

МИНИСТЕРСТВО РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
ПО ДЕЛАМ ГРАЖДАНСКОЙ ОБОРОНЫ, ЧРЕЗВЫЧАЙНЫМ СИТУАЦИЯМ  
И ЛИКВИДАЦИИ ПОСЛЕДСТВИЙ СТИХИЙНЫХ БЕДСТВИЙ

**Академия Государственной противопожарной службы**

На правах рукописи



**Хасуева Зулихан Сулимановна**

**НОРМИРОВАНИЕ ТРЕБОВАНИЙ ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ  
К ЭВАКУАЦИОННЫМ ПУТЯМ И ВЫХОДАМ  
УЧРЕЖДЕНИЙ РОДОВСПОМОЖЕНИЯ**

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

**ДИССЕРТАЦИЯ**

на соискание ученой степени  
кандидата технических наук

Научный руководитель:  
доктор технических наук, доцент  
Самошин Дмитрий Александрович

Москва – 2019

## ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ .....	4
ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ПАЦИЕНТОК В УЧРЕЖДЕНИЯХ РОДОВСПОМОЖЕНИЯ.....	11
1.1. Функциональные основы проектирования учреждений родовспоможения .....	11
1.2. Проблемы нормирования требований пожарной безопасности к путям эвакуации учреждений родовспоможения .....	20
1.3. Анализ истории формирования теории людских потоков.....	24
1.4. Результаты исследований эвакуации людей различных групп мобильности в случае пожара.....	37
1.5. Выводы по первой главе.....	44
ГЛАВА 2. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ЭВАКУАЦИИ ИЗ УЧРЕЖДЕНИЙ РОДОВСПОМОЖЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ ....	46
2.1. Анализ результатов исследований и проблемы нормирования времени начала эвакуации при пожаре .....	46
2.2. Зарубежные исследования времени начала эвакуации людей при пожаре .....	55
2.3. Экспериментальное исследование времени начала эвакуации из палатных отделений учреждений родовспоможения .....	61
2.4. Выводы по второй главе.....	76
ГЛАВА 3. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ БЕРЕМЕННЫХ ПАЦИЕНТОК УЧРЕЖДЕНИЙ РОДОВСПОМОЖЕНИЯ ПРИ ЭВАКУАЦИИ.....	77
3.1. Площадь горизонтальной проекции беременных пациенток учреждений родовспоможения .....	77
3.2. Организация и методика проведения натурных наблюдений и экспериментов .....	81

3.3. Статистическая обработка данных параметров движения беременных пациенток учреждений родовспоможения .....	86
3.4. Закономерности влияния эмоционального состояния на скорость свободного движения беременных пациенток учреждений родовспоможения .....	92
3.5. Полученные зависимости между параметрами движения беременных пациенток учреждений родовспоможения по различным видам коммуникационных путей .....	99
3.6. Выводы по третьей главе.....	107
<b>ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СВОЕВРЕМЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ БЕРЕМЕННЫХ ПАЦИЕНТОК ИЗ УЧРЕЖДЕНИЙ РОДОВСПОМОЖЕНИЙ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ И ВЫХОДОВ .....</b>	<b>108</b>
4.1. Обобщенные данные для оценки параметров эвакуации в случае пожара .....	108
4.2. Определение времени эвакуации из зданий учреждений родовспоможения .....	111
4.3. Моделирование времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.....	116
4.4. Разработка комплекса мер для снижения риска гибели беременных пациенток учреждений родовспоможения .....	123
4.5. Выводы по четвертой главе.....	127
<b>ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....</b>	<b>129</b>
<b>СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....</b>	<b>131</b>
<b>ПРИЛОЖЕНИЕ. Акты внедрения результатов исследования .....</b>	<b>144</b>

## ВВЕДЕНИЕ

В 2017 году в России пациентами учреждений родовспоможения стали свыше 3,5 млн матерей и новорожденных. Снижение показателей материнской и младенческой смертности, в том числе при пожарах, представляет собой одну из стратегических задач государства. Указом Президента РФ от 01.01.2018 № 2 «Об утверждении Основ государственной политики Российской Федерации в области пожарной безопасности на период до 2030 года» определена необходимость актуализации нормативных требований в области пожарной безопасности. Однако в рассматриваемой области это невозможно без данных, характеризующих процесс эвакуации беременных пациенток в учреждении родовспоможения.

Решением Совета при Президенте России по стратегическому развитию в 2016 году принято решение дополнительно сформировать в 27 регионах страны трехуровневую систему оказания медицинской помощи беременным женщинам, женщинам в период родов, после родов и новорожденным детям. В связи с этим производится строительство серии новых перинатальных центров. На 1 января 2015 года в Российской Федерации общее число перинатальных центров составило 124, общее число родильных домов – 140 [1].

В соответствии с постановлением Правительства Российской Федерации № 806 [2] учреждения родовспоможения отнесены к категории высокого риска и требуют повышенного внимания со стороны надзорных органов. За последние годы была выполнена серия исследований, направленных на обеспечение процесса эвакуации маломобильных групп населения в случае пожара, однако процесс эвакуации беременных женщины не был до сих пор изучен. В связи с этим нормирование размеров эвакуационных путей и выходов, обеспечивающих безопасность эвакуации людей при пожаре, в зданиях учреждений родовспоможения не является до сих пор научно обоснованным.

Несмотря на значительные затраты сил и средств на обеспечение пожарной безопасности, в зданиях медицинских учреждений при пожарах продолжают гибнуть люди. В ночь на 13 декабря 2015 года при пожаре в медицинском учреждении в Воронежской области погибло 23 человека, 23 пострадали, травму получил сотрудник МЧС России. 26 января 2018 года в Южной Корее пожар, возникший на первом этаже больницы, унес жизни более 40 человек. При пожаре, произошедшем в родильном отделении больницы Багдада 10 августа 2016 года, погибло 13 новорожденных. Пожар, возникший в палате интенсивной терапии роддома в Румынии 16 августа 2010 года, привел к гибели 3 новорожденных, ожоги и другие травмы получили 8 детей и 2 беременные женщины, 2 младенца скончались в течение недели, дети, возраст которых не превышал пяти дней, получили 70–80 % ожогов поверхности тела.

Совокупность вышеизложенных обстоятельств не позволяет гарантировать безопасность женщин в случае возникновения пожара.

**Актуальность настоящей работы** обуславливается отсутствием данных, характеризующих процесс эвакуации беременных пациенток учреждений родовспоможения.

**Степень разработанности темы исследования.** С 30-х годов прошлого века для предъявления наиболее рациональных требований к нормированию эвакуационных путей и выходов стали проводиться исследования процесса эвакуации как российскими, так и зарубежными учеными. Значительный вклад в развитие общей теории людских потоков и поведения людей при пожарах внесли исследовательские работы Эллисона В.А., Беляева С.В., Милинского А.И., Предтеченского В.М., Калининцева В.А., Дувидзона Р.М., Холщевникова В.В., Григорьянца Р.Г., Копылова В.А., Буга П.Г., Доценко А.Г., Гвоздякова В.С., Алексеева Ю.В., Еремченко М.А., Никонова С.А., Айбуева З.С.-А., Исаевич И.И. Самошина Д.А., Парфененко А.П., Кудрина И.С., Аня Ф., Шахуова Т.Ж., *Fruin J.J., Thompson P., Shields T.J., Galea E.*

С целью разработки требований к доступности зданий и сооружений для маломобильных групп населения, в том числе нормирования размеров

эвакуационных путей и выходов, в конце 20 века стали проводиться первые исследования эвакуации людей с ограниченными возможностями. Большой вклад в развитие данного направления внесли исследовательские работы таких ученых, как Холщевников В.В., Самошин Д.А., Истратов Р.Н., Слюсарев С.В., *Boyce K.E., Proulx G., Fahy R.*

Таким образом, на основании многолетней работы в данном направлении создана методология исследования поведения людей на всех этапах их эвакуации, что позволило разработать нормативные требования к проектированию эвакуационных путей и выходов в зданиях различного назначения и к функционированию автоматических систем противопожарной защиты, которыми они оборудуются. Однако исследований процесса эвакуации такой уязвимой части населения как беременные женщины до сих пор произведено не было.

**Целью диссертационной работы** является развитие основных методологических положений по проектированию эвакуационных путей и выходов в учреждениях родовспоможения на основании исследования времени начала эвакуации и установления закономерностей движения беременных женщин в составе людского потока.

Цель исследования определяет необходимость решения следующих **задач**:

- провести анализ российских и зарубежных источников в области проводимого исследования;
- провести исследования времени начала эвакуации в зданиях учреждений родовспоможения;
- провести натурные наблюдения и экспериментальные исследования движения беременных женщин в зданиях учреждений родовспоможения и определить параметры, характеризующие их движение, а также установить психофизические закономерности связи между ними при эвакуации по различным участкам путей и выходов;
- разработать требования пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам и предложить комплекс организационно-технических мероприятий,

направленных на повышение безопасности людей при пожарах в зданиях учреждений родовспоможения.

**Объектом исследования** являлся процесс эвакуации беременных пациенток учреждений родовспоможения при пожаре.

**Предметом исследования** являлись время начала эвакуации и закономерности движения беременных женщин в составе людского потока по различным видам пути, определяющие необходимые размеры эвакуационных путей и выходов.

**Научная новизна работы** заключается в следующем:

1. Выявлены факторы, влияющие на формирование случайной величины времени начала эвакуации беременных пациенток учреждений родовспоможения ( $t_{н.э}$ ) в палатных помещениях в зданиях учреждений родовспоможения;

2. Впервые получена статистическая совокупность значений скорости движения беременных пациенток учреждений родовспоможения в различных интервалах плотности для разных видов коммуникационных путей;

3. Установлены значения случайной величины скорости свободного движения беременных пациенток учреждений родовспоможения ( $\bar{V}_{0j}$ ) по различным видам пути при пожаре;

4. Подтвержден вид общей зависимости скорости от плотности людского потока и установлены характеристики входящих в нее величин  $a_j$  и  $D_{0j}$ , описывающие параметры движения беременных пациенток учреждений родовспоможения при движении по горизонтальным путям, лестницам вверх и вниз и через дверные проемы.

**Теоретическая и практическая значимость работы** заключается:

– в установлении закономерностей движения людских потоков, состоящих из беременных женщин, способных к самостоятельной эвакуации, и использовании их при обосновании геометрических размеров эвакуационных путей и выходов в учреждениях родовспоможения;

- в возможности определения расчетных величин пожарного риска в зданиях учреждений родовспоможения;
- в разработке организационно-технических мероприятий, направленных на обеспечение безопасности беременных пациенток при пожаре.

**Методология и методы исследования.** Основу теоретических исследований составляла методология теории людских потоков, учитывающая психофизические закономерности связи между параметрами людских потоков. Обработка результатов экспериментальных исследований проводилась методами теории вероятностей и математической статистики, которые реализованы в работе с использованием компьютерных программ *Microsoft Excel* и *SPSS Software «Statistical Package for the Social Sciences»*. Моделирование динамики распространения опасных факторов пожара в здании проводилось при помощи программы *FDS (Fire Dynamic Simulator)*, моделирующей развитие пожара в помещениях по вычислительной гидродинамической модели теплопереноса при горении. Расчеты времени эвакуации людей из зданий проводились по программе для моделирования эвакуации в чрезвычайных ситуациях с учетом возможности спасения людей *«Pathfinder»*, которая позволяет выполнить расчет времени эвакуации и времени существования скоплений по индивидуально-поточной модели движения.

**Материалы диссертации реализованы при разработке:**

- при разработке изменения № 2 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;
- методических рекомендаций по повышению пожарной безопасности беременных пациенток акушерского отделения ОГБУЗ «Вяземская центральная районная больница», расположенного по адресу: Смоленская область, г. Вязьма, ул. Комсомольская, д. 29;

– методических рекомендаций по повышению пожарной безопасности беременных пациенток учреждения родовспоможения, расположенного по адресу: Чеченская Республика, город Грозный, бульвар Султана Дудаева, дом 16а;

– второго издания учебного пособия «Эвакуация и поведение людей при пожарах», имеющего гриф «Допущено Министерством Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий в качестве учебника для высших образовательных учреждений» (М.: Академия ГПС МЧС России, 2015 г.).

### **Положения, выносимые на защиту:**

– особенности формирования времени начала эвакуации в зданиях учреждений родовспоможения;

– закономерности связи между параметрами поточного движения беременных пациенток учреждений родовспоможения, способных к самостоятельной эвакуации, при их движении по различным эвакуационным путям и выходам;

– установленное влияние эмоционального состояния беременных пациенток учреждений родовспоможения на скорость свободного движения;

– требования к проектированию путей эвакуации в учреждениях родовспоможения для обеспечения безопасной эвакуации беременных пациенток при пожаре.

**Степень достоверности и апробация результатов.** Достоверность представленных в диссертации результатов достигалась:

– организацией натуральных наблюдений и экспериментальных исследований поведения беременных пациенток учреждений родовспоможения по методологии теории людских потоков, многократно апробированной в предшествующих исследованиях;

– использованием статистических методов анализа выборочных совокупностей для оценки репрезентативности выборок и возможности (невозможности) их объединения для получения совокупности эмпирических

данных, отражающих основные характеристики генеральной совокупности (всего было получено более 1 тыс. замеров);

– высокими показателями корреляционной связи между данными экспериментальных исследований и положениями теории людских потоков.

Основные результаты работы доложены на: XIX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистрантов, аспирантов и молодых учёных (г. Москва, МГСУ, 2016 год); IV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием «Проблемы обеспечения безопасности при ликвидации последствий чрезвычайных ситуаций» (г. Воронеж, ФГБОУ ВО Воронежский институт ГПС МЧС России, 2015 год); XX Международной межвузовской научно-практической конференции студентов, магистров, аспирантов и молодых ученых «Строительство – формирование среды жизнедеятельности» (г. Москва, МГСУ, 2017 год); II Межвузовской научно-практической конференции «Актуальные вопросы естествознания» (г. Иваново, ФГБОУ ВО Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, 2017 год), VIII Международной научно-практической конференции «Актуальные проблемы пожарной безопасности, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций» (Республика Казахстан, г. Кокшетау, Кокшетауский технический институт КЧС МВД Республики Казахстан, 2017 год); конференции школы молодых ученых и специалистов МЧС России (г. Иваново, ФГБОУ ВО «Ивановская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России», 2017).

**Публикации.** По теме диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 4 – в рецензируемых научных изданиях из перечня ВАК для публикации основных научных результатов диссертации на соискание ученой степени кандидата технических наук.

**Структура и объем работы.** Диссертация состоит из введения, четырех глав, заключения, списка литературы из 100 наименований и приложения. Содержание работы изложено на 148 страницах текста, включает в себя 47 таблиц, 54 рисунка.

# ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ПРОБЛЕМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОЙ ЭВАКУАЦИИ ПАЦИЕНТОК В УЧРЕЖДЕНИЯХ РОДОВСПОМОЖЕНИЯ

## 1.1. Функциональные основы проектирования учреждений родовспоможения

В настоящее время для улучшения демографической обстановки в стране активно ведется строительство учреждений родовспоможения. Согласно статистическим данным, в России за 2017 г. родилось около 1,7 млн детей [3] и, естественно, что женщины и новорожденные являлись пациентами таких учреждений.

Согласно Методическим рекомендациям 173-ПД/707 [4] учреждениями родовспоможения являются учреждения, занимающиеся организацией лечебно-профилактических мероприятий, направленных на охрану здоровья женщин во время беременности, родов и в послеродовой период.

Сейчас вполне естественно, что перинатальный период женщины (т.е. период внутриутробной жизни плода) является отдельным направлением медицинской науки, для решения задач которой создаются отдельные современные медицинские комплексы. Однако так было далеко не всегда. В отечественных источниках первое упоминание об отдельном помещении для родов – прототипе операционного зала учреждения родовспоможения, было связано с русской баней. XVIII век явился периодом становления акушерства в России, Англии, Голландии, Германии, Франции и других странах. Лишь в 1764 г. по указу Екатерины II был открыт Воспитательный дом и при нем Родовспомогательное отделение, в составе которого было организовано первое в Москве специализированное учреждение – «Родильный госпиталь». Первое в России родовспомогательное и вместе с тем образовательное учреждение – третий родильный госпиталь на 20 коек (ныне Институт акушерства и гинекологии РАМН им. Отта) был открыт в 1797 г. в Петербурге по инициативе

императрицы Марии Федоровны. Количество таких учреждений постепенно увеличивалось, однако коечный фонд для страны был невелик (около 7000 койко-мест к 1913 году). Изначально родовспомогательные учреждения предназначались для женщин из беднейших слоев населения, многие пользовались услугами повивальных бабок на дому [5].

После революции 1917 г. происходит разрушение сложившейся системы родовспоможения. На IV всероссийском съезде здравоохранения в декабре 1922 г. был поднят вопрос о введении уголовной ответственности за незаконное врачевание. С этого времени вместо родильных приютов в стране развернулось грандиозное строительство родильных домов для всех женщин без исключения. Уже к 1960 году по Советскому Союзу насчитывалось более 200 тысяч родильных коек (30-кратное увеличение количества коек по сравнению с царской Россией). Однако проблемных вопросов оставалось немало:

- предусматривалось только отдельное пребывание матери и ребенка;
- почти каждое второе учреждение было открыто в зданиях различного функционального назначения (к примеру, в учебных зданиях), то есть не приспособленных для родовспоможения;
- не соблюдался санитарно-эпидемиологический режим, вследствие смешанного движения потоков различных отделений пациенток, новорожденных, персонала;
- число пациенток в палатах превышало нормативную величину из-за недостатка койко-мест.

В связи с этим в последующие годы пристальное внимание советских архитекторов было направлено на разработку основных функциональных требований к формированию объемно-планировочной структуры родильного дома [6]. Медико-технические требования к условиям организации родовспоможения, а также к условиям пребывания беременных, рожениц, родильниц и новорожденных архитектор А.П. Моисеенко выделяет как основные для определения оптимальной объемно-планировочной структуры здания учреждения родовспоможения. Уже в начале 80-х годов прошлого столетия

сделан вывод о том, что необходимо совершить переход от типового проектирования всего здания к типовому проектированию его составных элементов [6]. Осуществление такого решения стало возможным с помощью формирования трехуровневой системы оказания акушерской помощи [4], которая действует в настоящее время в нашей стране (рисунок 1.1).



Рисунок 1.1 – Трехуровневая схема оказания акушерской помощи

Уровни дифференцированы в зависимости от объема оказания помощи беременным и новорожденным различного уровня перинатального и акушерского риска. Организационные формы акушерских стационаров зависят от конкретных характеристик расселения [4]:

- 1-й уровень: акушерские боксы при участковых больницах, акушерские отделения на 15, 20, 30 коек при центральных районных больницах, муниципальные и межрайонные родильные дома на 40, 60, 100 коек;
- 2-й уровень: межрайонные и городские родильные дома на 60, 100, 130, 150, 200 коек;
- 3-й уровень: зональные и региональные перинатальные центры на 100, 130, 150, 170, 210, 250 коек.

Различие уровней учреждений родовспоможения обуславливает различие их функциональной структуры, которая разделяется на блоки: амбулаторно-поликлинический, стационарный, вспомогательных подразделений, хозяйственной службы. Подразделения, в которых преимущественно пребывают пациентки и новорожденные, относятся к амбулаторно-поликлиническому и стационарному блокам (таблица 1.1).

Таблица 1.1 – Структурные подразделения амбулаторно-поликлинического и стационарного блоков учреждений родовспоможения разного уровня [4]

Ориентировочный набор подразделений	1-й уровень	2-й уровень	3-й уровень
<b>Амбулаторно-поликлинический блок</b>			
Женская консультация	+	–	–
Консультативно-диагностическое отделение для женщин	–	+	–
Консультативно-диагностическое и реабилитационное отделение (центр) для женщин	–	–	+
Консультативно-диагностическое отделение (центр) динамического наблюдения и реабилитации детей раннего возраста*	–	–	+
Отделение вспомогательных репродуктивных технологий*	–	–	+
<b>Входная группа помещений, общая для амбулаторно-поликлинического и стационарного блоков</b>			
<b>Стационарный блок</b>			
Родильное отделение	+	+	+
Отделение реанимации и интенсивной терапии женщин (ОРИТ)	–	+	+
Операционный блок	+	+	+
Послеродовое отделение	+	+	+
Отделение патологии беременности	–	+	+
Гинекологическое отделение*	+	+	+
Отделение реанимации и интенсивной терапии новорожденных (1-й этап выхаживания) (ОРИТН)	–	+	+
Отделение патологии новорожденных и выхаживания недоношенных (2-й этап выхаживания)	–	–	+
Отделение хирургии новорожденных *	–	–	+

\* Отмеченные подразделения не являются обязательными для включения в структуру учреждения родовспоможения.

В правилах проектирования медицинских зданий и помещений медицинских организаций [7] произведен переход от классификации по функциональной пожарной опасности всего здания к классификации отделений и групп помещений больниц (таблица 1.2).

Таблица 1.2 – Классификация по функциональной пожарной опасности (ФПО) отделений и групп помещений больниц по нормативному документу [7]

Тип	Подразделения	Группы помещений/ отделения	Класс ФПО
А	Отделения, предназначенные для госпитализации или проживания	Отделения реанимации и интенсивной терапии, отделение выхаживания новорожденных, родовые отделения, операционные отделения, приемные отделения, палатные отделения, жилые группы домов престарелых и интернатов для инвалидов и т.д.	Ф1.1
Б	Отделения, предназначенные для посещения амбулаторными или стационарными пациентами	Поликлиники, консультации, отделения диагностики, отделения восстановительного лечения, переливания крови, дневные стационары, отделения экстракорпорального оплодотворения и т.д.	Ф3.4
Тип Е – отделения, в которые доступ пациентов не предусматривается			
Е1	Вспомогательные подразделения	Клинико-диагностические лаборатории, патолого-анатомические отделения, центральные стерилизационные отделения, внутрибольничные аптеки, медицинские архивы	Ф5.1 Ф5.2
Е2	Хозяйственные подразделения	Пищеблоки, прачечные дезинфекционные отделения, помещения хранения (центральные бельевые и др.), участки обработки отходов, эксплуатационные мастерские, закрытые стоянки автотранспорта	Ф5.1 Ф5.2
Е3	Административно-бытовые подразделения, клинические кафедры	Администрация, конференц-залы, столовые персонала, гардеробные персоналами др.	Ф4.2 Ф4.3

В зависимости типа зон установлена максимальная численность людей, эвакуирующихся из них [7]:

для зон типа А – число коек в отделении, умноженное на 1,5;

для зон типа Б – 1 чел. на 10 м (врачебные и диагностические кабинеты),

– 1 чел. на 3 м (ожидальные);

для зон типа Е – штатное число персонала,

– 1 чел. на 6 м (административные помещения);

для зон типа Г – по числу мест (конференц-залы, столовые, аудитории и т.д.);

для зон типа Д – 1 чел. на 3 м (для посетителей).

