошкольников на различных видах пути:
1 – горизонтальный; 2 – лестница вниз; 3 – лестница вверх; 4 – проём

Анализ дифференцированных зависимостей между параметрами людских потоков различных возрастных групп людей, характерных для зданий всех классов функциональной пожарной опасности, показывает, что они подчиняются общей закономерности (1). Возрастные особенности реакции людей на увеличение плотности потока и психологической напряженности ситуации при движении в различных условиях находят свое отражение в соответствующих изменениях значений входящих в нее величин \bar{V}_{0j}^{\ominus} , a_j , D_{0j} .

В четвертой главе приведены результаты численного моделирования развития опасных факторов пожара (ОФП) в зданиях ДОУ и процесса эвакуации детей.

Моделирование процесса эвакуации выполнялось при помощи программного продукта «Флоутек ВД». Полученные при проведении натуральных наблюдений и экспериментальных исследований результаты были использованы в качестве исходных данных при моделировании. Сопоставление результатов моделирования с данными реальных ситуаций движения детей в зданиях ДОУ (рис. 5) показало, что расхождения не превышают 10-15 %.

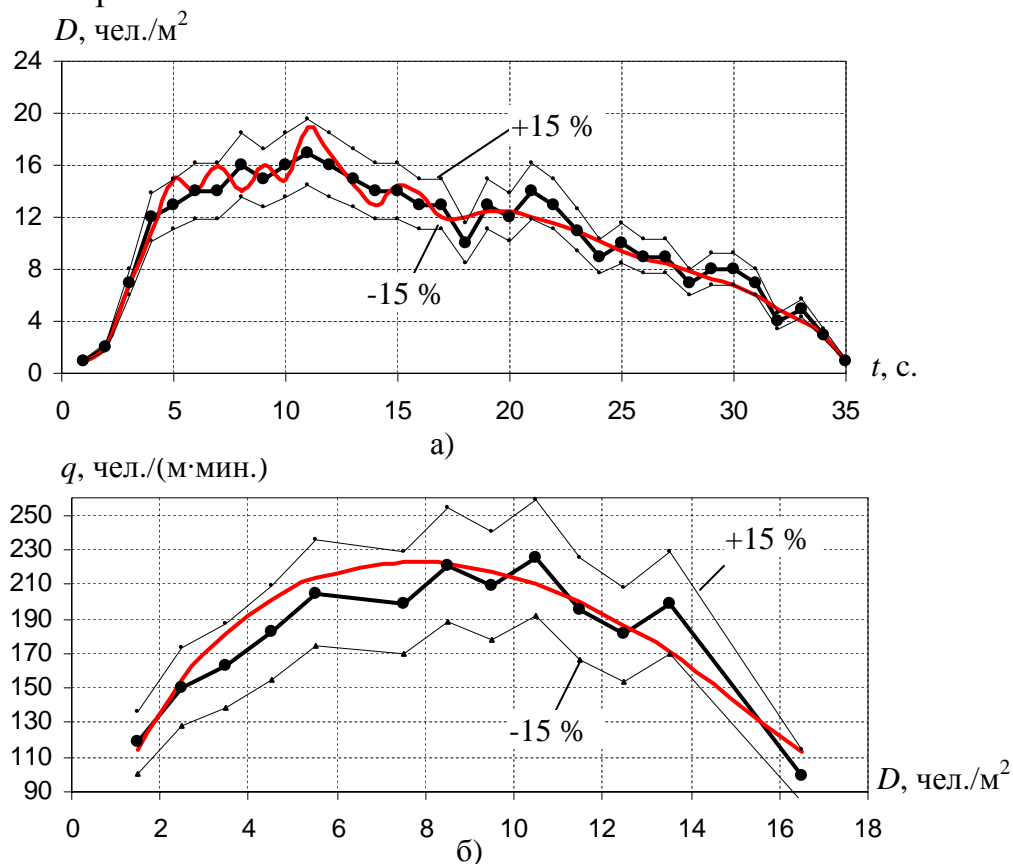


Рис. 5. Сопоставительный анализ результатов экспериментов и натуральных наблюдений (●) с результатами численного моделирования:
 а) изменение плотности потока перед дверным проёмом во времени;
 б) изменение интенсивности движения от плотности людских потоков детей

Моделирование распространения ОФП производилось при помощи современных программно-вычислительных комплексов: Блок 2 и *Fire Dynamics Simulator*. В результате были получены вероятные значения времени блокирования путей эвакуации для всех её этапов.