Как правило, при нормальном течении беременности, медицинская помощь оказывается амбулаторно, с посещением учреждений периодически, без закрепления койко-мест. При соответствующих медицинских показаниях, не способствующих амбулаторному лечению, беременных женщин помещают на стационарное. С целью размещения в них пациенток создаются палатные отделения, которые занимают больше 50 % рабочей площади зданий учреждений родовспоможения и являются определяющими в плане выбора конструктивной схемы здания. Палатное отделение – это основной функциональный элемент стационара. В нем осуществляется диагностика, лечение, наблюдение и уход за больными с однородными заболеваниями. Палатные отделения стационаров проектируются из одной или нескольких палатных секций и общих помещений отделения.

Как правило, в состав стационара учреждения родовспоможения могут входить следующие виды палатных отделений:

- послеродовые,
- патологии беременности,
- гинекологические,
- неонатальные.

Отделения патологии беременности предназначаются для дородовой госпитализации и лечения беременных с сопутствующими заболеваниями и

осложнениями беременности. Они аналогичны неинфекционным палатным отделениям многопрофильных больниц по своей структуре и набору помещений, и включают в себя палаты на 1–4 койки, палаты интенсивной терапии, посты дежурных медицинских сестер, процедурные, смотровые, малые операционные, специализированные, служебные, вспомогательные и общие помещения.

Гинекологические отделения предназначены для пациенток с гинекологическими заболеваниями, в том числе беременных пациенток в первой половине беременности (1, 2 триместре). В состав гинекологического отделения рекомендуется включать помещения аналогично отделению патологии, а также боксированную палату – изолятор, перевязочную, не менее 2-х малых операционных, кабинет УЗИ. Гинекологические отделения должны планировочно выделяться, а движение его пациенток не должно пересекаться с движением беременных и рожениц.

Послеродовые отделения предназначены для осуществления лечения, наблюдения и ухода за родильницами и новорожденными. В послеродовых палатных отделениях предусмотрены следующие виды размещения матери и ребенка: совместное, раздельное с привозом ребенка в палату матери, раздельное с посещением матери ребенка.

В отделении новорожденных медицинской организации акушерского профиля (неонатальное) создаются структурные подразделения, в которых осуществляется уход за новорожденными и обеспечивается совместное пребывание матери и ребенка при оказании медицинской помощи новорожденным в период от рождения до полных 28 суток жизни.

При совместном пребывании матери и ребенка эвакуацию пациентка совершает совместно со спасением своего ребенка. При раздельном их пребывании спасение новорожденных является задачей медперсонала, численность которого должна быть достаточной для обеспечения своевременной эвакуации из здания.

Совокупность изложенных выше данных позволяет составить классификацию пациентов учреждения по мобильности (рисунок 1.2).

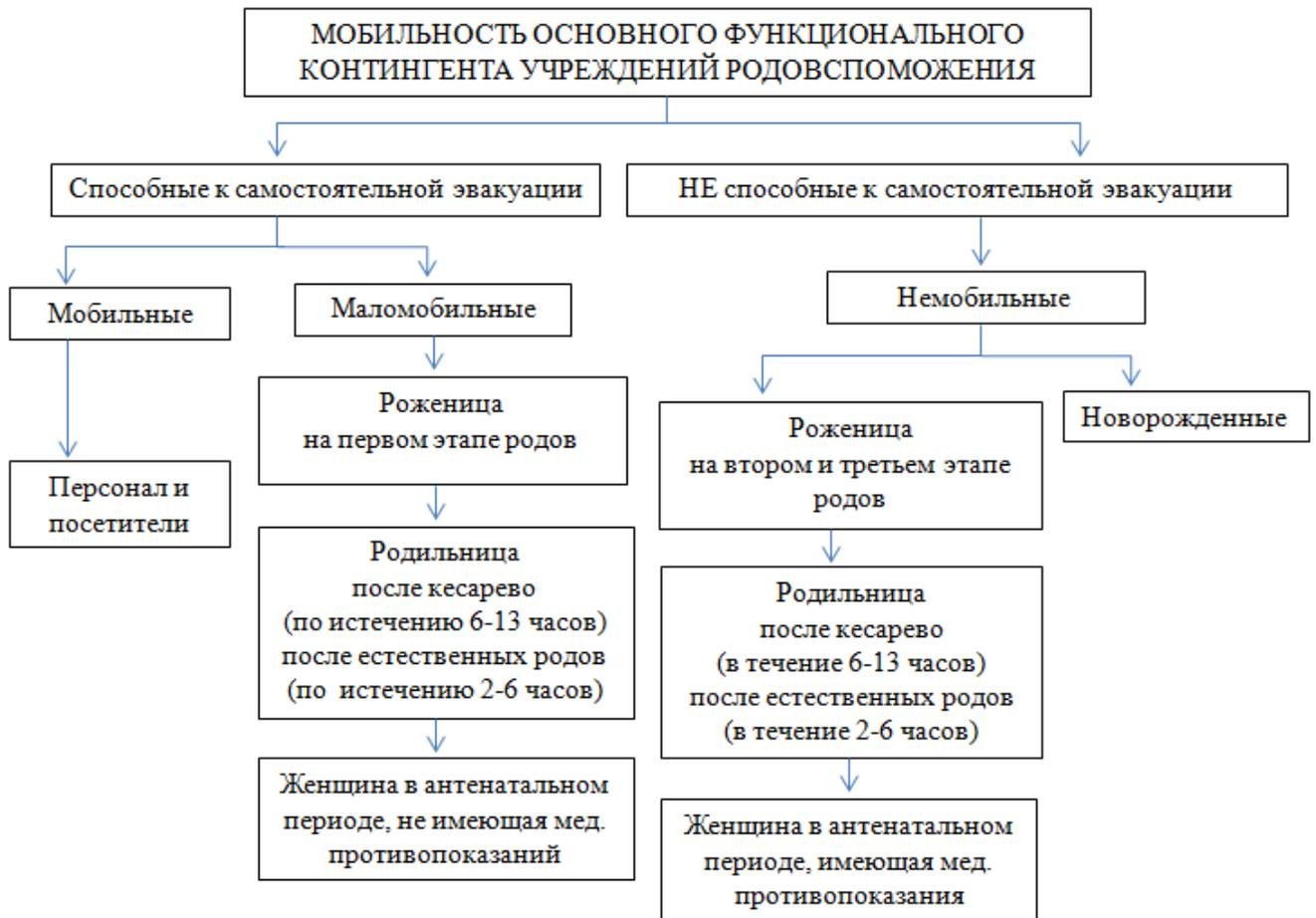


Рисунок 1.2 – Мобильность основного функционального контингента учреждений родовспоможения

Согласно нормативному документу по проектированию зданий и помещений медицинских организаций [7] планировочные решения палатных отделений, с одной стороны, должны быть достаточно компактными для сокращения маршрутов персонала, с другой стороны, размеры и конфигурация рекреаций внутри палатных секций должны обеспечивать потребность пациентов в продолжительной ходьбе. Однако с целью пожарной безопасности пациенток учреждений родовспоможения необходимо минимизировать расстояние пути эвакуации до выхода из здания или в безопасную зону.

Планировочная структура здания учреждения должна обеспечить как пожарную безопасность людей, защиту от внутрибольничных инфекций, так и последовательность технологических процессов, оптимизацию путей движения основных потоков персонала, больных, больничных грузов с целью минимизации их протяженности и удобства больных, посетителей и персонала.

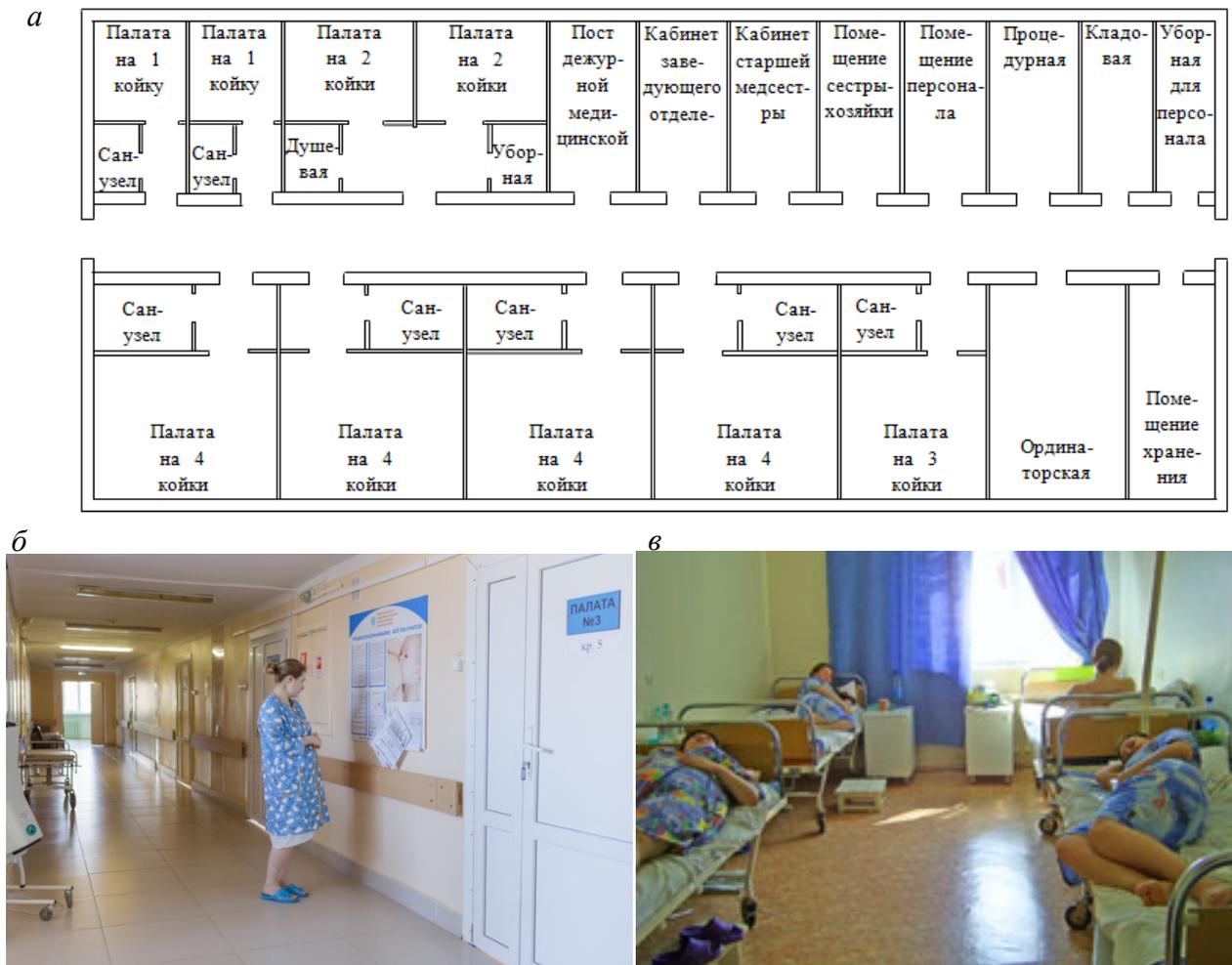


Рисунок 1.3 – Палатное отделение учреждения родовспоможения:  
*а* – план этажа; *б* – коридор в дневное время; *в* – палата на 4 койки

Анализ практики проектирования палатных отделений показывает, что, как правило, все конструктивно-планировочные элементы формируются по коридорной планировочной схеме (рисунок 1.3). Это обеспечивает удобство размещения вспомогательных помещений и коммуникаций, обслуживания пациенток и обзора палат с поста дежурной медсестры.

Ввиду того, что стационар учреждения родовспоможения включает в себя отделения с наибольшим количеством наименее мобильных людей: новорожденных, рожениц, родильниц, в том числе после операций, с их пребыванием как в ночное, так и в дневное время, он является наиболее сложным в плане обеспечения безопасности людей в учреждениях родовспоможения и

именно в нем будут проводиться экспериментальные исследования процесса эвакуации основного функционального контингента.

## **1.2. Проблемы нормирования требований пожарной безопасности к путям эвакуации учреждений родовспоможения**

Действующими на сегодня нормами пожарной безопасности предъявляется значительный объем требований к учреждениям родовспоможения. Нормами устанавливаются требования к проездам пожарной техники и противопожарным разрывам между зданиями [9], к наружному и внутреннему противопожарному водопроводу [8, 10], к высоте, этажности, степени огнестойкости, классу конструктивной пожарной опасности [11], к противодымной защите [12], автоматическим установкам пожаротушения [13], доступу [9] и дислокации подразделений пожарной охраны [14], к эвакуационным путям и выходам [15] и многим другим элементам архитектуры и системам.

Тем не менее, несмотря на значительные затраты сил и средств на обеспечение пожарной безопасности, в зданиях медицинских учреждений при пожарах гибнут люди. Это связано с тем, что пациенты не успевают приступить к эвакуации или, приступив, не могут завершить ее до наступления предельно допустимых значений опасных факторов пожара. Математически это можно выразить следующим образом:

$$t_{\text{нэ}} > t_{\text{бл}} \quad (1.1)$$

$$t_{\text{нэ}} < t_{\text{бл}} < t_{\text{нэ}} + t_{\text{р}}, \quad (1.2)$$

где  $t_{\text{нэ}}$  – время начала эвакуации, мин.;

$t_{\text{бл}}$  – время блокирования путей эвакуации, мин.;

$t_{\text{р}}$  – расчетное время эвакуации людей, мин.

Вполне очевидно, что параметры движения детей, беременных женщин, инвалидов и пожилых людей различны, поэтому установление единых требований для всех этих групп людей некорректно (рис. 1.4) [15].

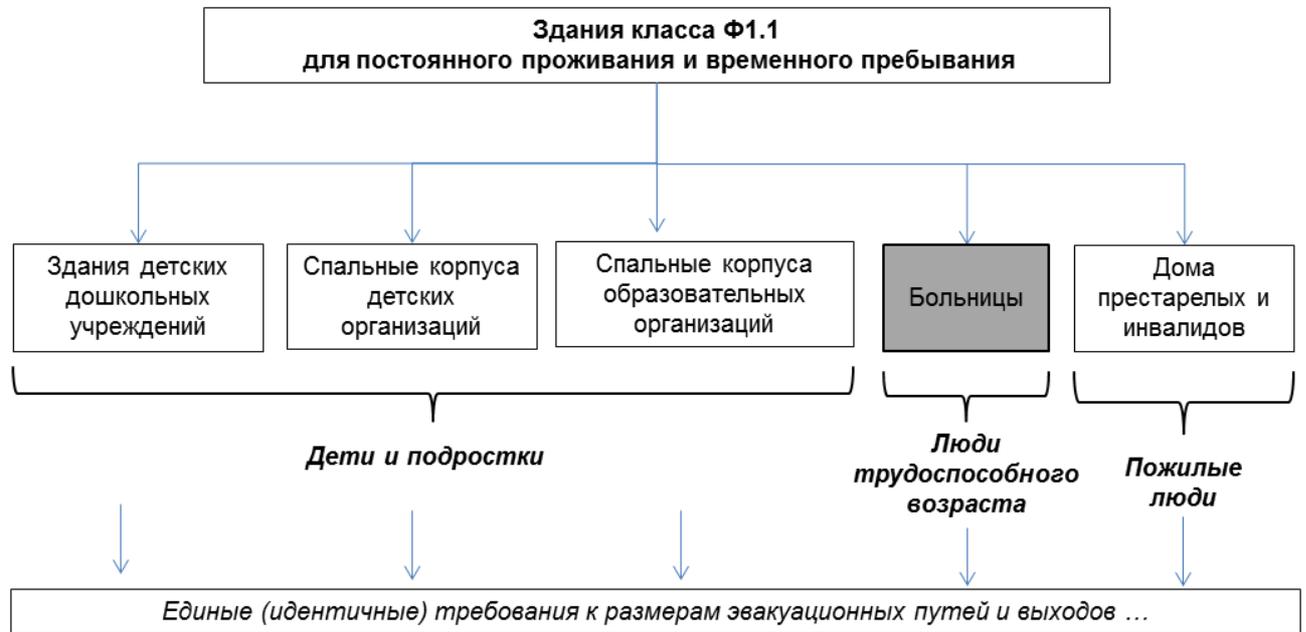


Рисунок 1.4 – Основной функциональный контингент зданий класса Ф1.1 [15]

Нормирование максимального расстояния по путям эвакуации производится до выхода наружу или на лестничную клетку (п. 2.2.23 [15]). Очевидно, что, дойдя по коридору до лестничной клетки, эвакуирующийся не попадает в безопасную зону, а лишь переходит на очередной участок движения, где может быть подвержен опасным факторам пожара. Поэтому длину пути эвакуации по лестничным клеткам без противодымной защиты также следует нормировать. Хотя, к примеру, для учреждений торговли в расчете протяженности путей эвакуации учтена длина лестницы (пункт 7.2.1 [15]).

Защищать пути эвакуации для обеспечения безопасности людей возможно путем устройства систем противодымной защиты и автоматических систем пожаротушения. Рассматривая системы противодымной защиты, следует отметить, что они, в соответствии с [12], требуются только для зданий повышенной этажности и для коридоров без естественного проветривания в зданиях с числом этажей два и более (рисунок 1.5).

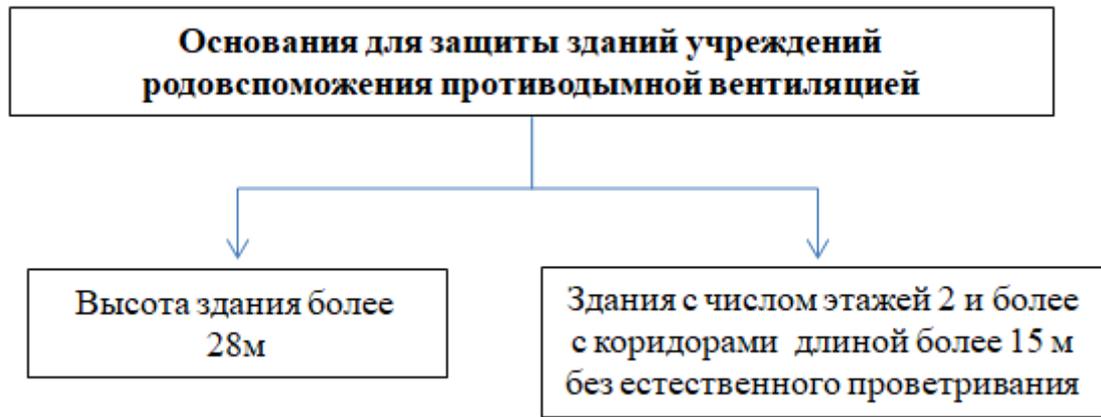


Рисунок 1.5 – Основания для защиты учреждений родовспоможения противодымной вентиляцией [12]

Под устройством естественного проветривания для коридоров при пожаре понимается проектирование проемов в наружных ограждениях на высоте не менее 2,5 м, ширина которых должна составлять не менее 1,6 м на каждые 30 м длины коридора. Однако данная формулировка вызывает несколько принципиальных вопросов:

– высота коридора в учреждениях родовспоможения составляет около 3 м, хватит ли фрамуги размерами 1,6×0,5 м для обеспечения естественного проветривания?

– что делать, если ширина коридора менее 1,6 м?

– как быть, если коридор длиной более 30 м?

Более того, защитой противодымной вентиляцией полностью не охваченными оказались многочисленные учреждения родовспоможения 3-го уровня оказания акушерской помощи.

Обеспечить безопасность основного функционального контингента здания можно посредством устройства системы автоматического пожаротушения [13] (рисунок 1.6).

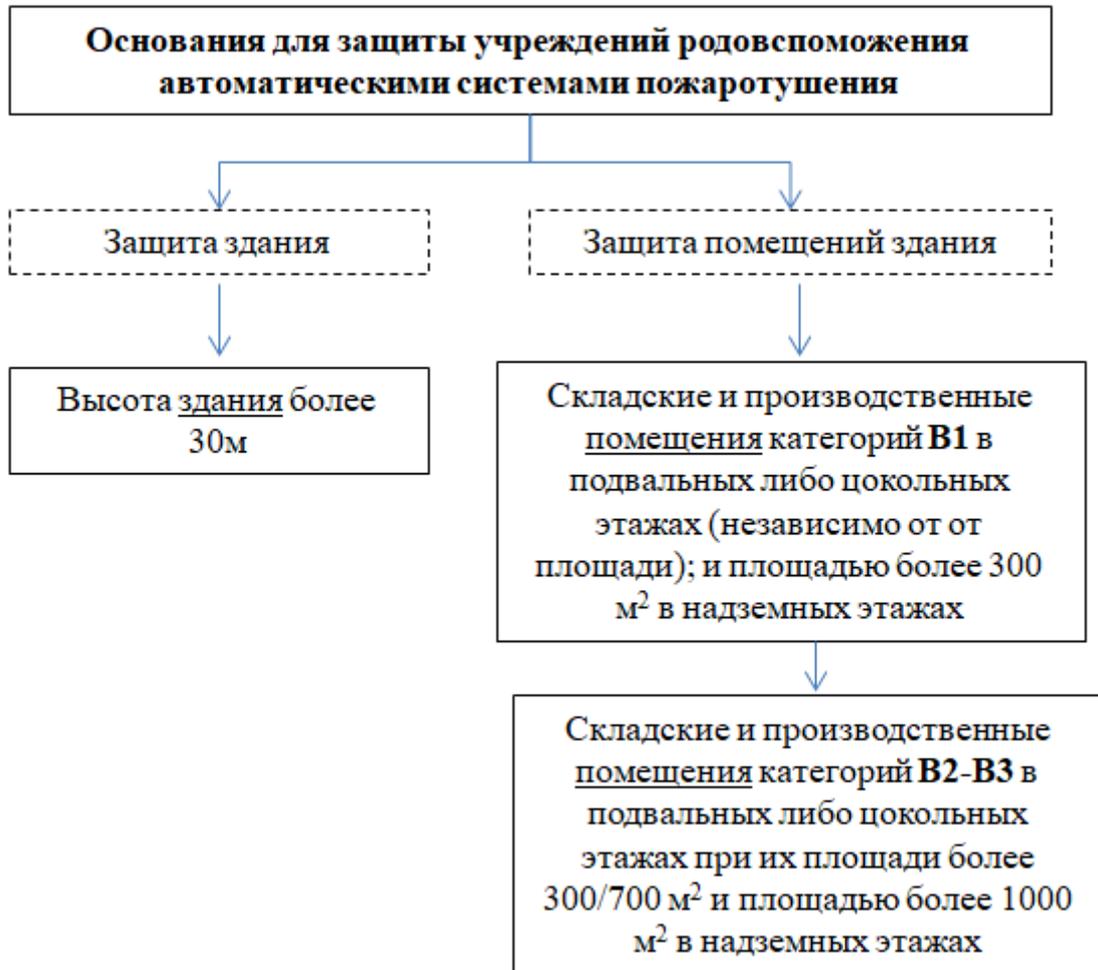


Рисунок 1.6 – Основания для защиты учреждений родовспоможения автоматическими установками пожаротушения [13]

Перечень оснований для защиты, приведенных на рисунке 1.6, очень четко показывает, что критерием для защиты зданий автоматическими установками пожаротушения является не состояние основного функционального контингента и даже не необходимость защиты путей эвакуации, а физико-химические свойства обращающихся в помещениях материалов и особенности тактики тушения пожара.

Таким образом, можно говорить о том, что автоматические системы спроектированы без учета особенностей основного функционального контингента и не защищают ни людей, ни их пути эвакуации. Более того, не установлена и не нормирована взаимосвязь между размерами эвакуационных путей и наличием технических средств защиты, хотя такая взаимосвязь, очевидно, есть. Она реализована, к примеру, в нормах США (таблицы 1.3–1.4).

Таблица 1.3 – Нормируемая ширина эвакуационных путей и выходов в учреждениях здравоохранения в соответствии с NFPA 101 «Life Safety Code» (пункт 7.3.3.1) [16]

Вид пути	Ширина участка пути, мм/чел	
	Участок пути защищен АУПТ	Участок пути НЕ защищен АУПТ
Лестница	7,6	15
Двери, коридоры, пандусы	5	13

Таблица 1.4 – Нормируемая протяженность путей эвакуации в учреждениях здравоохранения в соответствии с NFPA 101 «Life Safety Code» (пункт А7.6) [16]

Участок коридора	Протяженность, м	
	Участок пути защищен АУПТ	Участок пути НЕ защищен АУПТ
Между лестничными клетками	61	45
Тупиковый	9,1	9,1

Подводя итоги, следует отметить несовершенство существующей нормативной базы, искаженную концепцию применения систем противодымной защиты и автоматических установок пожаротушения, а также, что самое главное, отсутствие данных для обоснованного нормирования требований к путям эвакуации в учреждениях здравоохранения.

### 1.3. Анализ истории формирования теории людских потоков

Проектирование структуры и размеров эвакуационных путей и выходов – первостепенная задача для организации беспрепятственной и своевременной эвакуации людей при пожаре. Для обоснованного нормирования размеров путей эвакуации и обеспечения безопасности людей начиная с 20-х годов прошлого века как в нашей стране, так и за рубежом начались исследования в этой области.

Одной из первых работ в данном направлении стало учебное пособие по пожарной профилактике, изданное в 1931 г. под авторством В.А. Эллисона [17]. Им произведен анализ психологической реакции людей при пожаре, рассмотрено такое явление как паника. Исследования были проведены в зданиях общественного назначения (театрах, цирках, зрительных залах) и промышленных предприятиях. В результате, движение людей разделено на 4 категории: медленное, ускоренное, быстрое, паническое, в соответствии с которыми получены первые экспериментальные значения пропускной способности эвакуационных путей и выходов и скорости движения.

Людской поток исследователь представлял в виде людей, проходящих в ряд мимо наблюдателя. Расчет пропускной способности участка пути при медленном движении людей осуществлялся следующим образом: число людей, проходящих мимо наблюдателя в один ряд в минуту, составляло 45–50 (установленный диапазон для указанной категории движения). При нахождении по два человека в ряду (на каждого человека в ряду 0,5 м) и ширине выхода 1 м за минуту проходит 90–100 человек. Однако отмечено, что такой расчет обычно не сходится с практикой. Полученные значения пропускной способности эвакуационных путей и выходов и скорости движения в дальнейшем были использованы при определении предельного удаления посадочных мест в театрах, а также требуемой ширины выходов.

Малочисленность проведенных экспериментальных исследований, а также отсутствие каких-либо выявленных теоретических зависимостей на их основании обусловили проведение дальнейших исследований.

Работа профессора С.В. Беляева [18], изданная в 1938 г., заложила теоретические основы изучения движения людских потоков при эвакуации. Всего им было проведено около 200 замеров параметров движения людей для выявления особенностей процесса эвакуации.

В результате проведенных исследований выявлены основные параметры людского потока, такие как скорость –  $V$ , плотность –  $D$  и пропускная способность –  $Q$ , и сделан вывод о существовании зависимости пропускной

способности путей и скорости движения от плотности людского потока. Плотность потока обозначена в данном случае как линейная величина, которая определяется длиной элементарного потока, приходящейся на одного человека.

Экспериментально установлена зависимость параметров движения людских потоков: под воздействием увеличивающейся плотности скорость движения уменьшается для горизонтального вида пути до 17 м/мин; пропускная способность возрастает с увеличением плотности, доходит до максимального – 50 чел/мин и постепенно снижается с уменьшением плотности. Причем для целей нормирования было предложено принимать: значения скорости на 1 м/мин меньше полученных при натуральных наблюдениях, т.е. 16 м/мин для горизонтального пути, 8 м/мин – для лестницы вверх, 10 м/мин – для лестницы вниз; значения пропускной способности пути для одного элементарного людского потока не менее 25 чел/мин во всех случаях. Такой подход очень огрубляет процесс эвакуации людей и не отражает его динамики. Тем не менее, результаты указанных исследований легли в основу нормирования и были внедрены во Временные нормы строительного проектирования театров [19], разработанные в 1943 г.

Профессором С.В. Беляевым предложена методика расчета времени эвакуации из зданий массового назначения, где типовые случаи эвакуации представлены в графических схемах: ось ординат – длина пути, ось абсцисс – продолжительность эвакуации. Впоследствии этот метод был доработан и получил название графоаналитического (рисунок 1.7) [20–23].

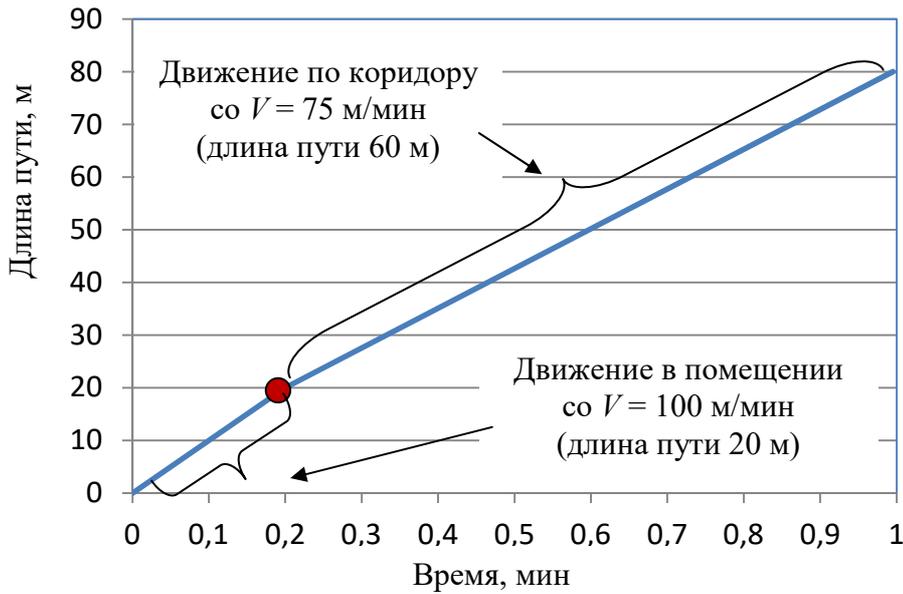


Рисунок 1.7 – Пример графического отображения движения людского потока в пределах помещения и далее по коридору

Проведение следующих исследований движения людских потоков стало возможно лишь в 1946 г. Сотрудниками ЦНИПО МВД СССР под руководством А.И. Милинского проведены натурные наблюдения людских потоков в 14 городах СССР в зданиях театров, учебных заведений, транспортных и промышленных предприятий и прочих общественных зданиях [20]. Объем полученных данных был гораздо масштабней, чем в предыдущих исследованиях – получено более 8 тысяч замеров, в результате чего сформированы выборки более чем из 6 тысяч замеров. Экспериментальные данные формировались на основе визуального метода наблюдений (рисунок 1.8).

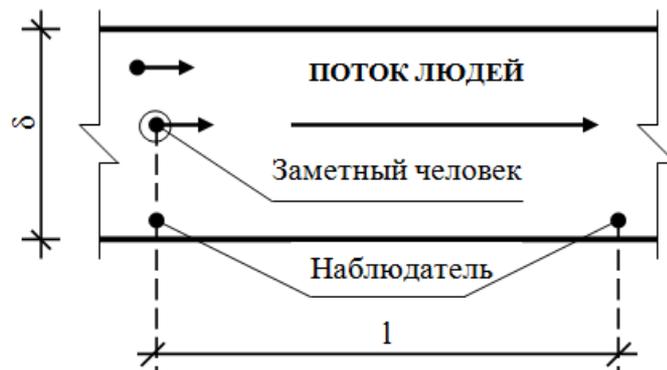


Рисунок 1.8 – Определение параметров движения людей визуальным методом

Плотность людского потока автором предложено выражать количеством людей на единицу площади, занимаемую им, или с учетом горизонтальной проекции составляющих его людей (формула 1.3). Принятие очертания площади горизонтальной проекции в виде эллипса позволило при определении плотности потока  $D$  учесть габариты взрослого человека в зависимости от надетой сезонной одежды. Проведено 148 обмеров людей различного возраста, которые показали, что средние значения для взрослых людей составляют:  $0,1 \text{ м}^2$  – в домашней одежде,  $0,113 \text{ м}^2$  – в демисезонной и  $0,125 \text{ м}^2$  – в зимней одежде.

$$D = (N \cdot f)/(b \cdot l), \quad (1.3)$$

где  $N$  – количество людей в потоке, чел;

$b \cdot l$  – площадь, занимаемая ими,  $\text{м}^2$ ;

$f$  – площадь горизонтальной проекции,  $\text{м}^2/\text{чел}$ .

В качестве максимально возможного значения плотности было принято значение  $0,92 \text{ м}^2$  на  $\text{м}^2$  независимо от размеров эллипса, хотя фактически оно может достигать и больших значений при достижении такого числа людей на  $\text{м}^2$ , при котором происходит сдавливание тел людей. Милинским А.И. отмечен диапазон плотности людского потока от  $7,3 \text{ чел}/\text{м}^2$  для взрослых, одетых в пальто, до  $23 \text{ чел}/\text{м}^2$  для детей в летних одеждах.

Также А.И. Милинским доработан графоаналитический метод расчета, особенностью которого предполагалась возможность учета планировки здания, плотности и скорости движения потоков людей на всех участках пути для любого момента времени. Для учета изменения плотности потока на последующем участке пути им предложено соотношение, которое впоследствии было признано некорректным:

$$D_2 = D_1 \cdot \delta_1 / \delta_2. \quad (1.4)$$

При известной плотности потока  $D_1$  на данном участке пути шириной  $\delta_1$  определить плотность  $D_2$  на последующем участке шириной  $\delta_2$  А.И. Милинский считал возможным через соотношение (1.4). Но при дальнейших исследованиях стало понятно, что данный расчет является неточным, так как из вышеуказанного равенства следует, что при равных участках пути, разделенных проемом,

плотности перед проемом и после будут равны, хотя пропускная способность проема может быть меньше пропускной способности предшествующего ему участка.

Получение закономерностей изменения параметров людского потока при движении через границы смежных участков пути и совершенствование графоаналитического метода являются заслугой профессора В.В. Предтеченского [21]. Сотрудниками Московского инженерного строительного института под руководством профессора В.В. Предтеченского были проведены натурные наблюдения движения людей перед проемами или сужениями пути, на основании результатов которых совместно с анализом исследований ВНИИПО было получено соотношение (1.5), описывающее взаимосвязь смежных участков пути и их влияние на движение людей в потоке. Для получения количественных и качественных характеристик процесса эвакуации впервые применен фотокинемометод, пришедший впоследствии на замену визуальному.

$$q_i = q_{i+1} \cdot b_{i+1} / b_i, \quad (1.5)$$

где  $q_i$ ,  $q_{i+1}$  – интенсивность движения людского потока на предыдущем и последующем участках, м/мин;  $b_i$ ,  $b_{i+1}$  – ширина предыдущего и последующего участков, м.

Впоследствии сделан вывод о том, что беспрепятственность движения людских потоков будет обеспечиваться при равенстве пропускной способности на всех элементах пути. Впервые введено такое понятие, как интенсивность движения людского потока, не зависящее от ширины пути, которое «характеризует кинетику процесса движения людского потока» [22, 23]:

$$q_i = V_i \cdot D_i, \quad (1.6)$$

где  $V_i$  – скорость движения людского потока, м/мин;  $D_i$  – плотность людского потока, чел/м<sup>2</sup> или м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>.

Движение людского потока стало возможным рассматривать как единое целое, так как ученым были получены выражения для определения параметров потока на каждом последующем участке пути по параметрам каждого на

предшествующем. Установлены закономерности, описывающие параметры движения людских потоков при их слиянии, скоплении, разуплотнении, переформировании и растекании в процессе движения [23]. Была получена весьма представительная база данных (рисунок 1.9).

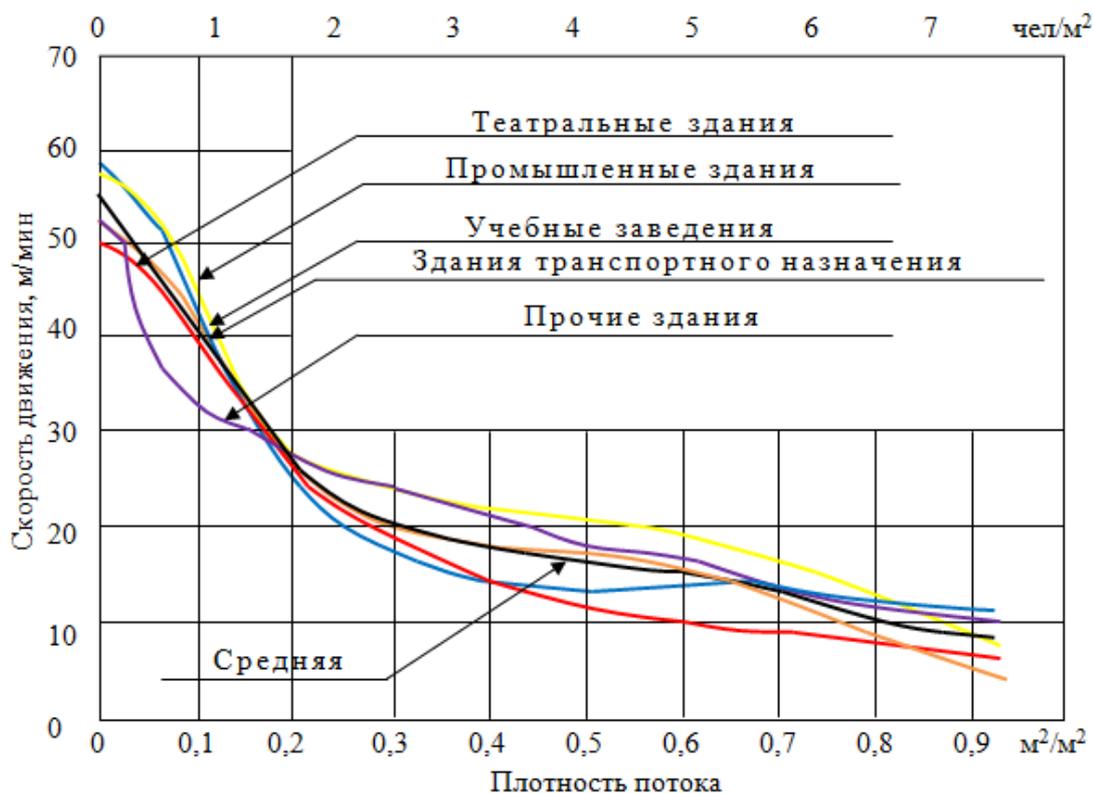


Рисунок 1.9 – Сводный график средних скоростей на горизонтальном пути в зданиях различного назначения [20]

В результате проведенных исследований предложен метод, позволяющий рассчитывать движение как в нормальных условиях по средним значениям  $V$ , так и при вынужденной эвакуации (с учетом коэффициентов условий движения) – усовершенствована графоаналитическая методика расчета. Также для всех видов путей определена величина интенсивности движения людского потока в зависимости от его плотности.

Проблема выявления закономерностей движения людских потоков в зависимости от назначения здания стояла перед учениками В.М. Предтеченского. Целью исследовательской работы В.А. Калинцева [24] явилась попытка на основе обобщения исследовательских работ в области движения людских потоков и

зрительного восприятия, а также на основе натуральных наблюдений дать объективные критерии проектирования залов кинотеатров. Им совместно с Т.А. Тарасовой [21] впервые была применена методика проведения натуральных наблюдений за процессом движения людских потоков при помощи кино- и фотосъемки. Применение данной методики увеличило точность исследований.

Вопросы удобства размещения зрителей, а также их безопасной эвакуации с учетом движения людских потоков исследовал в своей работе Р.М. Дувидзон [25]. Им были проведены натурные наблюдения за параметрами движения людей на трибунах стадионов, крытых спортивных сооружений, а также во вспомогательных помещениях, всего в 23 типах планировочных решений.

Актуальными стали исследования движения людских потоков в зданиях и сооружениях различного функционального назначения, а также на прилегающих территориях: в высотных зданиях [26, 27], в городских узлах [28], на вокзалах и прилегающих территориях [29], в транспортно-коммуникационных сооружениях [30], в зрелищных сооружениях [31, 32], в производственных [33] и школьных зданиях [34]. Проведены исследования движения длительно существующих людских потоков [35], переформирования людских потоков на участках ограниченной длины [36], параметров движения людей при вынужденной эвакуации [37].

Выделить можно отличающуюся своей уникальностью работу, выполненную В.А. Копыловым [37]. Им был разработан трансформируемый манеж (рисунок 1.10), на котором впервые исследовано движение людских потоков в аварийных условиях, т.е. при высоких плотностях и при повышенном эмоциональном состоянии людей, участвующих в эксперименте, при различных сочетаниях ширин смежных участков пути.

В результате проведенных исследований установлен физический предел плотности –  $11,6 \text{ чел/м}^2$  для людей в зимней одежде,  $9,3 \text{ чел/м}^2$  – в пальто. Установлены параметры движения через дверной проем, используемые в нормах в настоящее время (например, коэффициент  $m$ , описывающий замедление движения в створе проема при плотности более  $5 \text{ чел/м}^2$ ).

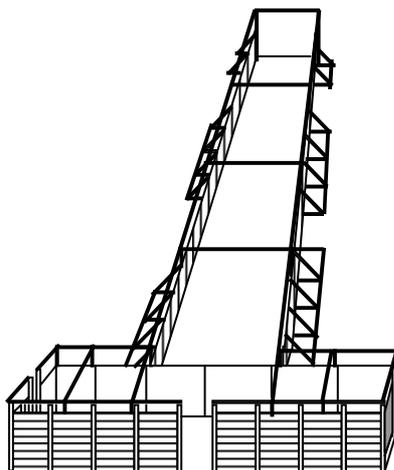


Рисунок 1.10 – Трансформируемый манеж, используемый  
в исследованиях В.А. Копылова [37]

При высоких плотностях людского потока (около  $5 \text{ чел/м}^2$ ) выявлено образование людьми так называемой арки, за счет чего сужается ширина проема. На основании полученных данных рекомендовано устраивать ширину проема не менее 1,2 м для зданий с массовым пребыванием людей. Также установлено, что в проеме шириной более 1,6 м не образуются «арки», вызывающие «закупоривание» дверного проема.

Благодаря данным исследовательским работам, проведенным В.М. Предтеченским, а также его учениками, был сделан новый шаг в понимании процессов движения людских потоков, получена значительная эмпирическая и теоретическая база, но не были установлены закономерности, определяющие процесс движения людского потока, которые могли бы стать основой для построения теории движения людских потоков.

Новым этапом в развитии теории движения людских потоков стало получение аргументированных методов построения зависимости между параметрами их движения. В.В. Холщевниковым в результате исследований [38] на основе ранее полученных данных (рисунок 1.11) выявлен вид психологических и физиологических закономерностей, связывающий скорость движения людского потока с его плотностью, в зависимости от эмоционального состояния, при движении по различным видам пути [39]. Им был сделан вывод о том, что

влияние раздражителя (плотности) на сенсорную систему человека, проявляющееся изменением скорости его движения, наиболее точно возможно описать с помощью основного психофизического закона Вебера – Фехнера (1.7):

$$\bar{V}_{D_j}^{\varepsilon} = \bar{V}_{0j}^{\varepsilon} \left( 1 - a_j \ln \frac{D_j}{D_{0j}} \right), \quad (1.7)$$

где  $\bar{V}_{0j}^{\varepsilon}$  – случайная величина скорости свободного движения (при отсутствии влияния окружающих людей  $D < D_0$ ), зависящая от вида пути ( $j$ ) и уровня эмоционального состояния ( $\varepsilon$ ) людей, м/мин;

$a_j$  – коэффициент, определяющий степень влияния плотности потока при движении по  $j$ -му виду пути на скорость движения;

$D_j$  – текущее значение плотности потока, чел/м<sup>2</sup>;

$D_{0j}$  – пороговое значение плотности потока, по достижении которого плотность становится фактором, влияющим на скорость движения, чел/м<sup>2</sup>.

Таким образом, случайная величина скорости людского потока при его плотности  $D$  является произведением случайной величины скорости свободного движения людей на неслучайную функцию  $f(D) = 1 - a_j \ln \frac{D_j}{D_{0j}}$ .

Для определения случайной величины скорости свободного движения была разработана методика, в основе которой лежит теория распределения крайних членов выборки на основе двойного показательного закона.