В пятой главе проведён сопоставительный анализ результатов моделирования динамики развития ОФП и процесса эвакуации из зданий ДОУ, позволивший выявить ситуации, когда безопасность детей не обеспечивается из-за несвоевременности их эвакуации (рис. 6), и предложить комплекс мероприятий, направленных на их устранение.

Точки пересечения графиков 1-а, 2-б, 3-в, 4-г на рис. 6 определяют максимальные значения времени начала эвакуации, при которых обеспечивается её своевременность. Эти значения не должны превышать 1,05-1,2 мин. в зависимости от длины коридора.

В противном случае требуется разработка организационно-технических мероприятий, направленных на снижение времени начала эвакуации, в частности: переподготовку воспитателей, оказывающих доминирующее влияние на поведение и темп движения детей при эвакуации, а также совершенствование систем СОУЭ, применяемых в зданиях ДОУ.

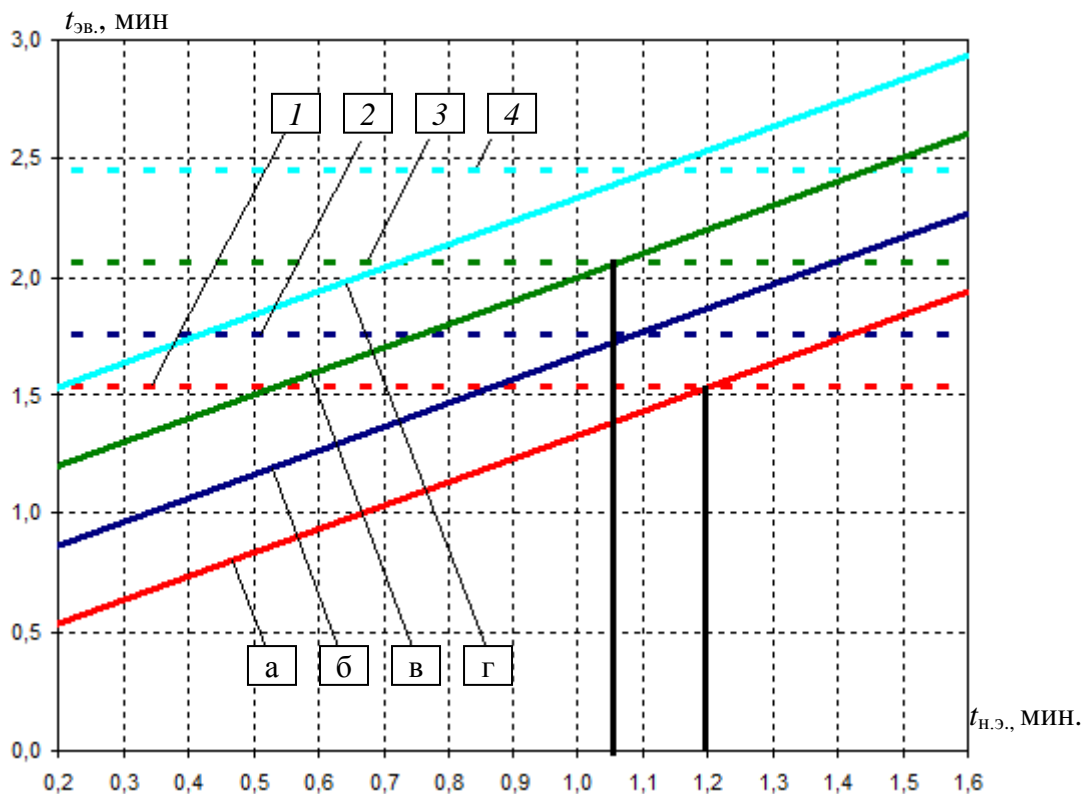


Рис. 6. Определение максимального значения времени начала эвакуации ($t_{н.э.}$), при котором обеспечивается безопасная эвакуация детей:
а, б, в, г – общее время эвакуации ($t_{э.в.}$) по коридору длиной 10, 20, 30 и 40 м соответственно, с учётом $t_{н.э.}$; 1, 2, 3, 4 – время блокирования коридора, длиной 10, 20, 30 и 40 м, соответственно

Воспитатели не должны терять время после звукового сигнала СОУЭ для выяснения обстоятельств тревоги. Этому должно содействовать оборудование зданий СОУЭ, которые будут передавать четкие организационные указания по эвакуации детей (формирование однозначной реакция воспитателя, исключающей необходимость сбора им дополнительной уточняющей информации; указание на способ одевания детей и на необходимость использования конкретного маршрута эвакуации).