Результаты работы [38] были внедрены в отечественное нормирование: изначально в противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений [40], затем в ГОСТ 12.1.004-91 [41], в настоящее время в Приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 [42] и в Приказ МЧС РФ от 10.07.2009 № 404 [43].

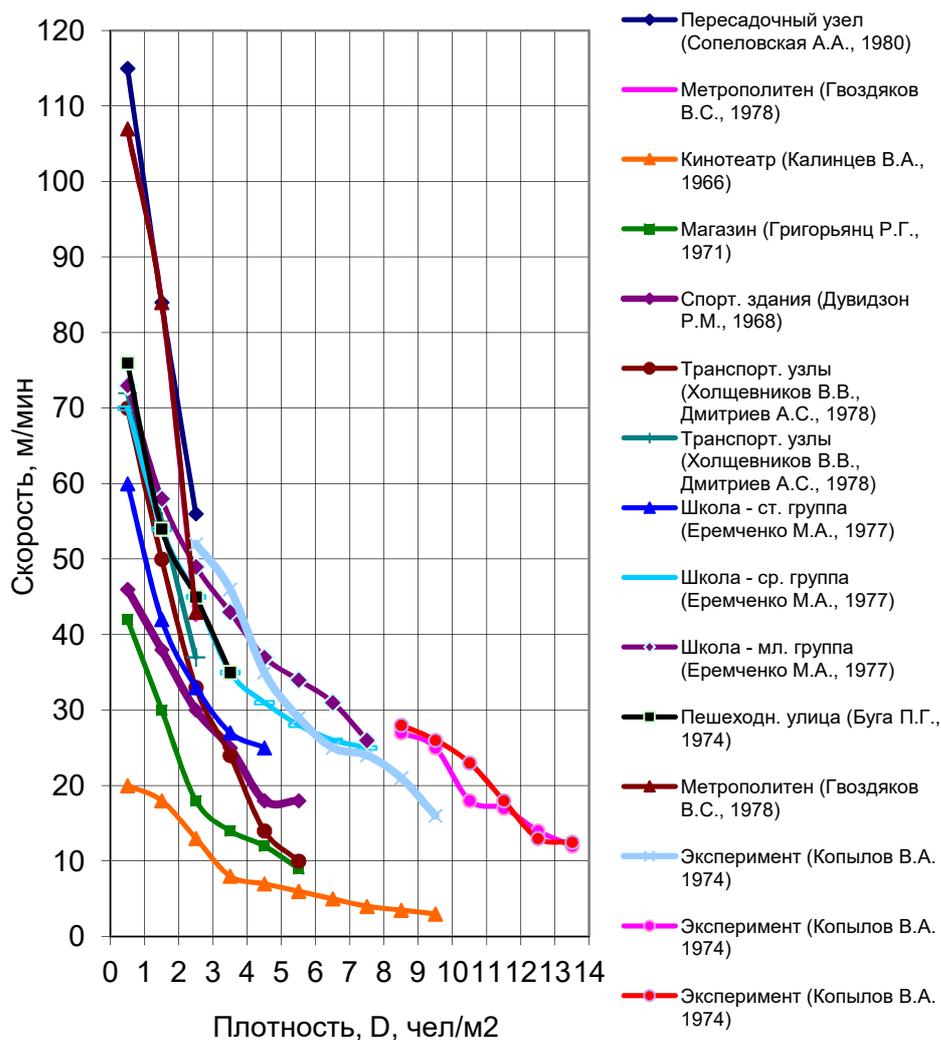


Рисунок 1.11 – Результаты экспериментов, проведенных до 1983 г. [38]. Зависимости скорости от плотности людского потока при движении по горизонтальному виду пути [44]

В дальнейшем методологические основы, разработанные профессором В.В. Холщевниковым, были применены в диссертационных работах учеников-последователей: С.А. Никонова [45], З.С.-А. Айбуева [46], И.И. Исаевич [47], А.П. Парфененко [48], Р.Н. Истратова [49], И.С. Кудрина [50], С.В. Слюсарева [51], Ф. Аня [52], Д.А. Самошина [53].

С.А. Никонов в своей работе [45] изучал особенности процесса эвакуации из зданий различного назначения, обращая особое внимание на начальный этап, т.е. исследуя время начала эвакуации. Его работу можно считать первой, в которой исследовались, измерялись и анализировались затраты времени в начальной

стадии пожара. Результаты ранее проведенных исследований в этой области будут более подробно рассмотрены в Главе 2.

В работе З.С.-А. Айбуева [46] исследовано движение людского потока на предзаводских территориях крупных промышленных узлов машиностроительного профиля. Установлены закономерности движения людских потоков, разработаны модели и методы их расчета во взаимосвязи с работой транспорта.

Особенностью работы И.И. Исаевича [47] является экспериментальное установление влияния эмоционального состояния на категорию движения людей по коммуникационным путям метрополитена. В период обычной работы метрополитена категория движения соответствует активной, в часы пик – повышенной активности, что объясняется высокой психологической напряженностью движения людей в залах метрополитена.

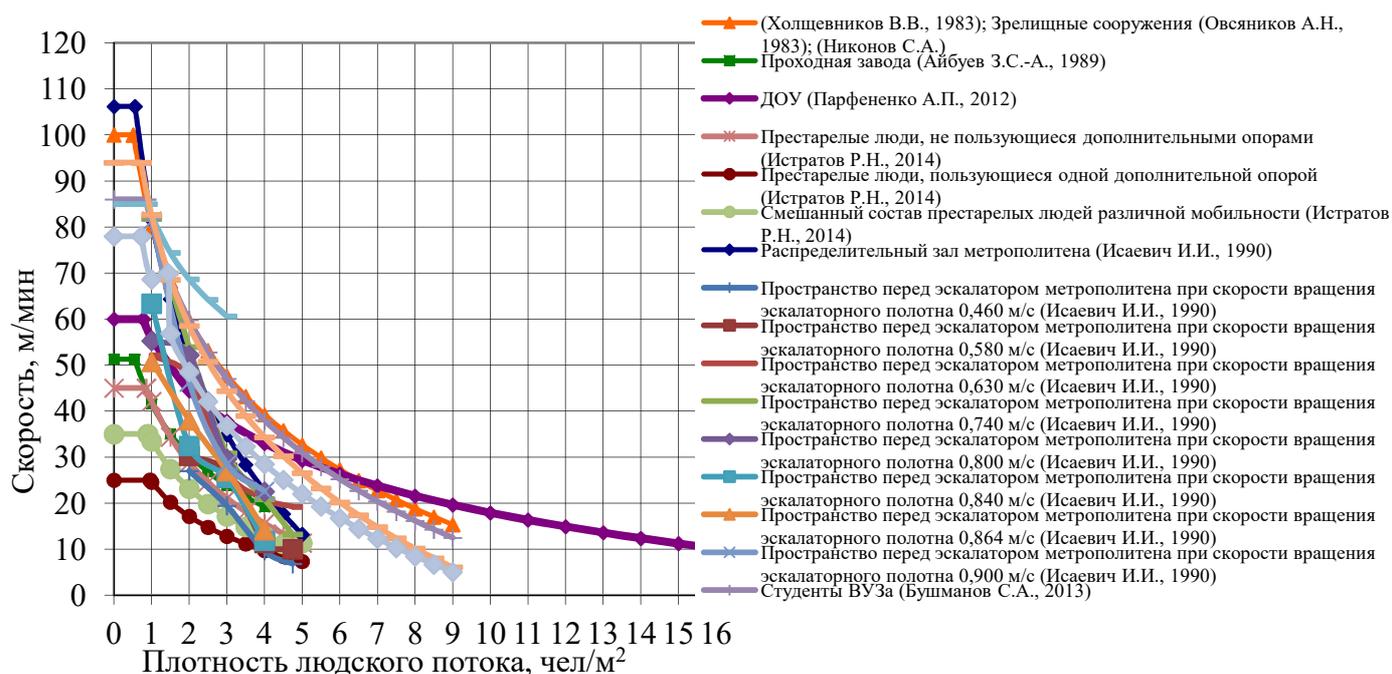


Рисунок 1.12 – Результаты экспериментов, проведенных после 1983 г. [53]

Таким образом, благодаря труду коллектива ученых, в зданиях различного назначения были проведены обширные исследования особенностей процесса эвакуации людских потоков (рисунок 1.12). В дальнейшем, в работах Самошина Д.А. [53] на основе данных натуральных наблюдений состава людских потоков в различных зданиях и их математической обработки, выявлены

характерные группы основного функционального контингента гомогенного состава: «Дошкольники», «Школьники», «Молодежь», «Люди трудоспособного возраста», «Пожилые люди», «Маломобильные группы населения» и, впервые, гетерогенного состава: «Дети и родители», «Активная семья», «Люди трудоспособного возраста и пенсионеры», «Все возрастные группы» (рисунок 1.13).



Рисунок 1.13 – Расчетные группы основного функционального контингента зданий по данным исследований Самошина Д.А. [53]

В результате анализа признаков функциональной пожарной опасности для здания каждого класса функциональной пожарной опасности определен расчетный состав людского потока и зависимости между параметрами его движения.

#### 1.4. Результаты исследований эвакуации людей различных групп мобильности в случае пожара

Работы, посвященные обеспечению пожарной безопасности в учреждениях здравоохранения, являются немногочисленными. Первые советские работы в данной области опубликованы в 30-х годах прошлого столетия [54, 55]. Исследование закономерностей движения людей с ограниченными возможностями, которые могут быть пациентами данных учреждений, стало следующим этапом развития теории людских потоков.

Первые исследования, посвященные изучению процесса эвакуации людей с ограниченными возможностями, были проведены в 1994 г. [56]. Возобновление интереса к подобным исследованиям в России отмечается с конца 90-х годов прошлого века [57, 58]. Результаты данных исследований в 2001 году [59] легли в основу разработки требований к доступности зданий и сооружений для маломобильных групп населения, в том числе нормирования размеров эвакуационных путей и выходов. В 2013 г. введена актуализированная редакция [60]. В результате проведенной работы было выделено 4 группы мобильности людей (таблица 1.5), для каждой из которых определены параметры движения и площадь горизонтальной проекции.

Таблица 1.5 – Разделение людей по мобильным качествам

Группы мобильности	Общие характеристики людей групп мобильности
M1	Люди, не имеющие ограничений по мобильности, в том числе с дефектами слуха
M2	Немощные люди, мобильность которых снижена из-за старения организма (инвалиды по старости); инвалиды на протезах; инвалиды с недостатками зрения, пользующиеся белой тростью; люди с психическими отклонениями
M3	Инвалиды, использующие при движении дополнительные опоры (костыли, палки)
M4	Инвалиды, передвигающиеся на креслах-колясках, приводимых в движение вручную

В работе [49] Р.Н. Истратов исследовал процессы эвакуации и спасения престарелых людей из зданий стационаров социальных учреждений по обслуживанию граждан пожилого возраста. Он установил психофизические закономерности связи параметров движения потоков престарелых людей, способных к самостоятельной эвакуации, а также изменения параметров движения спасателей мужского и женского пола при перемещении людей разной массы с кровати на носилки и дальнейшей их переноске по различным путям эвакуации.

В работах [58, 61] рассмотрены способы и скорость переноски, в [49] – зависимость скорости перекладывания и переноски с помощью носилок пациентов разной массы в зависимости от пола персонала и вида пути. Определение численных значений пациентов различных групп мобильности в отделениях больниц явилось особенностью работы [62]. Согласно полученным данным, не способными к полной самостоятельной эвакуации в отделении гинекологии (с учетом родильного отделения) являются 10 %, пониженной мобильностью характеризуются 66 % пациенток. При неспособности к самостоятельной эвакуации в подобных социальных учреждениях совершение транспортировки пациентов возлагается на его персонал.

В работе [48] впервые исследован процесс эвакуации в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений (ДОУ). В результате была установлена закономерность связи между параметрами людских потоков, определены значения случайной величины скорости свободного движения и время начала эвакуации в зданиях ДОУ. Однако параметры движения маломобильных детей при эвакуации оставались неизвестными. Данная проблема была решена Слюсаревым С.В. в ходе диссертационного исследования [51]. Им разработана классификация детей с ограничением мобильности в зависимости от особенностей проведения их эвакуации. На ее основе были проведены исследования процесса их эвакуации в стационарных учреждениях социального обслуживания и получены зависимости между параметрами движения, определены скорости свободного движения в зависимости от эмоционального состояния при эвакуации детей с нарушением слуха.

В работе [53] впервые были исследованы параметры поточного движения людей с проблемами слуха и зрения, а также проведено дополнительное исследование людей с поражением опорно-двигательного аппарата

Таким образом, благодаря проведенным исследованиям было доказано, что разработанная в начале 2000-х годов классификация имеет определенные недостатки. В частности выявлено, что требуется исключение людей с дефектами слуха из группы М1. Требуется дифференциация группа М2, состоящая из людей с несовместимыми критериальными признаками. Необходима градация в зависимости от возраста людей групп М3 и М4. Именно эти недостатки существующей классификации указали на необходимость создания новой, дифференцирующей людей по группам мобильности в зависимости от способа передвижения, вида дисфункции организма и возраста [53] (таблица 1.6).

Таблица 1.6 – Классификация людей по группам мобильности

Способ передвижения и вид дисфункций организма		Люди молодого и среднего возраста (мужчины моложе 60 лет и женщины моложе 55 лет)	Пожилые (мужчины старше 60 лет и женщины старше 55 лет)
Без дополнительных опор		М0	П0
С одной дополнительной опорой		М1	П1
С двумя дополнительными опорами		М2	П2
Самостоятельно передвигающиеся на креслах-колясках с ручным приводом		МК	– *
Несамостоятельно передвигающиеся на креслах-колясках с ручным приводом		КН	
Переносимые с помощью носилок		НМ	
Нетранспортабельные		НТ	
Слепые и слабовидящие	передвигающиеся по известному пути	СС-И	
	передвигающиеся по неизвестному пути	СС-Н	
Глухие и слабослышащие		МГ	ПГ**

*Примечания.*

\* Пожилые люди, как правило, не способны к самостоятельному передвижению на креслах-колясках. В случае их самостоятельного перемещения, скорость их движения следует определять по группе мобильности МК.

\*\* У пожилых людей с нарушениями слуха мобильность будет снижена в большей степени за счет возраста. В связи с этим параметры их движения следует принимать по группе П0.

Основанная на результатах многолетних исследований коллектива Академии ГПС совместно с ВНИИПО МЧС России классификация является наиболее совершенной и полной по сравнению с предшествующей. В проекте актуализированной редакции нормативного документа предложена следующая классификация МГН по группам мобильности (таблица 1.7).

Таблица 1.7 – Классификация МГН по группам мобильности

Группы мобильности	Общие характеристики людей групп мобильности
M1 <sup>1)</sup>	Люди, не имеющие инвалидности со сниженной мобильностью (люди пенсионного возраста, люди с детьми дошкольного возраста, беременные женщины), а также глухие и слабослышащие
M2	Немощные люди, имеющие степень инвалидности: инвалиды по старости, инвалиды на протезах, инвалиды с недостатками зрения, пользующиеся белой тростью
M3	Инвалиды и другие маломобильные граждане, использующие при движении дополнительные опоры (костыли, трости)
M4	Инвалиды и другие маломобильные граждане, передвигающиеся на креслах-колясках
НМ <sup>2)</sup>	Немобильные граждане*
НТ <sup>3)</sup>	Нетранспортабельные люди
НО	Люди с ограниченной степенью свободы, в том числе люди с психическими отклонениями

*Примечания:*

1) значения скорости людей для группы M1 при расчете времени эвакуации следует принимать уменьшенными на 20% по отношению к данным расчетной методики [42] для людей без ограничения мобильности;

2) люди, не имеющие возможности передвигаться самостоятельно (например, люди с травмами опорно-двигательного аппарата);

3) люди, действия по транспортировке которых являются недопустимыми, вследствие прямой угрозы жизни, вызванной такой транспортировкой;

4) людей, передвигающихся несамостоятельно на кресле-коляске, следует относить к группе «НМ».

Таким образом, была усовершенствована существующая классификация [60], которая представлена в новой редакции документа [15]. Впервые беременные женщины отнесены к одной из групп мобильности (M1) как люди, не имеющие инвалидности, но со сниженной мобильностью.

Изучению особенностей эвакуации людей разных возрастных групп, различных групп мобильности, находящихся в зданиях различного функционального назначения, посвящено немало работ, однако несмотря на

огромный объем работы, проведенной коллективом научной школы теории людских потоков, остаются неисследованные вопросы. Анализ исследований процесса эвакуации различных групп населения в зданиях разного назначения, проведенных в нашей стране, указывает на отсутствие данных, характеризующих движение людских потоков, состоящих из беременных пациенток учреждений родовспоможения при пожаре.

Рассматривая зарубежные работы, следует отметить исследование Джона Фруина [63]. Параметры пешеходного движения в городах США, полученные в результате его научной работы, в целом совпадали с данными советских исследований того времени. Особый интерес представляет предложенная им концепция уровней сервиса, которая заключается в том, чтобы в зависимости от желаемого уровня комфорта для пешеходов, проектировщики обеспечивали ту или иную плотность на путях эвакуации.

Наиболее интересной зарубежной работой, посвященной пожарной безопасности, является исследование доктора Карен Бойс. В своей диссертации [64] она исследовала проблемы обеспечения пожарной безопасности лиц с ограниченными возможностями. К несомненным достоинствам работы следует отнести то, что для участия в экспериментах она собрала 156 человек с различными дисфункциями организма и то, что она исследовала не только параметры движения таких людей, но и их возможность открыть дверь (рисунок 1.14), а также влияние размещения знаков безопасности и восприятие различных сигналов системы оповещения.

В работе [65] прогнозировался исход пожара в здании больницы методом построения логического дерева, которое представляет собой совокупность последовательных событий, соединенных причинно-следственными связями. В работе [66] предлагается модель эвакуации в учреждениях здравоохранения. В данной модели учитываются и такие важные факторы как физическое состояние пациентов, количество персонала и возможность оказания ими помощи немобильным пациентам при эвакуации.

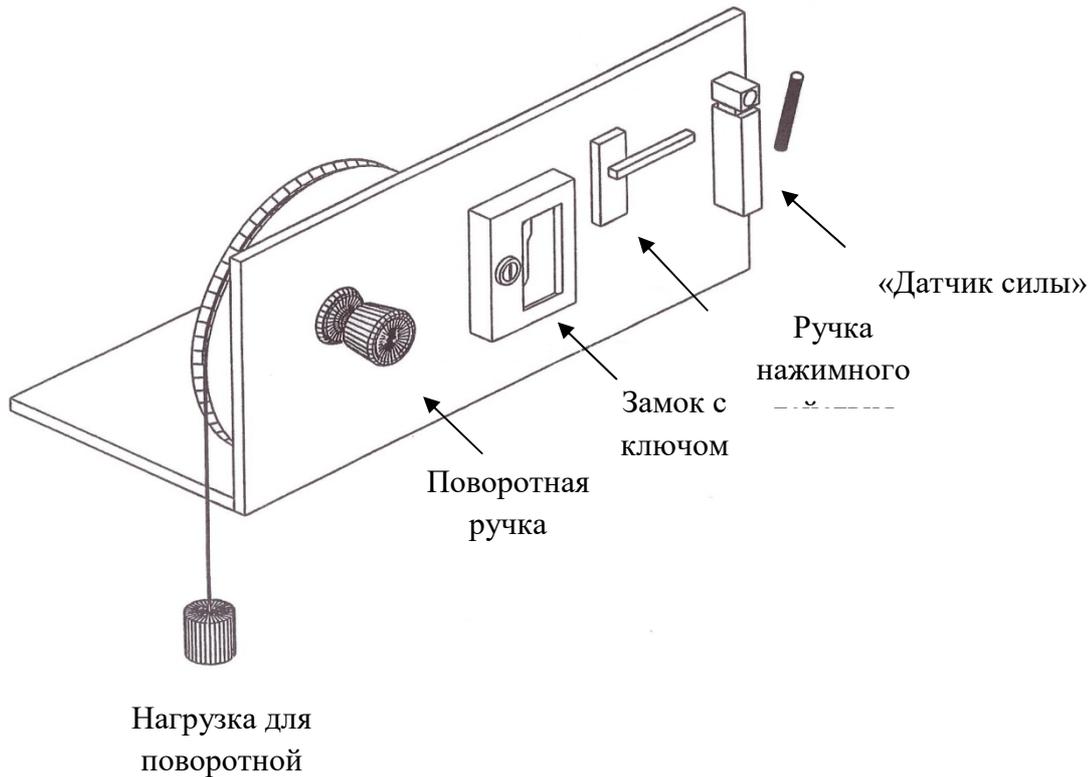


Рисунок 1.14 – Исследование возможности открыть дверь для человека с ограниченными возможностями в зависимости от типа дверной фурнитуры [64]

Модель планирования и поддержки принятия решения при эвакуации из больниц представлена в зарубежной статье [67]. Рассмотрена проблема транспортировки пациентов из эвакуируемой больницы в случае различных чрезвычайных ситуаций. Авторами отмечена малочисленность и нехватка данных в области исследований процесса эвакуации из учреждений здравоохранения.

В публикации [68] коллектива иностранных ученых, занимающихся вопросами эвакуации, проанализирован ряд работ, опубликованных начиная с середины 20-го века. Благодаря анализу исследований, проведенных в различных странах, выявлено влияние следующих факторов на скорость движения людских потоков: возраст эвакуируемых, инвалидность, их физические габариты (избыточный вес, ожирение).

Авторы считают, что действующие нормы, основанные на исследованиях однородных потоков людей, проведенных более 50 лет назад, не могут в полной мере обеспечить безопасность людей различных групп мобильности. Это связано с тем, что ожидается увеличение доли пожилого населения, а также людей,

страдающих ожирением, что, несомненно, окажет влияние на процесс эвакуации. Все это требует учета биомеханики ходьбы указанных групп людей и исследования их поведения в смешанном потоке.

Как утверждают авторы, существующие подходы моделирования «времени эвакуации», как и демография населения, продолжают меняться, а методы расчетов – нет. В связи с этим подчеркивается необходимость в новых данных для обеспечения безопасности людей в настоящее время и в будущем.

Анализ зарубежной научной периодики (журналы *Journal of Fire Science*, *Journal of Applied Fire Science*, *Fire Technology*, *Fire Safety Journal*) и сборников трудов международных конференций (*Human Behavior in Fire*, *Pedestrian and Evacuation Dynamics*, *Fire Safety Science*, *InterFlam*) показал, что данных, обрисовывающих рассматриваемую проблематику, не приводится.