Следует изменить традицию одевания детей в верхнюю одежду в неблагоприятные сезоны года, заменив её накидыванием одеял. Эвакуация должна производиться в зону безопасности вне радиуса возможного вторичного воздействия ОФП.

В тех ситуациях, когда невозможно обеспечить своевременность эвакуации детей за счёт их физических возможностей и предлагаемых организационно-технических мероприятий, например, при возникновении пожара во время сна детей, становится необходимым применение систем раннего обнаружения пожара, противодымной вентиляции и пожаротушения.

В качестве рационализации объёмно-планировочного решения эвакуационных путей целесообразно устройство открытых защищённых (в зависимости от климатических условий) поэтажно расположенных помещений (балконов, террас, веранд и т.п.), имеющих выходы непосредственно из помещений каждой групповой ячейки (рис. 7).

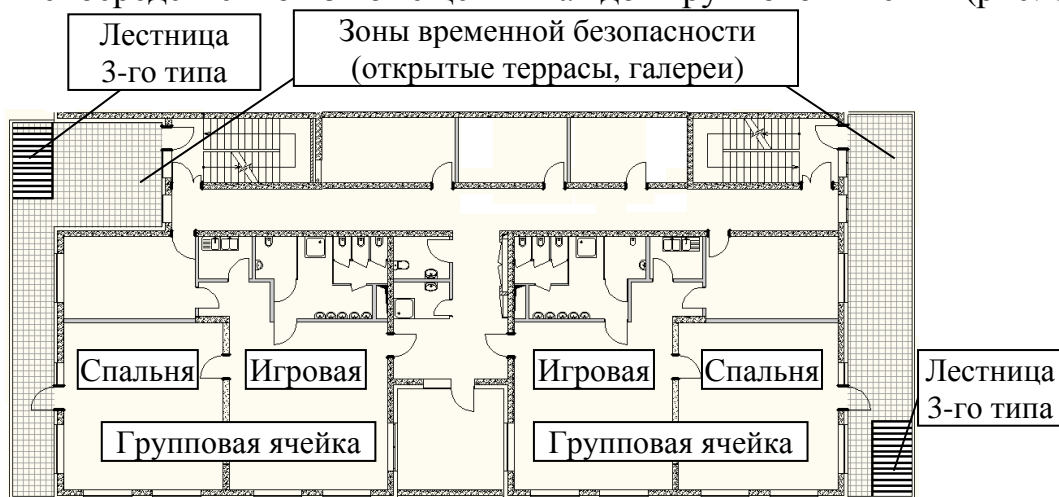


Рис. 7. Иллюстрация размещения зон временной безопасности на примере проекта ДООУ на 125 мест по адресу: г. Москва, ЮАО, Южное Чертаново

Эти помещения могут служить зонами временной безопасности для групп детей, которые не могут покинуть помещения групповых ячеек вследствие заблокированного пожаром коридора. Такое решение является альтернативным существующим требованиям разделения коридоров на отсеки и устройства в пределах групповой ячейки дополнительных коридоров.

По результатам натуральных наблюдений и экспериментов найдены оптимальные для детей размеры ступеней (высота подступёнка $h = 12$ см, ширина проступи $b = 24$ см), позволяющие с достаточным удобством пользоваться ими и взрослым людям (рис. 8). Допустимые уклоны представлены на рис. 9. Такие же пропорции в размерах ступеней должны соблюдаться при использовании открытых наружных лестниц в качестве второго эвакуационного выхода для зданий ДОУ, при этом угол подъема таких лестниц не должен превышать 35° (см. рис. 9).