Проведенный анализ исследований процесса эвакуации различных групп населения в зданиях различного назначения позволяет сделать вывод об отсутствии в настоящее время данных, характеризующих движение людских потоков, состоящих из беременных пациенток учреждений родовспоможения при пожаре.

## 1.4. Выводы по первой главе

1. Согласно статистическим данным, в России за 2017 год родилось около 1,7 млн детей [3], и естественно, что женщины и новорожденные являлись пациентами учреждений родовспоможения. Уязвимость состояния беременности подразумевает собой снижение мобильности, однако исследований особенностей процесса эвакуации в учреждениях родовспоможения до настоящего времени не проводилось.

2. Массив норм по пожарной безопасности для учреждений родовспоможения определяет целый комплекс требований к проектированию таких зданий, однако требования к путям эвакуации нельзя считать проработанными до такой степени, чтобы гарантированно обеспечить безопасность людей. Это связано с тем, что защита путей эвакуации системами противодымной защиты и автоматическими установками пожаротушения требуется в крайне редких случаях, что вынуждает для обеспечения пожарной безопасности ограничивать длину пути эвакуации из здания. Однако таких требований сегодня в нормах нет.

3. В результате многолетних исследований ученых, на основании обширного эмпирического материала и теоретических исследований установлены закономерности движения людей различных групп мобильности, исследованы особенности их движения, сформирована теория людских потоков, усовершенствовано нормирование в области обеспечения безопасности людей при пожаре. Однако проведения исследований процесса эвакуации такой уязвимой части населения, как беременные женщины, до сих пор произведено не было.

4. Таким образом, без проведения масштабной экспериментальной работы по изучению времени начала эвакуации и параметров движения людских потоков, определяющих расчетное время эвакуации, невозможно обоснованно разработать

комплекс требований к эвакуационным путям и выходам в учреждениях родовспоможения, что очевидно не позволяет обеспечить регламентированный Федеральным законом от 22.07.2008 № 123-ФЗ допустимый уровень пожарного риска для беременных женщин в случае пожара.

## ГЛАВА 2. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ВРЕМЕНИ НАЧАЛА ЭВАКУАЦИИ ИЗ УЧРЕЖДЕНИЙ РОДОВСПОМОЖЕНИЯ ПРИ ПОЖАРЕ

### 2.1. Анализ результатов исследований и проблемы нормирования времени начала эвакуации при пожаре

Время начала эвакуации ( $t_{н.э}$ ), согласно существующим нормам [42], определяется как интервал времени от возникновения пожара до начала эвакуации людей. Впервые в России работа по исследованию времени начала эвакуации была опубликована чуть более 30 лет назад [45]. В результате проведения двух экспериментов по эвакуации сотрудников из административного здания получены значения времени начала эвакуации, распределенные в интервале от 0 до 110 с. Отсутствие ярко выраженных максимумов в распределении дало автору основание считать его близким к равномерному [45].

Никонов С.А. в работе [45] установил, что эвакуация людей состоит из трех этапов. Независимо от способа оповещения человек узнает о пожаре после его возникновения через интервал времени ( $\tau_{оп}$ ). Узнав о пожаре человек должен оценить сложившуюся ситуацию и подготовиться к последующим действиям ( $\tau_{пэ}$ ). После этого начинается эвакуация, на движение при которой затрачивается интервал времени ( $\tau_{дв}$ ). Таким образом для обеспечения условия безопасной эвакуации людей при пожаре время эвакуации, которое включает в себя  $\tau_{оп}$ ,  $\tau_{пэ}$ ,  $\tau_{дв}$ , должно быть меньше, чем время блокирования путей движения ( $\tau_{офп}$ ). Причем автор [45] подчеркивает случайный характер формирования указанных количественных показателей.

Дальнейшие исследования были продолжены сотрудниками кафедры пожарной безопасности в строительстве Академии ГПС МЧС России. Объектами проведения экспериментов стали: торговые здания [69], здания учреждений детского дошкольного и школьного образования [48, 51, 70, 71], медицинского назначения [53, 72], жилых зданий [52, 70], общежитий [53, 70], здания среднего и высшего образования, здания с офисными, административными помещениями [73].

Исследования начальной стадии пожара в торговых комплексах [69] показали, что люди по-разному реагируют на различные проявления пожара (дым, огонь, сигнализация) и длительность их эвакуации определяется противопожарной подготовкой и активностью персонала.

Успешность эвакуации детей в дошкольных учреждениях также зависит от действий персонала. Установлено, что время реакции воспитателей на сигнал СОУЭ достигает 1 минуты, а затраты времени на формирование группы, готовой к эвакуации, в зависимости от времени одевания детей составляет: 0,54 мин летом, 4,5 мин весной и осенью, 7,3 мин зимой. В результате установлены различные варианты сценариев времени начала эвакуации в зависимости от возраста детей, срабатывания СОУЭ, времени года (учитывает время подготовки детей к эвакуации), количества воспитателей и уровня их противопожарной подготовки (таблица 2.1) [71].

С.В. Слюсарев [51] провел исследования времени начала эвакуации детей с ограниченными возможностями в стационарных учреждениях социального обслуживания в различных условиях: в зимнее и летнее время года, в дневное и ночное время суток и в помещениях различных классов функциональной пожарной опасности (жилые ячейки, зальные и учебные помещения). В среднем на время подготовки к эвакуации из спального помещения приходится от 5 с до 2,23 мин, из зальных помещений от 1 с до 1 мин, из учебных аудиторий от 7 с до 1,1 мин).

Таблица 2.1 – Варианты сценариев времени начала эвакуации при  $t_{c,i} = 0$  [71]

Время года	Кол-во воспитателей	Время начала эвакуации с учетом работоспособности систем СОУЭ в зависимости от уровня противопожарной подготовки воспитателей для каждой возрастной группы детей. мин:											
		Младшая группа				Средняя группа				Старшая группа			
		СОУЭ функционирует		СОУЭ не функционирует		СОУЭ функционирует		СОУЭ не функционирует		СОУЭ функционирует		СОУЭ не функционирует	
		Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.	Неуд.	Уд.
Лето	1	3,1	2,4	5,1	4,4	2,4	1,7	4,4	3,7	2,1	1,4	4,1	3,4
	2	2,1	1,4	4,1	3,4	1,7	1,0	3,7	3,0	1,6	0,9	3,6	2,9
	3	1,8	1,1	3,8	3,1	1,5	0,8	3,5	2,8	1,4	0,7	3,4	2,7
Осень-весна	1	14,5	13,8	16,5	15,8	10,0	9,3	12,0	11,3	8,2	7,5	10,2	9,5
	2	7,8	7,1	9,8	9,1	5,5	4,8	7,5	6,8	4,6	3,9	6,6	5,9
	3	6,0	5,3	8,0	7,3	4,3	3,6	6,3	5,6	3,6	2,9	5,6	4,9
Зима	1	23,5	22,8	25,5	24,8	16,0	15,3	18,0	17,3	13,0	12,3	15,0	14,3
	2	12,3	11,6	14,3	13,6	8,5	7,8	10,5	9,8	7,0	6,3	9,0	8,3
	3	9,0	8,3	11,0	10,3	6,3	5,6	8,3	7,6	5,2	4,5	7,2	6,5
Накidyвание одежды	1	4,9	4,2	6,9	6,2	3,6	2,9	5,6	4,9	3,1	2,4	5,1	4,4
	2	3,0	2,3	5,0	4,3	2,3	1,6	4,3	3,6	2,0	1,3	4,0	3,3
	3	2,1	1,4	4,1	3,4	1,7	1,0	3,7	3,0	1,6	0,9	3,6	2,9

В торговых комплексах, офисных помещениях и гостиницах также отмечается значительное влияние времени суток и персонала на формирование времени начала эвакуации. Анализ результатов [74] показал существенный разброс значений рассматриваемого параметра и законов его распределения. Следует подчеркнуть, что значения  $t_{нз}$  существенным образом отличались даже в случае проведения экспериментов по идентичной методике в одном и том же здании в одно и то же время, но в различные дни.

В последние годы большое внимание государства и общества было направлено на проблемы маломобильных групп населения, в том числе их пожарной безопасности. Местами массового пребывания таких людей являются стационары учреждений здравоохранения. В связи с этим был проведен ряд экспериментов в различных отделениях ОГБУЗ «Вяземская ЦРБ» г. Вязьма Смоленской области [72]. Итогом исследования [72] явилось формирование двух выборок: для отделения неврологии и объединенная

выборка, из значений, полученных для других отделений (терапевтическое, наркологическое, детское, урологическое). Причем средние значения исследуемого параметра в отделении неврологии (70,1 с) в 2 раза больше, чем в остальных (31,1 с) (рисунок 2.1), что связано с более качественной подготовкой персонала к действиям при пожаре в этих отделениях.

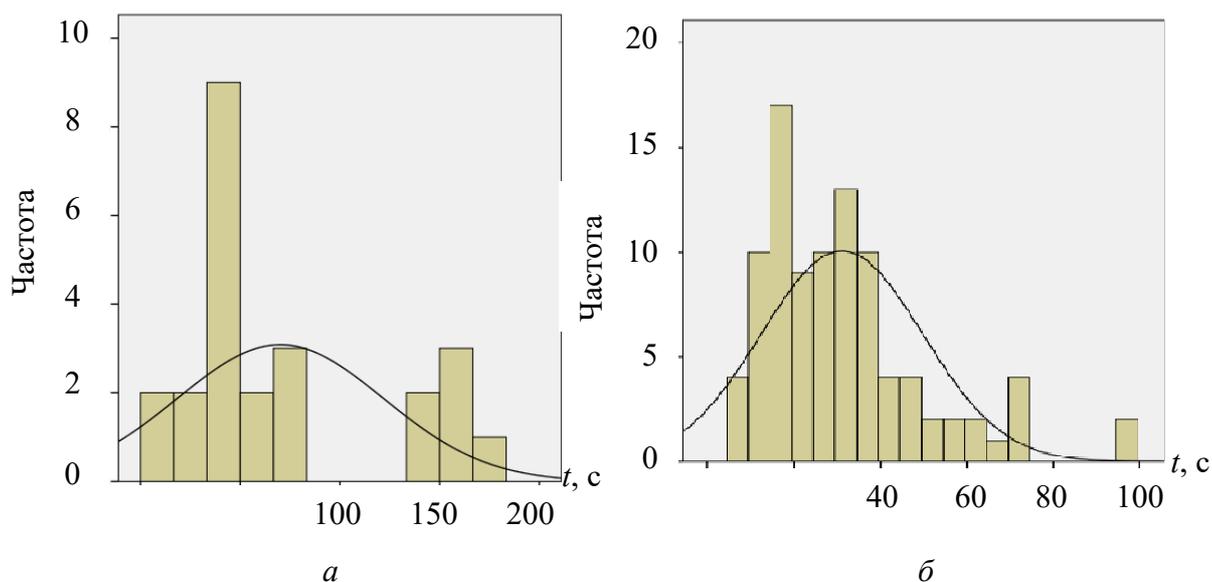


Рисунок 2.1 – Гистограмма распределения времени реакции пациентов на сигнал о пожаре: *a* – для неврологического отделения; *б* – для объединенной выборки [72]

Проанализировав видеозаписи экспериментов, автор [72] делает следующее наблюдение «...без получения соответствующих указаний от работников учреждения пациенты не предпринимали каких-либо активных действий, направленных на эвакуацию. В то же время медицинский персонал при срабатывании системы СОУЭ, не видя непосредственно очага пожара, дает пациентам рекомендации оставаться на местах до выяснения причин получения сигнала тревоги» [72, 4 с.]. Игнорирование сигнала срабатывания автоматической пожарной сигнализации персонал больницы объясняет частыми ложными срабатываниями АПС. Высказано следующее предположение [72, 11 с.]: «время начала эвакуации для больницы будет в основном определяться временем реакции медицинского персонала на сигнал о пожаре, которое, в свою очередь, будет зависеть от уровня его подготовки».

Таким образом предыдущими работами установлены наиболее важные факторы (влияние персонала, время суток, назначение здания, физическое состояние) и факт того, что время начала эвакуации является протяжённым во времени (не одновременным) процессом, подчиняющимся тому или иному закону распределения. Несмотря на то, что в ряде работ [53, 72] рассматривались медицинские учреждения, в учреждениях родовспоможения исследований не проводилось.

Вполне очевидно, что результаты исследований находят свое отражение в нормах. Впервые нормативные значения времени начала эвакуации появились в ГОСТ 12.1.004-91\* [41], в основу которого легло исследование [45]. Этим документом регламентировались следующие варианты нормирования исследуемого параметра:

1. При отсутствии необходимых исходных данных для определения времени начала эвакуации в зданиях (сооружениях) без систем оповещения  $t_{н.э}$  следовало принимать:

- 0,5 мин – для этажа пожара;
- 2 мин – для вышележащих этажей.

2. При наличии в здании системы оповещения о пожаре значение  $t_{н.э}$  – время срабатывания системы с учетом ее инерционности.

3. При возникновении пожара в зальном помещении, где он может быть обнаружен одновременно всеми находящимися в нем людьми,  $t_{н.э}$  допускается принимать равным нулю.

4. Для зданий (сооружений) без систем оповещения  $t_{н.э}$  следовало вычислять по результатам исследования поведения людей при пожарах в зданиях конкретного назначения.

Сейчас такой набор параметров кажется весьма скудным, так как не учитывалась «инерционность» людей, не было данных для этажей выше этажа пожара, время начала эвакуации из зального помещения принималось мгновенным и т.п. Но в свое время это был огромный шаг вперед, так как до того  $t_{н.э}$  никак не нормировалось.

Нормирование времени начала эвакуации как случайной величины, зависящей от множества факторов, впервые реализовано лишь 15 лет спустя в МГСН 4.19-2005 [75], что явилось результатом исследований, которые возобновились под руководством профессора В.В. Холщевникова в 2000-х гг. (таблица 2.2).

Таблица 2.2 – Значения  $m(t_{н.э})$  и  $\sigma(t_{н.э})$  для помещений различного функционального назначения в зависимости от типа систем оповещения и управления эвакуацией [75]

Функциональный тип помещений и характеристики населения	$m(t_{н.э}) \pm 3d(t_{н.э})$		
	IV–V типа	II–III типа	I типа
Жилые квартиры (апартаменты) для длительного проживания. Жильцы могут находиться в состоянии сна, но знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	2,0 ±0,5	4,0 ±0,5	5,0 ±0,5
Номера гостиниц. Жильцы могут находиться в состоянии сна и недостаточно знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	2,0 ±0,5	4,0 ±0,5	6,0 ±0,5
Магазины, выставки, досуговые центры и другие помещения массового посещения. Посетители находятся в бодрствующем состоянии, но могут быть не знакомы с планировкой здания и структурой эвакуационных путей и выходов	2,0 ±0,5	2,0 ±0,5	6,0 ±0,5
Административные, торговые и другие помещения. Посетители находятся в бодрствующем состоянии и хорошо знакомы со структурой эвакуационных путей и выходов	1,0 ±0,3	3,0 ±0,5	4,0 ±0,3

В дальнейшем в связи с отменой МГСН 4.19-2005 эти данные вошли в стандарт Национального объединения строителей СТО НОСТРОЙ 2.35.73–2012 [76] для высотных зданий.

Позже эта концепция нормирования получила развитие в рамках впервые введенной в 2009 году методики расчета пожарного риска, утвержденного приказом МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 [42]. Причем за 9 лет действия документа нормативные значения времени начала эвакуации в нем изменялись несколько раз (таблица 2.3).

1. Приказом МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 введены значения  $t_{н.э}$  для зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1–Ф4. Для помещения очага пожара  $t_{н.э}$  нормировано значением 0,5 мин [42].

2. Приказом МЧС России от 12.12.2011 г. № 749 исключены значения  $t_{н.э}$  для зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3 и Ф1.4. Предложена формула для определения  $t_{н.э}$  в помещении очага пожара [77] в зависимости от площади помещения.

3. Приказом МЧС России от 02.12.2015 г. № 632 вновь включены значения  $t_{н.э}$  для зданий классов функциональной пожарной опасности Ф1.1, Ф1.3 и Ф1.4. Установлены значения  $t_{н.э}$  для пожарных отсеков производственного или складского назначения. При определении  $t_{н.э}$  в помещении очага пожара введено уточнение, исключающее превышение значения  $t_{н.э}$  выше максимального при больших площадях помещений [78].

Таблица 2.3 – Нормирование времени начала эвакуации

Класс функциональной пожарной опасности зданий	Значения времени начала эвакуации, мин		
	Приказ МЧС России от 30.06.2009 г. № 382	Приказ МЧС России от 12.12.2011 г. № 749	Приказ МЧС России от 02.12.2015 г. № 632
Ф1.1, Ф1.3, Ф1.4	4,0–6,0	Не нормируется	4,0–6,0
Ф1.2, Ф2, Ф3, Ф4	1,0–3,0	1,0–3,0	1,0–3,0
Пожарные отсеки производственного или складского назначения	Не нормируется	Не нормируется	0,5–2,0

В рамках исследования, направленного на развитие методологии нормирования времени эвакуации людей [53], установлены значения времени начала эвакуации для зданий различного класса функциональной пожарной опасности (таблица 2.4) и обозначены факторы, имеющие наибольшее влияние на формирование данной величины:

- состояние сна,
- ограничение функций организма,

- профессиональная вовлеченность в основной функциональный процесс здания,
- наличие дежурного персонала в здании.

Таблица 2.4 – Значения времени начала эвакуации [53]

Группа	Характеристика	Класс функциональной пожарной опасности	Параметры распределения времени начала эвакуации, мин			
			$t_{н.э}^{min}$	$t_{н.э}^{max}$	Среднее значение	Среднее квадратическое отклонение
1Т	Состояние сна, ограничение функций организма, есть дежурный персонал	Ф1.1*	1,70	4,0	2,85	0,4
2Т	Состояние сна, нет ограничений функций организма	Ф1.2, Ф1.3, Ф1.4	1,85	9,0	5,43	1,2
3Т	Состояние бодрствования, профессиональные связи есть	Ф3.4, Ф3.6, Ф4, Ф5	0,5	6,0	3,25	0,9
4Т	Состояние бодрствования, профессиональных связей нет	Ф2, Ф3.1, Ф3.2, Ф3.3, Ф3.5	0,5	3,5	2,00	0,5

*Примечание:* \* – для людей, способных к самостоятельной эвакуации.

Все вышеприведенные факторы влияют на время начала эвакуации людей и зависят от индивидуальных особенностей человека, его восприятия и понимания ситуации. Факторы влияния были объединены в 4 группы и сопоставлены с классом функциональной пожарной опасности, в соответствии с которыми даны рекомендации для нормирования значения времени начала эвакуации (таблица 2.4).

Группа 1Т сопоставлена со зданиями класса функциональной пожарной опасности Ф1.1, к которым отнесены и здания учреждений родовспоможения. Однако в данном случае экспериментальные исследования проводились в стационаре протезно-ортопедического учреждения (группа 1Т) и их результаты не в полной мере могут быть применены к учреждениям родовспоможения.

Важной особенностью является то, что ни нормы (таблица 2.3), ни эксперименты раньше не рассматривали процесс оповещения о пожаре человеком (людьми), обнаружившими пожар, до включения общеобъектовой системы оповещения.

Эта задача была решена в общем виде в работе [53]. Для определения количества оповещенных людей  $A(N)$  за время до включения общеобъектовой системы оповещения  $t_{\text{COУЭ}}$  в зданиях коридорного типа предложено следующее выражение:

$$A(N) = NV(t_{\text{COУЭ}} - t_1)/l, \quad (2.1)$$

где  $t_{\text{COУЭ}}$  – время срабатывания общеобъектовой системы оповещения, мин;  $t_1$  – время на оповещение первого помещения, мин;  $N$  – количество человек в помещениях, выходящих в данный коридор;  $l$  – длина коридора, м;  $V$  – скорость движения при оповещении, м/мин.

Для зданий со сложной внутренней планировкой величина  $A(N)$  определяется суммой геометрической прогрессии оповещенных людей.

Для определения количества оповещенных людей и соответствующих им значений времени начала эвакуации при возникновении пожара в наиболее удаленной от выхода точке и однонаправленном оповещении предложен графический метод. Величины  $A(N)$  определяются в зависимости от времени, прошедшего с момента обнаружения пожара, и длины коридора (рисунок 2.2).

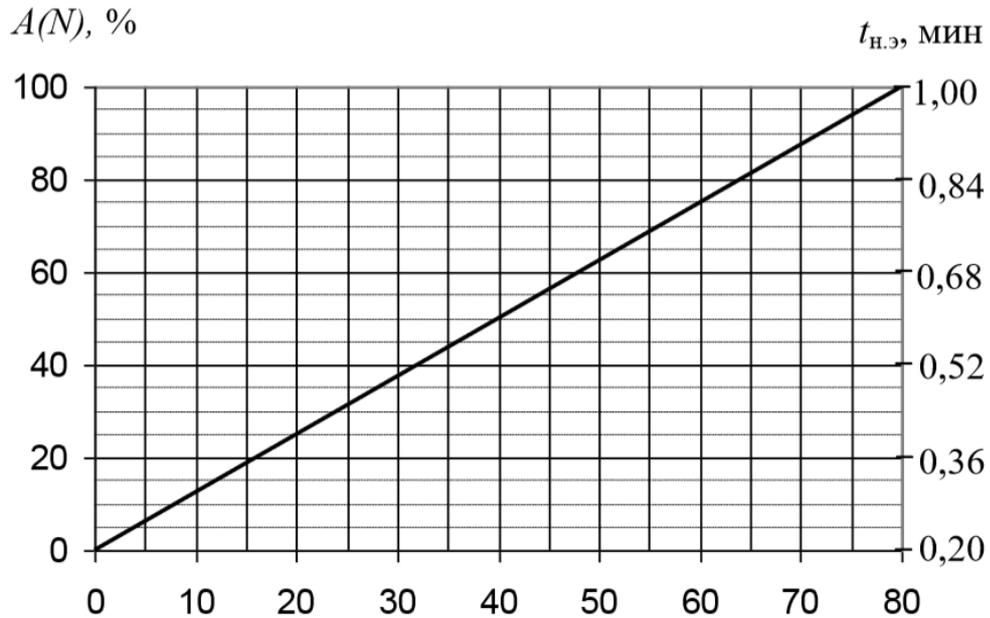


Рисунок 2.2 – Количество оповещенных в зависимости от времени, прошедшего с момента обнаружения пожара, и длины коридора [53]

В учреждениях родовспоможения находятся пациентки с круглосуточным пребыванием на закрепленных койко-местах, и организация их эвакуации представляет собой наиболее сложную задачу, для решения которой необходимы эмпирические данные.

## 2.2. Зарубежные исследования времени начала эвакуации людей при пожаре

Исследованию  $t_{нэ}$  уделялось значительное внимание и за рубежом [79–84]. Опубликованные данные проведенных исследований обобщены в работе [53]. Разброс полученных данных объясняется проведением экспериментов в зданиях различного функционального назначения (таблица 2.5).

Таблица 2.5 – Результаты исследований времени начала эвакуации, проведенных за рубежом

Здание, в котором получены данные (автор, год)	Время начала эвакуации, с	
	Средние значения для выборки	Максимальные значения для выборки
Магазин (J. Shields, 2000)	37	95
Магазин (J. Shields, 2000)	31	100
Магазин (J. Shields, 2000)	25	55
Магазин (J. Shields, 2000)	25	60
Кинотеатр (D. Nilsson, 2009)	7	38
Жилой дом (Fahy, 2001)	168	612
Жилой дом (Fahy, 2001)	318	1116
Офисное здание (Fahy, 2001)	72	138
Офисное здание (Fahy, 2001)	66	300
Офисное здание (Fahy, 2001)	36	240
Библиотека (Galea, 2012)	70	178
Церковь (Rinner, 2010)	50	62
Офис, (Rinner, 2010)	23	90

Полученные результаты также позволяют заключить, что время начала эвакуации может быть весьма продолжительным: период до эвакуации может занять больший интервал времени, чем период осуществления самой эвакуации. В 2001 году Fahy R.F. и Proulx G. опубликовали краткий обзор данных о времени начала эвакуации людей в зданиях различного функционального назначения [84], в котором приводится, к примеру, значение 3 часа для многоэтажных жилых зданий.

Обобщение качественных и количественных (рисунок 2.3) данных и построение на их основе общей концепции анализа величины  $t_{нз}$  приведено в международном справочнике «Handbook of Fire Protection Engineering» и его 5-е издание [85] мы рассмотрим более подробно. Авторы справочника выделяют два основных различных периода реагирования человека на пожар – это действия человека до эвакуации (движения к выходам) и процесс движения людей к выходам. Период до эвакуации определяется как интервал времени от начала пожара до начала целенаправленной эвакуации людей в безопасное место.

Приведенная в работе [85] схема (рисунок 2.3) наглядно показывает наиболее характерные временные этапы в начальной стадии пожара:

- интервал времени от начала воспламенения до начала оповещения;
- время принятия решения об эвакуации (получение сигнала о пожаре, обработка полученной информации и принятие решения о дальнейших действиях);
- время подготовки к эвакуации (например, сбор личных вещей или оказание помощи другим в подготовке к эвакуации).

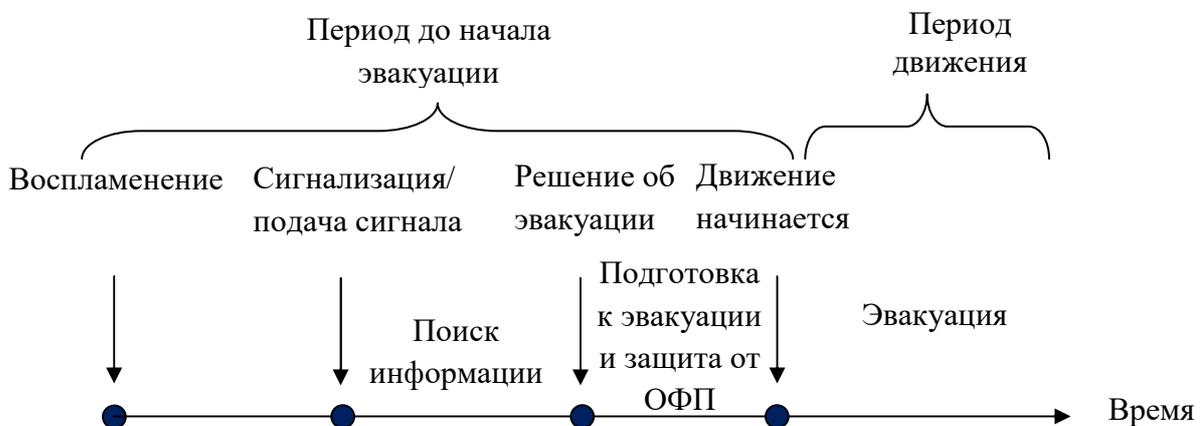


Рисунок 2.3 – Схема реагирования человека на пожар в здании [85]

Такой подход далее был представлен в виде «инженерной шкалы времени» (рисунок 2.4), которая представляет общий процесс эвакуации, разделенный на несколько отдельных составляющих, каждый из которых возможно измерить:

- время обнаружения пожара ( $t_{det}$ );
- время оповещения людей ( $t_{warn}$ );
- время начала эвакуации ( $t_{pre}$ ), в отличие от российских норм включает два слагаемых: времени осознания ( $t_{rec}$ ) – интервал времени для осознания сложившейся ситуации и времени реагирования ( $t_{res}$ ) – интервал времени от осознания сложившейся ситуации до совершения первого преднамеренного действия по эвакуации, которое включает в себя такие мероприятия, как

тушение пожара, предупреждение других, сбор членов семьи и домашних животных, одевание, получение личных вещей, вызов пожарной охраны и т.д.;

- время движения в безопасную зону ( $t_{trav}$ );
- время эвакуации ( $t_{evac}$ ) – время от оповещения до момента, когда люди достигают безопасной зоны, сумма интервалов времени ( $t_{pre}$ ) и ( $t_{trav}$ );
- необходимое время для безопасной эвакуации ( $t_{RSET}$ ) состоит из суммы времени обнаружения пожара ( $t_{det}$ ); времени оповещения людей ( $t_{warn}$ ) и времени эвакуации ( $t_{evac}$ );
- доступное время для безопасной эвакуации ( $t_{ASET}$ ). Интервал времени  $t_{ASET}$  должен быть длиннее  $t_{RSET}$  с допустимым запасом безопасности ( $t_{marg}$ ).

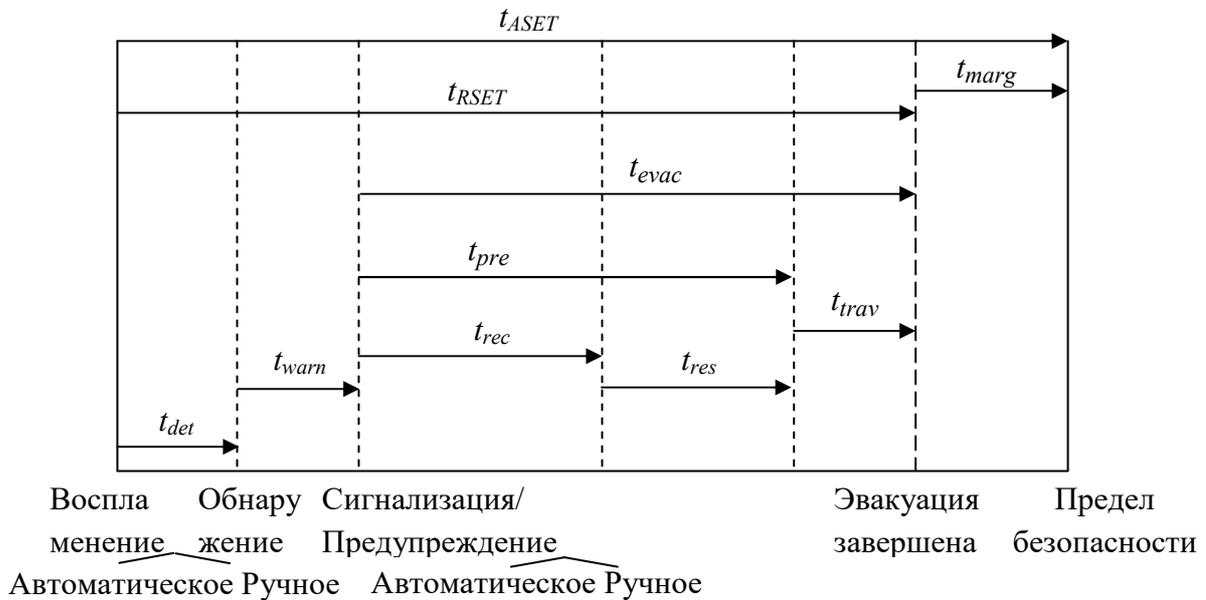


Рисунок 2.4 – Инженерная шкала времени [85].

Пояснения указанных величин даны в тексте

В работе [85] также дан перечень ключевых факторов, оказывающих влияние на поведение людей при пожаре:

- социальное влияние. Исследования показали, что люди вероятнее приступят к эвакуации, если они станут свидетелями эвакуации окружающих людей. Люди часто объединяются в группы для совершения эвакуации либо для оказания помощи другим при чрезвычайной ситуации;

– влияние стресса. Обработка информации при чрезвычайной ситуации происходит быстрее, что может привести к тому, что отдельные фрагменты информации не соединяются в единый текст, человек субъективно воспринимает важную для себя информацию, не всегда принимая верные решения;

– влияние окружающей среды. Например, информация о расположении эвакуационных путей и выходов, а также данных о распространении по ним опасных факторов пожар влияют на действия людей по выбору маршрута движения во время чрезвычайной ситуации;

– влияние формальных лидеров. Как правило, руководство организации берет на себя роль руководителя процесса эвакуации и будет определять его эффективность;

– влияние демографии (признака пола). Установлено, что наиболее вероятным поведением для женщин будет оповещение о пожаре, в то время как для мужчин – решительные действия по борьбе с пожаром.

На наш взгляд, эта подборка факторов не будет полной, если мы не добавим сюда, по меньшей мере, такие факторы, как возраст и ограничение функций организма.

На основе массива накопленных данных был разработан международный стандарт ISO TR 16738 [86]. В соответствии с этим стандартом (таблица 2.6), время начала эвакуации зависит от:

– уровня противопожарного менеджмента (в нашей терминологии – противопожарного режима) М1–М3, где М1 (высокая культура безопасности) – М3 (выполнение минимальных требований пожарной безопасности);

– сложности планировки здания В1–В3, где В1 (небольшой магазин) – В3 (крупный транспортный терминал);

– типа системы оповещения А1–А3, где А1 (автоматическое оповещение всего здания) – А3 (зонное оповещение с ручным включением).

Таблица 2.6 – Время начала эвакуации в соответствии с ISO TR 16738 [86]

Расчетная характеристика людей	Первые люди (1-й процентиль)	Значения времени соответствующие 99-й процентилю
<p>A: бодрствующий и знакомый с внутренней планировкой здания</p> <p>M1 B1 – B2 A1 – A2 M2 B1 – B2 A1 – A2 M3 B1 – B2 A1 – A3</p> <p>Для B3 добавляется 0,5 мин на поиск пути эвакуации. M1 предполагает наличие системы голосового оповещения, если возможно присутствие людей, не знакомых с внутренней планировкой</p>	<p>0,5 1 &gt; 15</p>	<p>1,0 2 &gt; 15</p>
<p>Ci: спящий и знакомый с внутренней планировкой здания (например, в жилом доме)</p> <p>M2 B1 A1 M3 B1 A3</p> <p>Для остальных жильцов в соседних блоках/секциях – не менее 1 часа.</p> <p>Cii: Жилые помещения с постоянно присутствующей администрацией (апартаменты, резиденции)</p> <p>M1 B2 A1 – A2 M2 B2 A1 – A2 M3 B2 A1 – A3</p> <p>Ciii: спящий и не знакомый с внутренней планировкой здания (гостиницы, пансионаты)</p> <p>M1 B2 A1 – A2 M2 B2 A1 – A2 M3 B2 A1 – A3</p> <p>Для B3 добавляется 1 мин. на поиск пути M1 предполагает наличие системы голосового оповещения</p>	<p>5 10</p> <p>10 15 &gt; 20</p> <p>15 20 &gt; 20</p>	<p>5 &gt; 20</p> <p>20 25 &gt; 20</p> <p>15 20 &gt; 20</p>
<p>D: медицинские учреждения</p> <p>Бодрствующий и не знакомый с внутренней планировкой здания (клиники, хирургия, стоматология)</p> <p>M1 B1 A1–A2 M2 B1 A1–A2 M3 B1 A1–A3</p> <p>Для B2 добавляется 0,5 мин на поиск пути Для B3 добавляется 1 мин на поиск пути M1 предполагает наличие системы голосового оповещения.</p> <p>Спящий и не знакомый с внутренней планировкой здания (госпиталь, приют, дом престарелых)</p> <p>M1 B2 A1–A2 M2 B2 A1–A2 M3 B2 A1–A3</p> <p>Для B3 добавляется 1 мин на поиск пути M1 предполагает наличие системы голосового оповещения</p>	<p>0,5 1,0 &gt; 15</p> <p>5 10 &gt; 10</p>	<p>2 3 &gt; 15</p> <p>10 20 &gt; 20</p>
<p>E: транспорт (железная дорога, автобусная остановка или аэропорт)</p> <p>M1 B3 A1–A2 M2 B3 A1–A2 M3 B3 A1–A3</p> <p>M1 и M2 предполагает наличие системы голосового оповещения</p>	<p>0,5 1,0 &gt; 15</p>	<p>4 5 &gt; 15</p>

Рассмотренный стандарт является наиболее полным обобщением результатов зарубежных исследований в этой области и нормирует время начала эвакуации  $t_{н.э}$ .

В целом можно говорить о том, что в нашей стране и за рубежом накоплена эмпирическая база и наработаны методологические принципы оценки времени начала эвакуации, однако нет экспериментально подтверждённых данных, необходимых для нормирования процесса эвакуации основного функционального контингента учреждений родовспоможения.

### 2.3 Экспериментальное исследование времени начала эвакуации из палатных отделений учреждений родовспоможения

Для определения времени реакции ( $t_o + t_{под}$ ) (рисунок 2.5) медицинского персонала и пациенток на сигнал о пожаре был проведен ряд экспериментов в палатных отделениях учреждений родовспоможения в дневное и ночное время.



Рисунок 2.5 – Этапы формирования случайной величины времени начала эвакуации





Рисунок 2.7 – Тренировочная эвакуация людей в палатных отделениях учреждений родовспоможения в зимнее время, с использованием одеял для утепления:  
*а* – в дневное время; *б* – в ночное время

Так как прохождение участка пути от места нахождения в палате до выхода из нее является незначительным, камера устанавливалась в коридоре отделения. При обработке видеоматериалов производилась фиксация времени ( $t_0 + t_{\text{под}}$ ) появления пациентки в зоне охвата камеры (в коридоре) и начала движения в сторону эвакуационного выхода (рисунок 2.7), которое далее анализировалось методами математической статистики.

На основе обработки данных времени реагирования на сигнал тревоги медицинским персоналом и пациентками ( $t_0 + t_{\text{под}}$ ) в дневное и ночное время получены следующие результаты, сведенные в таблице 2.7.

Таблица 2.7 – Результаты первичной статистической обработки полученных эмпирических данных

№ п/п	Условия проведения эксперимента	Параметр					
		Численность выборки	Среднее, с	Дисперсия, с <sup>2</sup>	Стандартное отклонение, с	Минимум с	Максимум с
Дневное время							
1	Отделение гинекологии Оповещение – СОУЭ	19	31,47	157,15	12,54	15	60
2	Отделение гинекологии Оповещение – персонал	16	62,13	171,98	13,11	37	90
3	Отделение патологии Оповещение – СОУЭ	15	64,47	76,41	8,74	52	79
4	Отделение патологии	5	43,60	58,30	7,64	34	54
5	Оповещение – персонал	14	36,36	47,94	6,92	23	44
Ночное время							
6	Отделение патологии	12	66,08	1417,17	37,65	30	120
7	Оповещение – персонал	3	61,33	22,33	4,73	56	65
8	Отделение патологии Оповещение – персонал	9	40,11	32,61	5,71	34	49
9		8	47,13	84,13	9,17	34	62
10		3	57,67	10,33	3,21	54	60
11		4	132,00	247,33	15,73	118	148
12	Отделение для совместного пребывания беременных и рожениц с детьми Оповещение – персонал	10	50,70	213,79	14,62	32	70
13		10	71,70	80,90	8,99	56	88
14		6	52,83	79,37	8,91	43	65

Для удобства последующего анализа и выработки практических решений количество выборок сокращены путем их объединения. При этом известно, что выборки ограниченного объема являются независимыми, взятыми из одной генеральной совокупности. Закон распределения случайной величины не

известен. При проверке однородности эмпирических данных различных серий экспериментов использовался критерий Крамера – Уэлча (таблица 2.8), величина которого вычислялась по формуле:

$$T = \frac{\sqrt{mn}(\bar{x}-\bar{y})}{\sqrt{ns_x^2+ms_y^2}}, \quad (2.2)$$

где  $\bar{x}, \bar{y}$  – средние значения сравниваемых выборок;  $s_x^2, s_y^2$  – дисперсии сравниваемых выборок;  $n, m$  – численность сравниваемых выборок.

Производилось сравнение расчетных значений критерия Крамера – Уэлча  $T_{\text{эмп}}$  с критическим  $T_{\text{кр}}(0,05) = 1,96$ . Если  $T_{\text{эмп}} > T_{\text{кр}}$  – сравниваемые выборочные средние отличаются значимо.

Таблица 2.8 – Результаты проверки однородности эмпирических данных различных серий экспериментов

Сравниваемые характеристики	$T_{\text{эмп}}$							
	День		Ночь					
	0,59	1,43	1,11	0,60	1,01	1,87	1,45	1,59
Среднее значение, с	33,55	63,26	59,50	63,89	66,68	43,41	46,11	47,33
Стандартное отклонение, с	10,67	11,09	4,14	30,53	25,07	8,13	11,29	11,09
Численность выборки	33	31	6	18	28	17	27	33

В результате было сформировано 4 выборки значений для дневного и ночного времени, для которых принята гипотеза об однородности (таблица 2.9), рисунок 2.8.

Таблица 2.9 – Результаты первичной статистической обработки полученных эмпирических данных

Время суток и название выборки	Численность выборки	Среднее значение, с	Стандартное отклонение, с	Минимальное значение, с	Максимальное значение, с
День 1	33	33,55	10,67	15,00	60,00
День 2	31	63,26	11,09	37,00	90,00
Ночь 1	33	47,33	11,09	32,00	70,00
Ночь 2	28	66,68	25,07	30,00	120,00

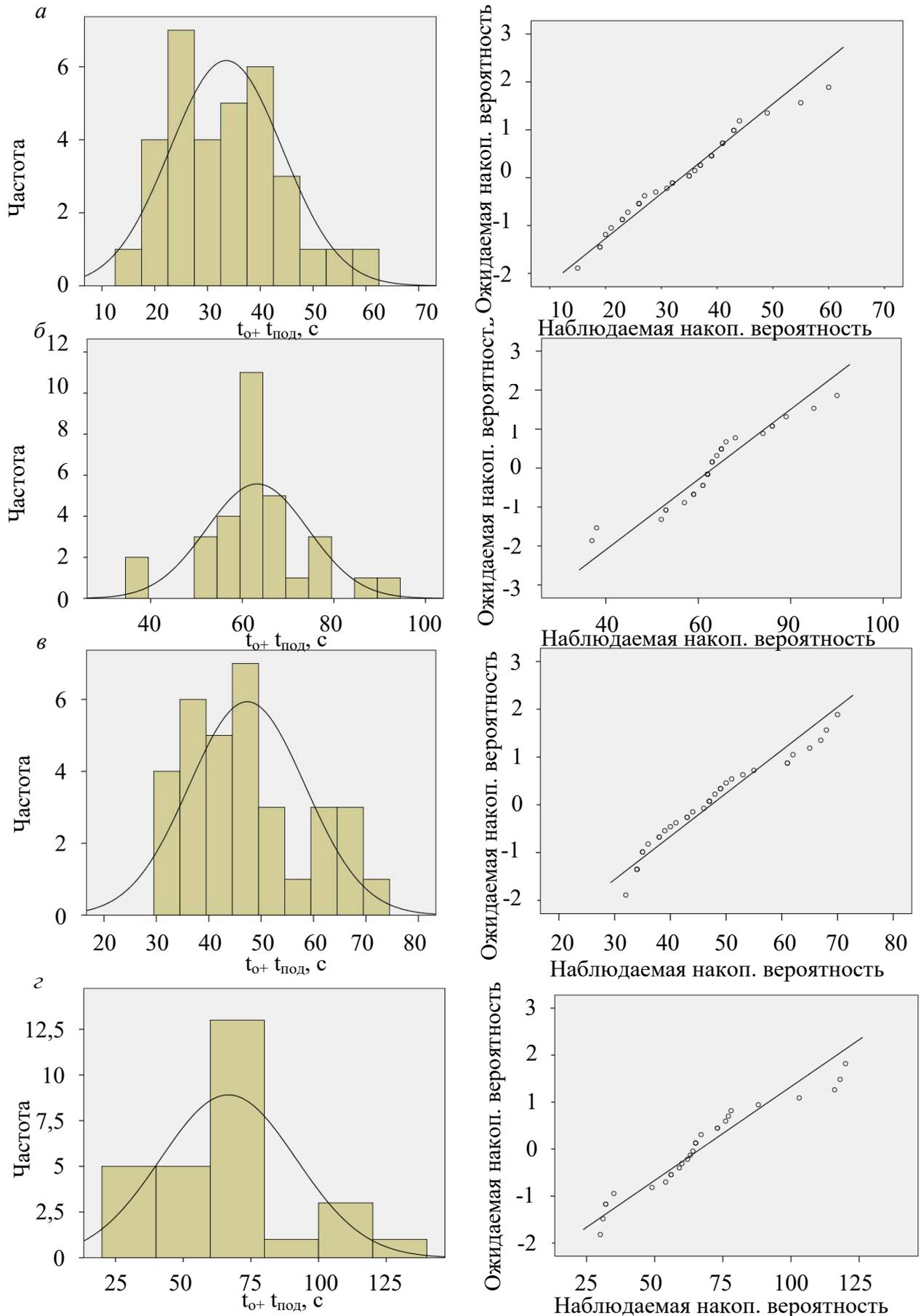


Рисунок 2.8 – Гистограммы распределения времени реакции пациентов и медицинского персонала на сигнал тревоги и графики вероятности нормального распределения:

*a, б* – в дневное время; *в, г* – в ночное время

Несомненный интерес вызывает вопрос о законе распределения непрерывной случайной величины времени реакции на сигнал о пожаре. При первичной визуальной оценке наиболее вероятным законом представляется нормальный закон распределения. Правдоподобность гипотезы о нормальности закона распределения возможно определить с помощью следующих визуальных методов [87–89]:

– по виду гистограмм, построенных по результатам экспериментальных данных. Нормальное распределение Гаусса – Лапласа имеет график плотности распределения в виде колокола: пик соответствует показателям центра распределения, частоты постепенно симметрично уменьшаются по мере удаления от центра распределения.