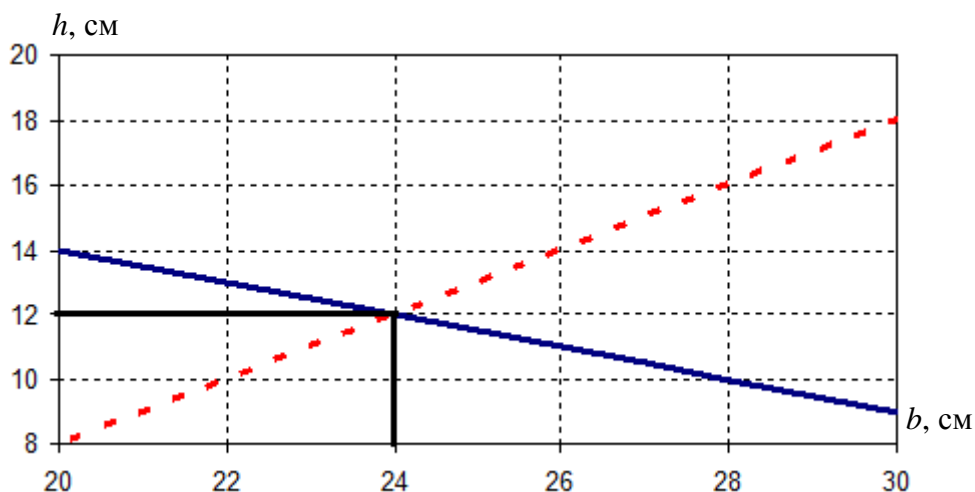


Рис. 8. Наиболее благоприятные размеры ступеней лестниц в зданиях ДОУ:
 ————— правило размера шага для детей – ($b + 2h = 48$ см);
 - - - - - правило удобства для взрослых – ($b - h = 12$ см)

Ступени должны быть сплошными, чтобы не вызывать у детей боязни высоты, что снижает скорость движения, и иметь вентилируемые лёгкие ограждения (например, жалюзийного типа) для защиты от атмосферных воздействий (дождя, снега, наледей). Целесообразная ширина лестничных маршей, которая позволяет детям, идущим рядом, держать за руки друг друга для поддержания равновесия, составляет 1,2 м.

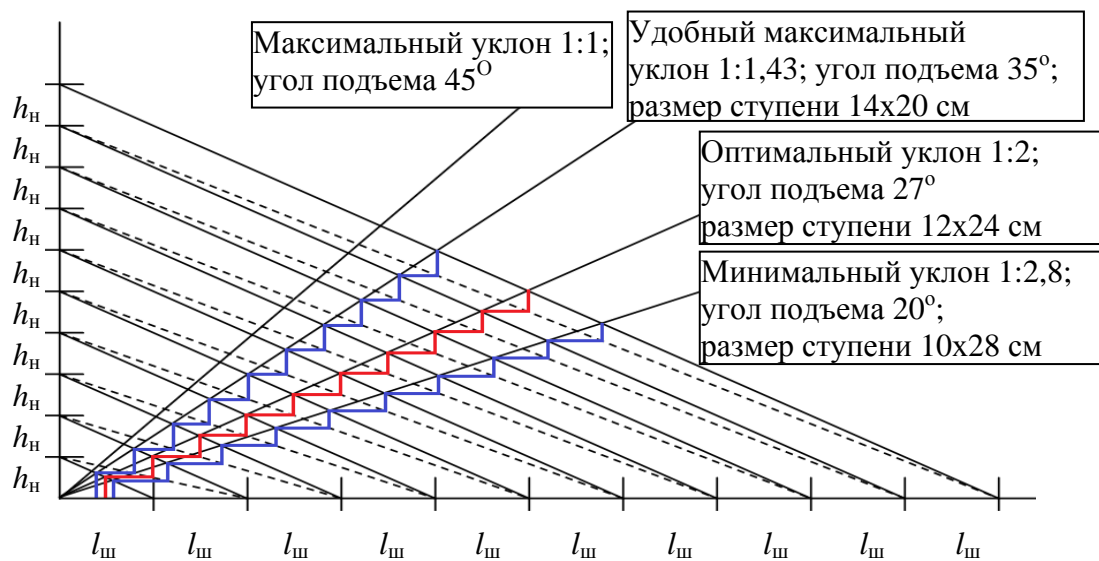


Рис. 9. Графическое определение оптимальных уклонов лестниц с учетом длины шага ребенка $l_{ш} = 48$ см и высоты подъема ноги $h_n = 24$ см

Нормируемая в настоящее время ширина маршей лестниц 1,35 м – не отвечает эргономике движений детей дошкольного возраста. Она ведёт к излишнему расходу материалов (более чем на 12 %) на изготовление лестниц. Лестничные марши должны иметь перила с двух сторон.

ВЫВОДЫ

В диссертационной работе дано решение актуальной задачи, посвященной совершенствованию методологической основы нормирования системы эвакуационных путей и организации эвакуации детей из зданий ДОУ, обеспечивающих их безопасность во время пожара, при угрозе воздействий опасных природных процессов и при повседневных условиях эксплуатации в соответствии с требованиями Федерального закона № 384-ФЗ «Технический регламент о безопасности зданий и сооружений» и Федерального закона № 123-ФЗ «Технический регламент о требованиях пожарной безопасности».