– по графику вероятности нормального распределения: ось абсцисс – наблюдаемые значения, ось ординат – ожидаемые значения, нормальное распределение отображается в виде прямой линии (отклонение от нее примерно симметрично дугообразно или S-образно).

На графиках вероятности нормального распределения эмпирические значения близки к нормальному распределению, отображенному в виде прямой линии. Анализ гистограмм показывает наличие ярко выраженных максимумов.

Результаты выборки «День 1» подчиняются нормальному закону распределения, а остальные нет, что не позволяет нам сделать однозначный вывод о том, что время  $t_{об} + t_{оп}$  подчиняется тому или иному закону распределения. По всей видимости, вид закона распределения зависит от ряда обстоятельств и определение их влияния на время начала эвакуации является задачей дальнейших исследований.

В настоящее время выявлено 3 вида распределения случайной величины времени начала эвакуации: нормальный, логнормальный и равномерный закон распределения [48, 51, 53, 71, 74]. Но вопрос о виде закона распределения рассматриваемой случайной величины, в зависимости от тех или иных обстоятельств, остается открытым.

При анализе процесса эвакуации людей можно выделить 2 характерных этапа – оповещение людей до включения системы оповещения и информирование людей о пожаре с помощью системы оповещения. Первый этап нормативными документами не рассматривается, сведения о нем отсутствуют, поэтому мы уделим этому вопросу отдельное внимание.

На рисунке 2.9 представлена типовая схема оповещения пациенток двумя сотрудниками отделения при двустороннем размещении палат. При получении сигнала тревоги в зависимости от места нахождения, персоналом возможно деление территории на равные зоны, в которых они осуществляют оповещение.

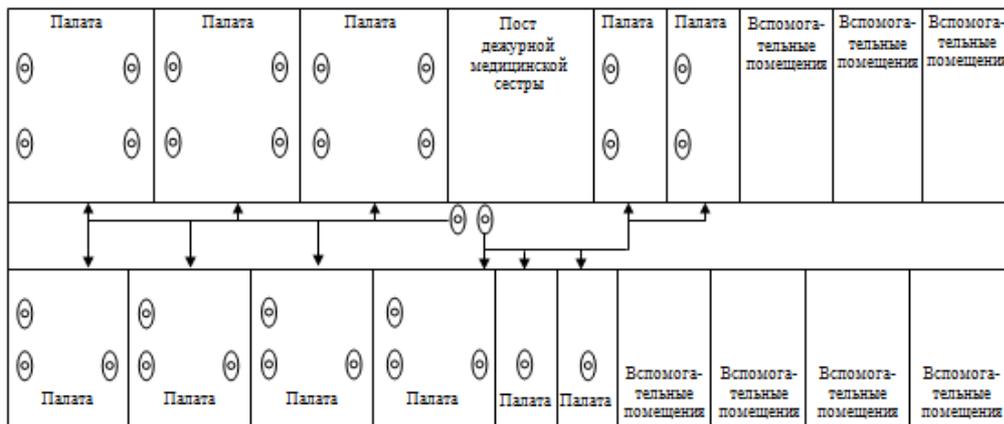


Рисунок 2.9 – Типовая схема осуществления оповещения пациенток палатного отделения об эвакуации двумя сотрудниками.

Стрелками обозначено направление движения;  $\odot$  – персонал, пациентки отделения

При оповещении голосом затрачивается время на движение по коридору, открытие палаты и оповещение о необходимости эвакуации. Схемы движения персонала могут принимать различный характер в зависимости от размещения палат в отделении, численности пациенток и персонала, их организованности, информированности и места нахождения на момент поступления сигнала о тревоге. Однако в отделениях учреждения родовспоможения коридорной системы время оповещения персоналом можно определить из соотношения [53]:

$$t_{\text{оп}} = \frac{l/n_{\text{оп}}}{v} + \frac{(n_{\text{п}}/n_{\text{оп}}) \cdot \Delta t + t_{\text{н.э}}^{\text{оч}}}{60}. \quad (2.3)$$

Значение времени начала эвакуации для помещения очага пожара  $t_{\text{н.э}}^{\text{оч}}$  определяется в зависимости от его площади ( $F$ ), согласно Методике [42].

При условии наличия двоих оповещающих ( $n_{оп}$ ), длине коридора 42 м ( $l$ ) [15], количестве палат 11 ( $n_{п}$ ), времени, затрачиваемого на оповещение одного помещения 7,5 с ( $\Delta t$ ), скорости движения оповещающих по коридору 100 м/мин ( $V$ ), времени начала эвакуации в помещении очага пожара  $t_{н.э}^{оч} = 5 + 0,01 \cdot F = 5 + 0,01 \cdot 10 = 5,1$  с,  $t_{оп} = 0,98$  мин. Таким образом, все пациентки будут оповещены на этаже пожара до срабатывания СОУЭ в здании и смогут приступить к эвакуации, тогда как на других этажах при отсутствии видимых признаков пожара людям придется ждать срабатывания СОУЭ.

Количество оповещенных людей и соответствующие им значения времени начала эвакуации оценочно можно определить из графика на рисунке 2.10.

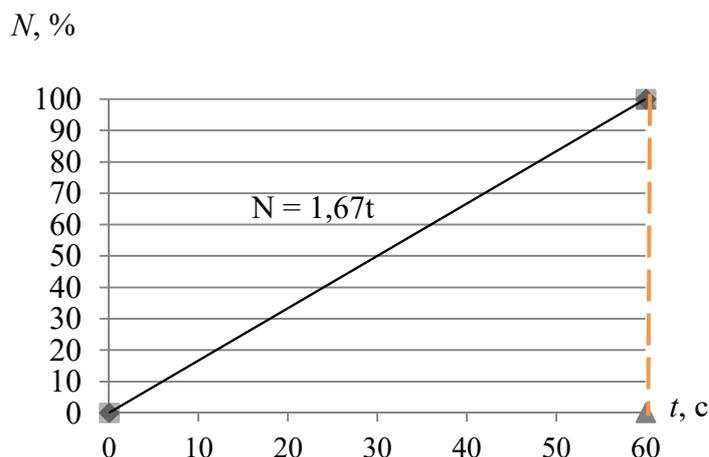


Рисунок 2.10 – Количество оповещенных в зависимости от времени, прошедшего с момента обнаружения пожара

В зависимости от конкретных характеристик расселения в субъектах России могут быть различные варианты принятия решений по формированию акушерских стационаров учреждений родовспоможения (таблица 2.10).

Таблица 2.10 – Организационные формы акушерских стационаров различных уровней учреждений родовспоможения

Уровни учреждений родовспоможения	Койко-места
Первый уровень (муниципальные и межрайонные родильные дома)	40–100
Второй уровень (межрайонные и городские родильные дома)	60–200
Третий уровень (зональные и региональные перинатальные центры)	100–250

При соблюдении рекомендаций по проектированию учреждений родовспоможения в палатном отделении находятся до 30 пациенток [4], которых при своевременном обнаружении пожара в нем сможет оповестить персонал до срабатывания СОУЭ, тогда в процентном соотношении для всего здания они составят: от 12 % (для 3 уровня учреждений родовспоможения на 250 коек) до 75 % (для 1 уровня учреждений родовспоможения на 40 коек). После срабатывания СОУЭ, очевидно, оповещены 100 % людей.

С учетом изложенных выше соображений и полученных значений, количество оповещенных пациенток в здании в зависимости от времени можно представить следующим образом (рисунок 2.11).

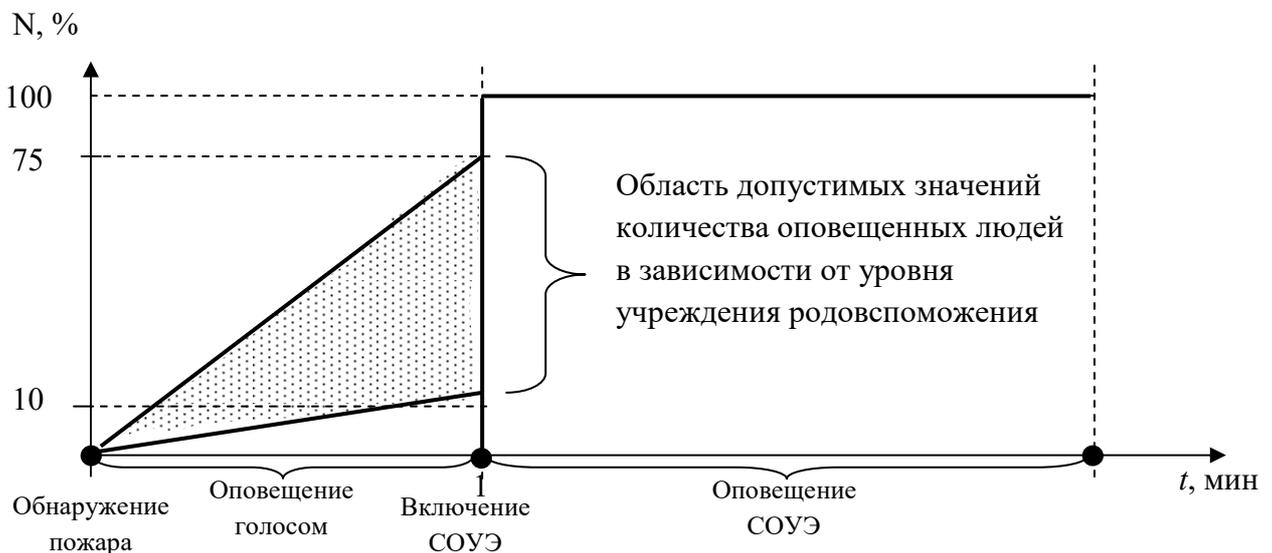


Рисунок 2.11 – Зависимость количества оповещенных людей ( $N$ ) от способа оповещения за интервал времени ( $t$ )

Для моделирования процесса эвакуации в существующих расчетных моделях, а также для расчетных оценок без применения электронно-вычислительных машин необходимо знать конкретные значения времени начала эвакуации. С учетом вышеизложенных обстоятельств, различные значения времени начала эвакуации для решения задач пожарной безопасности принимаются для отделения с помещением очага пожара и для остального здания (после срабатывания СОУЭ).

Для отделения с помещением очага пожара значения  $t_{н0}$  принимаем равномерно распределенными в диапазоне от 15 до 60 с. Пациентки,

находящиеся в отделении с помещением очага пожара, могут быть оповещены медицинским персоналом до срабатывания СОУЭ и, следовательно, приступить к эвакуации постепенно по мере получения сигнала об эвакуации. На реакцию людей будет влиять непосредственное наблюдение за распространением опасных факторов пожара в отделении. Применение равномерного распределения увеличивает вероятность появления большего количества людей с высокими значениями времени начала эвакуации, что увеличивает общее время эвакуации.

На других этажах (в других отделениях) значения  $t_{нз}$  принимаем нормально распределенными: при применении в здании 2-го типа СОУЭ с диапазоном значений от 60 до 360 с, средним значением 210 с, стандартным отклонением 50 с; при применении в здании 3-го типа СОУЭ с диапазоном значений от 60 до 240 с, средним значением 150 с, стандартным отклонением 30 с.

При отсутствии видимых признаков пожара людям придется ждать срабатывания СОУЭ, следовательно, нужно учесть время, необходимое для оповещения людей системой  $(t_{об} + t_{оп}) = 60$  с [53]. Данное значение соответствует минимальному из установленных нами диапазонов.

Время начала эвакуации в учреждениях родовспоможения согласно Методике определения расчетных величин пожарного риска [42] определяется в зависимости от типа СОУЭ, которым оборудовано здание. Для 1–2 типа СОУЭ – 6 мин, для 3–5 типа СОУЭ – 4 мин. Согласно [90] больницы должны оснащаться СОУЭ соответствующего типа в зависимости от количества койко-мест: при их значении до 60 – здание оснащается СОУЭ 2-го типа, при значении 60 и более – здание оснащается СОУЭ 3-го типа. Уровень учреждения родовспоможения также зависит от оснащенности здания койко-местами согласно [4]. Таким образом, учреждение родовспоможения 1-го уровня может быть оснащено СОУЭ как 2, так и 3 типа (в зависимости от численности койко-мест). Учреждения родовспоможения 2-го и 3-го уровня должны быть оснащены СОУЭ 3 типа (таблица 2.11).

Таблица 2.11 – Время начала эвакуации в зависимости от системы оповещения различных уровней учреждений родовспоможения согласно нормам [4, 42, 90]

Уровни учреждений родовспоможения	Койко-места [4]	Система оповещения [90]	Время начала эвакуации, мин [42]
1-й уровень	40–100	2–3 тип	4–6
2-й уровень	60–200	3 тип	4
3-й уровень	100–250	3 тип	4

Определенные таким образом значения времени начала эвакуации соответствующие Методике определения расчетных величин пожарного риска [42] соответствуют максимальным из установленных нами диапазонов (таблица 2.12).

Таблица 2.12 – Значения времени начала эвакуации в учреждении родовспоможения

№	Наименование помещения		Параметры распределения времени начала эвакуации, с			
			Минимальное значение $t_{н.э}$	Максимальное значение $t_{н.э}$	Среднее значение $t_{н.э}$	Среднее квадратическое отклонение
1	Помещение очага пожара		$5+0,01 * F$			
2	Этаж (отделение) с помещением очага пожара		15	60	–	–
3	Остальное здание (отделения)	2 тип СОУЭ	60	360	210	50
4		3 тип СОУЭ	60	240	150	30

Следствием применения в данном случае нормального закона распределения является то, что почти 70% значения приходится на интервал времени ( $\mu \pm \sigma$ ), что приведет к увеличению нагрузки на эвакуационные пути и выходы.

С помощью математических преобразований возможна генерация выборок по различным законам распределения. С использованием преобразования Бокса – Мюллера [89] для выборки, описываемой нормальным распределением, справедлива следующая формула [53]:

$$t_{н.э} = \mu + \sigma \sqrt{-2 \ln(R_1)} \sin(2\pi R_2), \quad (2.3)$$

где  $\mu$  – математическое ожидание,  $\sigma$  – стандартное отклонение,  $R_1, R_2$  – случайные величины, распределенные равномерно на отрезке  $[0; 1]$ . Логнормальное распределение генерируется на основе экспоненциального нормального распределения.

Выборку, подчиняющуюся равномерному распределению, можно получить из выражения

$$t_{н.э,i} = R(b - a) + a, \quad (2.4)$$

где  $R$  – случайная величина, распределенная равномерно на отрезке  $[0; 1]$ ;  $b$  – верхняя граница интервала распределения, мин;  $a$  – нижняя граница диапазона интервала распределения, мин.

Соотношение (2.5) позволяет математически корректно переходить от нормального (логнормального) к равномерному закону распределения, что дает возможность произвести переход к более гибкому нормированию времени начала эвакуации в учреждениях родовспоможения.

$$h = \frac{1}{b-a}, \quad (2.5)$$

$$h = \frac{1}{60-15} = 0,022,$$

где  $h$  – максимальное значение плотности вероятности.

Интервальные значения и законы распределения изучаемой величины  $t_{н.э}$  в зависимости от места очага пожара в палатных отделениях учреждения родовспоможения представлены на рисунке 2.12. В таблице 2.13 представлена генерация выборок по равномерному и нормальному законам распределения.

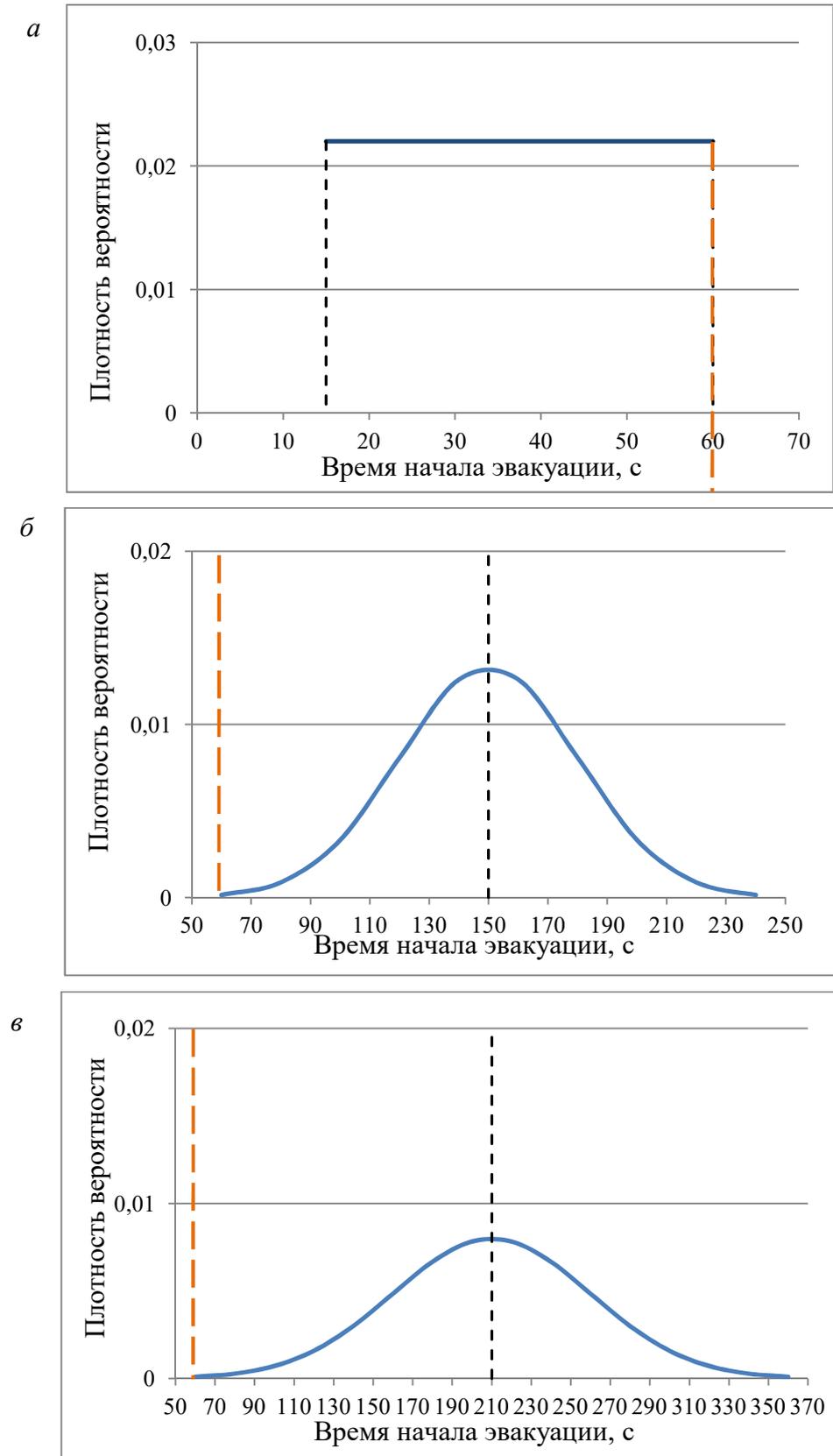


Рисунок 2.12 – Интервалы значений и законы распределения изучаемой величины  $t_{н.э}$  в зависимости от места очага пожара в палатных отделениях учреждения родовспоможения:

*a* – в отделении с помещением очага пожара (оповещение голосом);

*б, в* – на остальных этажах (отделениях) здания после срабатывания 2 и 3 типа СОУЭ соответственно

Таблица 2.13 – Генерация выборок по различным законам распределения

№	$t_{нэ}, c$			№	$t_{нэ}, c$			№	$t_{нэ}, c$		
	Равномерное распределение	Нормальное распреде ление			Равномерное распределение	Нормальное распреде ление			Равномерное распределение	Нормальное распреде ление	
		3 тип СОУЭ	2 тип СОУЭ			3 тип СОУЭ	2 тип СОУЭ			3 тип СОУЭ	2 тип СОУЭ
1	50	159	225	16	27	234	350	31	49	199	291
2	23	120	160	17	18	130	177	32	46	120	161
3	43	117	155	18	37	144	199	33	48	164	234
4	30	140	193	19	20	99	124	34	33	179	259
5	19	174	250	20	27	94	117	35	25	155	219
6	27	146	203	21	15	117	154	36	27	127	172
7	34	84	100	22	19	134	184	37	53	162	230
8	37	138	190	23	23	133	182	38	59	142	197
9	22	149	208	24	32	162	229	39	46	121	162
10	27	178	256	25	24	183	265	40	24	154	217
11	47	122	164	26	56	134	183	41	53	107	138
12	44	185	268	27	42	157	222	42	22	143	198
13	21	174	250	28	54	144	201	43	30	120	160
14	46	222	330	29	58	162	229	44	31	201	296
15	23	184	267	30	34	169	242	45	54	162	230

Использование равномерного распределения случайной величины времени начала эвакуации в отделении с помещением очага пожара увеличивает вероятность появления большего количества людей с высокими значениями  $t_{нэ}$ .

Следовательно, для этажей учреждения родовспоможения с относительно небольшим количеством людей на этаже (в палатном отделении), применение равномерного закона распределения ведет к максимальному увеличению общего времени эвакуации. Для людей на остальных этажах (отделениях) следует принимать нормальный закон распределения, так как это увеличивает нагрузку на эвакуационные пути и выходы. Такой избирательный подход отражает особенности оповещения

людей, связанные с их местоположением относительно очага пожара, и позволяет прогнозировать наиболее неблагоприятные сценарии развития пожара в здании.

#### **2.4. Выводы по второй главе**

1. Анализ отечественной и зарубежной нормативной базы и результатов исследований позволил заключить, что мероприятий по изучению начального этапа эвакуации в учреждениях родовспоможения не проводилось.

2. В рамках настоящей работы организована и впервые проведена серия экспериментов для определения значений величины времени начала эвакуации в дневное и ночное время в палатных отделениях учреждений родовспоможения в различных городах России (в г. Москве и г. Вязьме), в которых приняло участие 134 женщины.

3. Исследован ранее не охваченный нормами этап подготовки к эвакуации – затраты времени на организацию эвакуации на этаже пожара до включения общеобъектовой системы оповещения. Установлены расчетные зависимости между временем обнаружения пожара и количеством оповещённых людей.