На основании проведённых исследований получены следующие основные результаты:

1. Впервые сформирована достоверная статистическая база данных параметров движения по горизонтальным путям, через дверные проёмы, по лестницам вниз и вверх всех возрастных групп детей дошкольного возраста при их движении шагом и бегом.

2. Впервые установлены значения величин, описывающих закономерности связи между параметрами потоков возрастных групп детей дошкольного возраста при их движении по различным видам пути при спокойном, активном и повышенном уровне эмоционального состояния.

3. Выявлены этапы формирования времени начала эвакуации ($t_{нэ}$) в зданиях ДОУ и установлены значения числовых характеристик случайной величины $t_{нэ}$.

4. Даны рекомендации по совершенствованию организации эвакуации из зданий ДОУ, реализуемые при подготовке воспитателей детских садов к проведению эвакуации.

5. Разработана геометрия лестниц, обеспечивающая повышение уровня комфорта и безопасности движения детей и сокращение до 12% материально-технических затрат на возведение лестничных клеток при строительстве зданий ДОУ.

6. Определены условия, требующие оборудования помещений зданий ДОУ системами противодымной вентиляции и пожаротушения.

7. Установлена целесообразность при проектировании и строительстве зданий устройства зон временной безопасности, имеющих выход на них непосредственно из помещений каждой групповой ячейки и из помещений, общих для групп детского сада, с последующей эвакуацией детей по лестницам третьего типа, имеющим установленную в диссертационной работе геометрию ступеней.

Основные положения диссертации опубликованы в работах:

1. Парфёненко, А.П. Проблемы эвакуации детей и подростков при пожарах [Электронный ресурс] /А.П. Парфёненко// Технологии техноферной безопасности. – М., 2010. – № 5. – Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2010-5/2010-5.html>.

2. Заикин, С.В. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей. Часть 2. Объекты испытаний. Методика эксперимента [Текст] / С.В. Заикин, С.А. Бушманов, А.П. Парфёненко, И.Р. Белосохов// Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – № 3. – С. 32-40.

3. Холщевников, В.В. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения. Часть 1 [Текст] / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, И.Р. Белосохов, Р.Н. Истратов, И.С. Кудрин, А.П. Парфёненко// Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – № 3. – С. 41-51.

4. Заикин, С.В. Обеспечение безопасности людей при пожарах в зданиях посредством применения самоспасателей. Часть 3. Объекты испытаний. Методика эксперимента [Текст] / С.В. Заикин, С.А. Бушманов, А.П. Парфёненко, И.Р. Белосохов// Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – № 4. – С. 25-30.

5. Холщевников, В.В. Парадоксы нормирования обеспечения безопасности людей при эвакуации из зданий и пути их устранения. Часть 2 [Текст] / В.В. Холщевников, Д.А. Самошин, И.Р. Белосохов, Р.Н. Истратов, И.С. Кудрин, А.П. Парфёненко// Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – № 4. – С. 31-39.

6. Холщевников, В.В. Общая закономерность изменения параметров движения людских потоков различного функционального контингента в зданиях и сооружениях [Текст] / В.В. Холщевников, А.Н. Гилетич, Д.В. Ушаков, А.П. Парфененко// Пожаровзрывобезопасность. – 2011. – № 12. – С. 32-41.

7. Kholshchevnikov, V.V. Pre-school and school children building evacuation/ V.V. Kholshchevnikov, D.A. Samoshin, A.P. Parfenenko// Proceedings of the Fourth International Symposium on Human Behavior in Fire/ – Cambridge. – 2009. pp. 243-254.

8. Karkin, I.N. Flowtech VD – computer-simulation method from evacuation calculation. International Scientific and Technical Conference/ I.N. Karkin, A.P. Parfenenko// Emergency evacuation of people from buildings. – Warsaw. – 2011. – pp.111-118.

9. Холщевников, В.В. Эвакуация детей из зданий учебно-воспитательных учреждений [Текст] / В.В. Холщевников, А.П. Парфёненко// Пожарная безопасность в строительстве. – 2011. – № 4. – С. 49-61.

Подписано в печать 29.03.2012. Формат 60x84/1/16.

Печать офсетная. Усл. печ. л. 1,0. Тираж 100 экз. Заказ № 269

Академия ГПС МЧС России. 129366, г. Москва, ул. Б. Галушкина, 4.