4. Экспериментально определена длительность времени начала эвакуации при пожаре в отделениях учреждения родовспоможения и обоснован выбор закона распределения времени начала эвакуации в зависимости от времени, прошедшего с начала пожара.

5. Совокупность полученных данных свидетельствует о том, что время начала эвакуации является случайной величиной, которая зависит от множества факторов, основными из которых в ходе проведения экспериментов отмечены следующие: подготовка персонала, их знания, быстрота и слаженность действий; восприятие самими пациентками возможной угрозы при получении сигнала об эвакуации.

### **ГЛАВА 3. ПРОВЕДЕНИЕ ИССЛЕДОВАНИЙ ОСОБЕННОСТЕЙ ДВИЖЕНИЯ БЕРЕМЕННЫХ ПАЦИЕНТОК УЧРЕЖДЕНИЙ РОДОВСПОМОЖЕНИЯ ПРИ ЭВАКУАЦИИ**

#### **3.1. Площадь горизонтальной проекции беременных пациенток учреждений родовспоможения**

При движении людей в одном направлении по общему пути образуется людской поток с определенной шириной и длиной, плотность которого зависит не только от числа людей его составляющих, но и от площади их горизонтальной проекции  $f$  [20].

Применение при расчете плотности людского потока горизонтальной проекции человека позволяет получить более реалистичное представление о формируемых при эвакуации людских потоках. Величина площади, занимаемой человеком, варьируется в зависимости от возраста, типа одежды [20], наличия дополнительных грузов (сумок, ребенка) [35], наличия дополнительных предметов для перемещения (трости, костылей, кресел-колясок, носилок) [91], что учтено в методике [85, 42].

Внешними и явными изменениями женщины в период беременности является увеличение габаритов, прибавление веса тела. При нормальном течении беременности прибавка в весе достигает до 16 кг [91], что естественным образом отражается на габаритах тела. Окружность живота в норме увеличивается от 70–75 см (на 20 неделе) до 95–100 см (на 40 неделе).

В нормах США NFPA 101 [85] в разделе, устанавливающем минимальную ширину путей и выходов, указаны антропометрические размеры людей, в том числе и беременных женщин (рисунок 3.1).

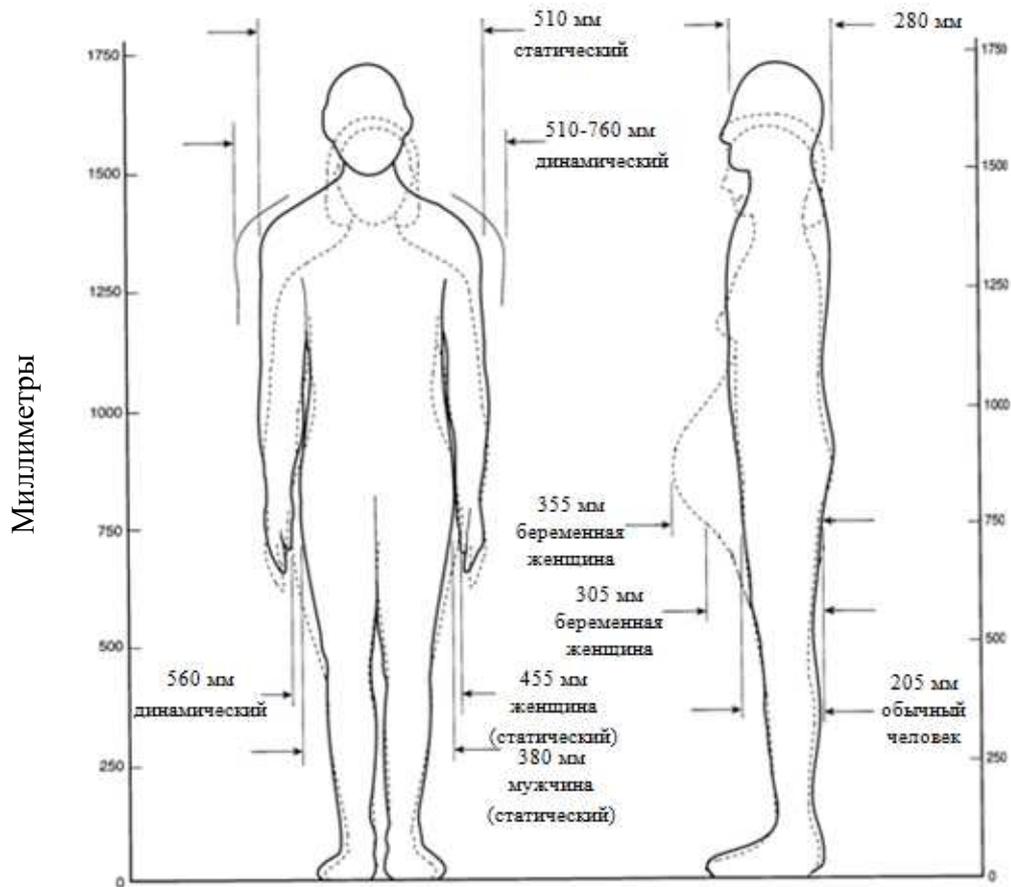


Рисунок 3.1 – Антропометрические размеры: мужчин, женщин, беременных женщин по [85]

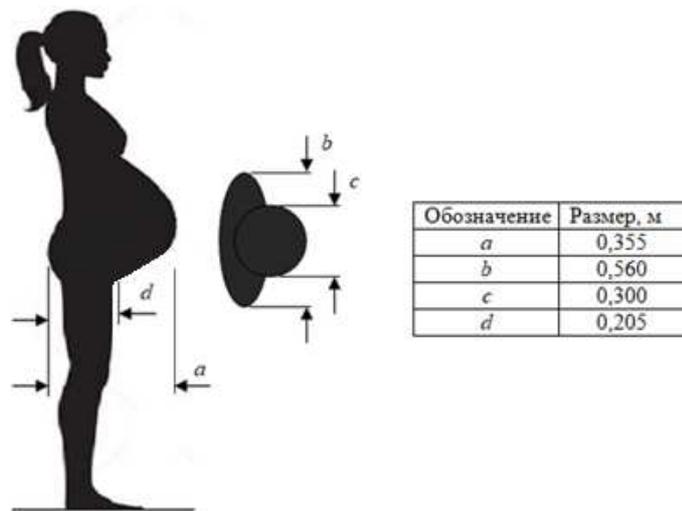


Рисунок 3.2 – Площадь горизонтальной проекции беременной женщины по данным [85]

По данным этого справочника, ширина беременной женщины в плечах составляет 510 мм, а при движении может увеличиваться до 760 мм, толщина – 355 мм. Эти данные позволяют рассчитать площадь горизонтальной проекции в виде эллипса:

$$f = \frac{1}{4} \cdot \pi \cdot a \cdot c = \frac{1}{4} \cdot 3,14 \cdot 0,51 \cdot 0,355 = 0,142 \text{ м}^2.$$

В российских нормах [42] горизонтальная проекция беременной женщины принята в форме эллипса с половиной окружности на основании габаритов [85] и составляет 0,13 м<sup>2</sup> (рисунок 3.2).

В нормативном документе [93] также указаны антропометрические размеры человека, необходимые для расчета размеров проемов и отверстий для доступа человека к машине. Данные по размерам тела человека базируются на современном состоянии антропометрических исследований, проведенных для репрезентативных групп европейского населения, насчитывающих около трех миллионов человек (мужчин и женщин). Проведены статические измерения людей, без учета одежды, движения тела, оснащения. Необходимые для расчета площади горизонтальной проекции габариты человека по данному нормативному документу для 95 % исследованных людей составляют: толщина тела человека – 342 мм, ширина тела в локтях – 545 мм, тогда площадь горизонтальной проекции составит 0,146 м<sup>2</sup>.

В работе [94] определены статические и динамические габариты людей различной мобильности и возраста с использованием методики проецирования человека на поверхность бумаги с координатной сеткой. В результате установлено, что в рассматриваемых случаях проекция человека занимает приблизительно на 20 % больше (за счет локтей, ступней и головы), чем при расчете по методу, предложенному А.И. Милинским [20] (по ширине и толщине груди человека).

В связи с противоречивостью опубликованных данных были проведены замеры габаритов беременных женщин в последнем триместре беременности. Замеры проводились следующим образом. С помощью лазерной указки, прикрепленной к уровню, производилось проецирование габаритов беременной пациентки на миллиметровую бумагу. Пациентка становилась на лист миллиметровой бумаги, размещенный на горизонтальном участке пути, после чего ее статические габариты проецировались на подготовленную поверхность с помощью лазерной указки, прикрепленной к уровню, и фиксировались маркером (рисунок 3.3 а). Динамические габариты (зона, которую непосредственно

занимает человек при движении) определялись при совершении женщиной шага вперед (рисунок 3.3 б).

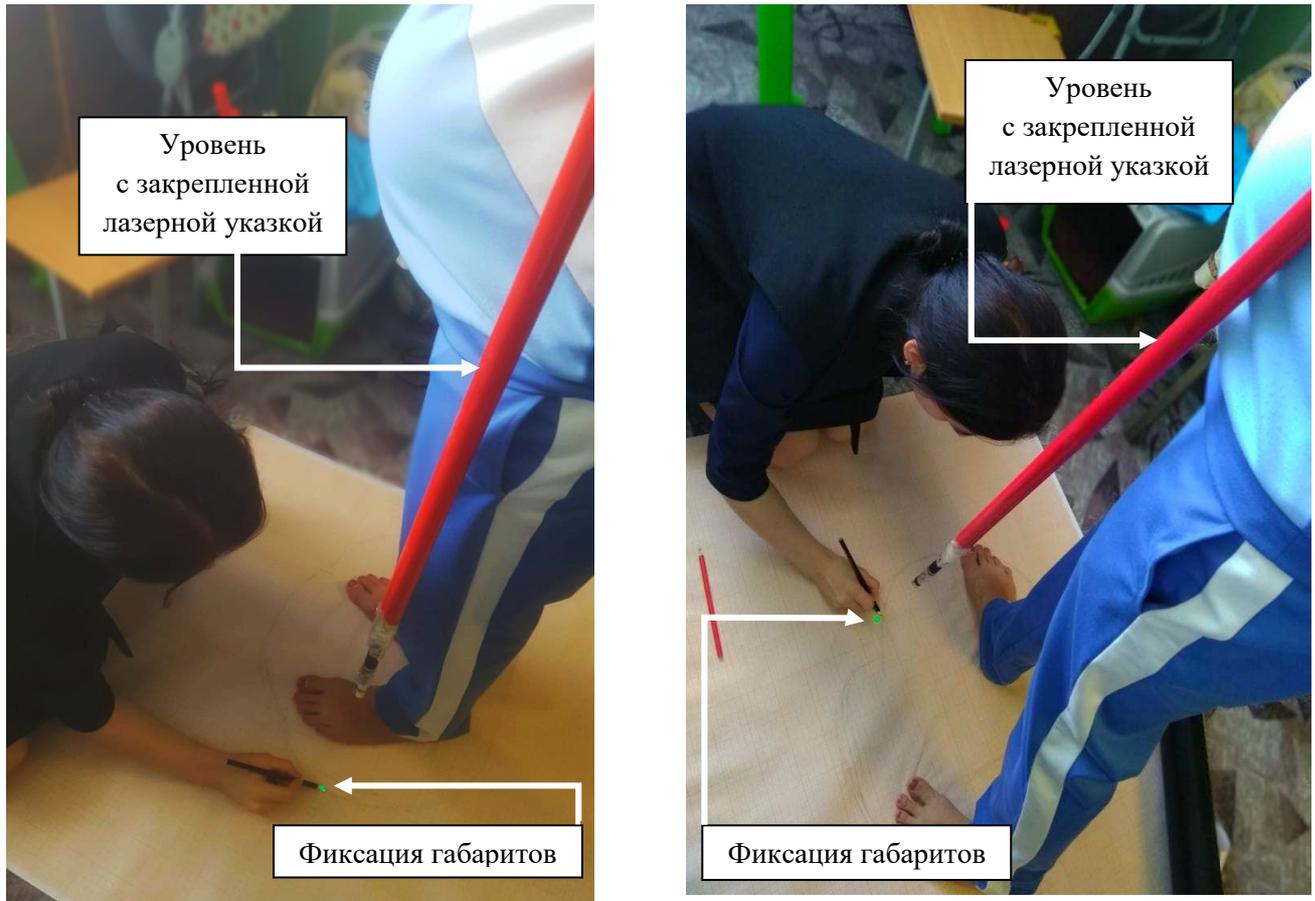


Рисунок 3.3 – Производство замеров площади горизонтальной проекции беременных пациенток учреждений родовспоможения: а – статической; б – динамической

Результаты обмеров показали, что площадь горизонтальной проекции данной категории людей варьируется в следующих пределах: статические от 0,13 до 0,18 м<sup>2</sup>, динамические от 0,15 до 0,22 м<sup>2</sup> (табл. 3.1). Минимальный порог отражен в ныне существующих нормах [42], однако значения могут быть и выше.

Таблица 3.1 – Значения замеров площади горизонтальной проекции беременных пациенток

$f$ по статическим габаритам, м <sup>2</sup>	0,139	0,158	0,182	0,148	0,131	0,133	0,149	0,159	0,148	0,154
$f$ по динамическим габаритам, м <sup>2</sup>	0,157	0,222	0,216	0,181	0,147	0,166	0,175	0,211	0,168	0,154

Важно иметь в виду, что площадь горизонтальной проекции указана без учета верхней одежды. Надевание пациентками верхней одежды при эвакуации из палатных отделений учреждений родовспоможения увеличит время начала эвакуации. Использование одеяла для утепления позволит беременным женщинам

начать движение к эвакуационному выходу без значительных временных затрат, однако приведет к увеличению площади их горизонтальной проекции, которая зависит от толщины одеяла и способа его перемещения (рисунок 3.4).



Рисунок 3.4 – Использование одеяла при эвакуации в учреждениях родовспоможения:

▲ – пациентка обернута в одеяло; ▲ – одеяло в свернутом положении в руках пациентки

В результате проведенной работы экспериментальным путем установлены средние значения площади горизонтальной проекции беременных пациенток с учетом их статических ( $f_{ст} = 0,15 \text{ м}^2$ ) и динамических ( $f_{дин} = 0,18 \text{ м}^2$ ) габаритов. При возможности свободного движения без влияния плотности, значение площади горизонтальной проекции пациенток может соответствовать определенной по динамическим габаритам, по мере увеличения плотности (количества человек на  $\text{м}^2$ ) величина площади будет уменьшаться до величины, соответствующей статическим.

### 3.2. Организация и методика проведения натуральных наблюдений и экспериментов

В медицинских литературных источниках отмечается, что беременность оказывает существенное влияние на организм женщины [95]. Общая масса тела женщины постепенно увеличивается, центр тяжести смещается, увеличивается

нагрузка на нижние конечности. Жалобы на нарушение опорно-двигательной системы фиксируют практически у каждой женщины во время беременности. Более 80 % женщин испытывают боли в ногах, большей частью в области стоп [96]. Вышеизложенные особенности оказывают влияние на движение пациенток учреждений родовспоможения при их эвакуации в случае пожара.

С целью определения параметров движения при эвакуации пациенток учреждений родовспоможения были организованы экспериментальные исследования и натурные наблюдения в роддомах и перинатальных центрах.

*а**б*

Рисунок 3.5 – Способы перемещения пациенток учреждений родовспоможения, имеющих ограничения мобильности: *а* – на каталке; *б* – на кресле-коляске

Рассматривая способность к эвакуации пациенток учреждений родовспоможения при пожаре, следует отметить, что женщина в антенатальном периоде, не имеющая медицинских противопоказаний, роженица на первом этапе родов, родильница после кесарева сечения (через 6–12 часов) и после естественных родов (2–6 часов) смогут самостоятельно покинуть здание (рисунок 3.6). А вот женщина в антенатальном периоде, имеющая медицинские противопоказания, роженица на втором и третьем этапе родов, родильница после

кесарева сечения и после естественных родов до истечения определенного времени для восстановления сил (прекращения действия медицинских препаратов) и новорожденные без помощи со стороны медперсонала не смогут эвакуироваться самостоятельно. На рисунке 3.5 представлены способы перемещения пациенток учреждений родовспоможения, имеющих ограничения мобильности.



Рисунок 3.6 – Процесс движения пациенток учреждений родовспоможения:

*а* – по горизонтали; *б* – через проем; *в* – по лестнице вниз

Для проведения экспериментальных исследований процесса эвакуации в учреждениях родовспоможения были выбраны отделения гинекологии и патологии беременных, т.е. отделения с наибольшим количеством людей с ограниченными возможностями передвижения.

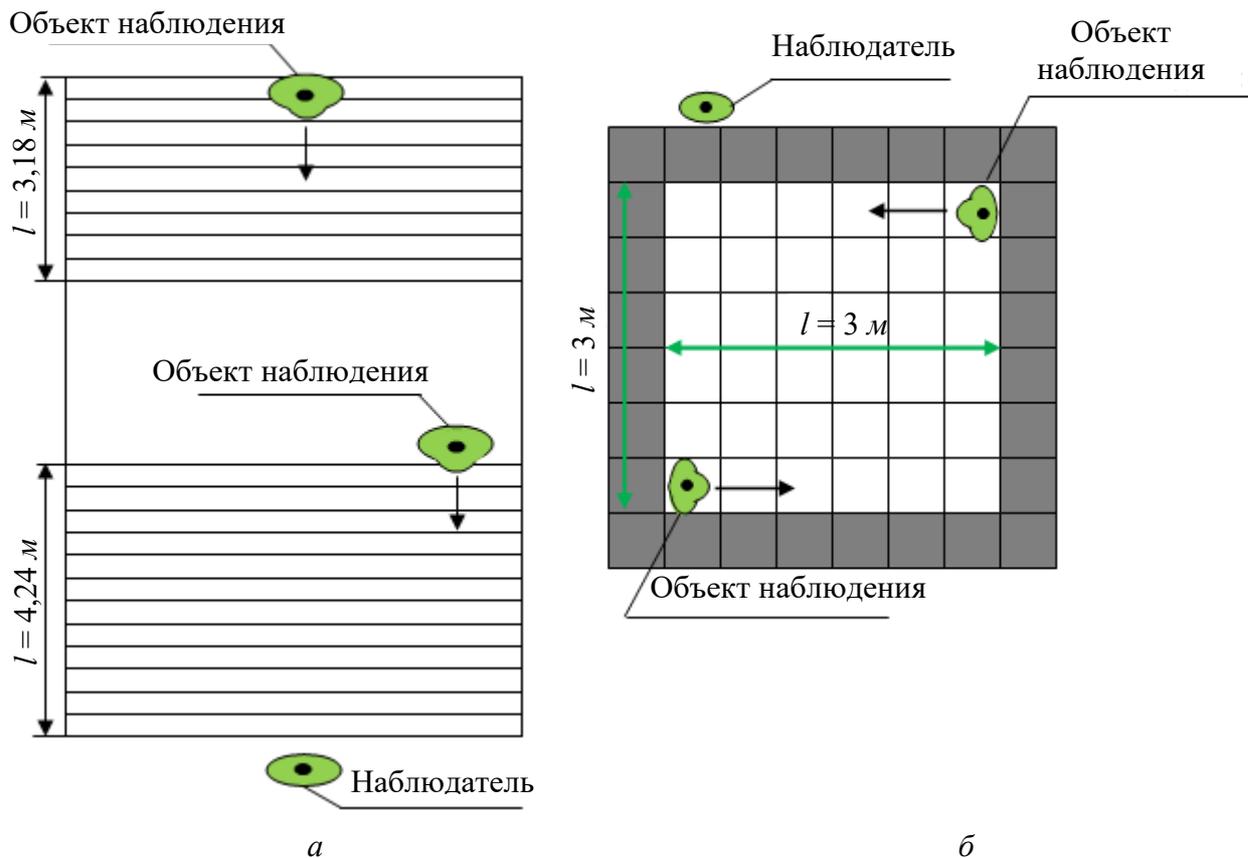


Рисунок 3.7 – Участки длиной  $l$  фиксации скоростей движения беременных пациенток:  
*а* – по лестнице вниз; *б* – горизонтальному участку пути

С целью получения первичных количественных данных скоростей свободного движения были проведены натурные наблюдения в перинатальном центре г. Москвы. Все сотрудники и пациентки были заранее предупреждены и подготовлены. Проведение эвакуации без информирования о времени и сценарии ее проведения невозможно ввиду уязвимого состояния пациенток и напряженности функционального процесса в данных учреждениях.

Измерения исследуемого параметра производились при наблюдении за эвакуацией женщин в третьем триместре беременности (7–9-й месяцы). Эксперимент был организован следующим образом (рисунок 3.7):

- предварительно выбраны удобные для наблюдения участки пути и измерена их протяженность и ширина ( $l$ , м);
- наблюдателем занято место в конце участка наблюдения по ходу движения;
- с помощью секундомера отмечалось время преодоления выбранного участка пути пациенткой, далее рассчитывалась скорость движения.

Организация подготовки к проведению эксперимента для получения эмпирических данных для определения скоростей движения пациенток в различных интервалах плотности включала следующие этапы:

- заранее выбраны отделения, в которых будет проведена эвакуация, проинформирован медперсонал;
- расставлены видеозаписывающие устройства с углом обзора не менее  $120^\circ$  на участках пути (коридор, проем, лестница вверх и вниз) движения людского потока;
- установлена масштабная сетка (размером ячейки  $1 \times 1$  м) для фиксации геометрических размеров участка пути.

По окончании подготовительных мероприятий включалась видеозаписывающая аппаратура (видеорегистраторы) с углом обзора не менее  $120^\circ$ . Далее начинался процесс одновременной эвакуации беременных пациенток, которые не имели медицинских противопоказаний.

Следующим этапом исследования являлся анализ видеоматериалов. С помощью программы «Screen Marker» на экран компьютера были нанесены контуры масштабной сетки со снятого контрольного кадра (рисунок 3.6). Далее осуществлялся покадровый просмотр видеоматериалов для получения параметров движения пациенток учреждений родовспоможения при определенных значениях плотности.

После входа пациентки в зону ячейки масштабной сетки длиной  $\Delta l = 1$  м фиксировалось количество людей перед ней и рассчитывалась плотность потока  $D$  (чел./м<sup>2</sup>). При установленном режиме одна секунда съемки состояла из 30 сменяемых кадров, что позволяло с большей точностью установить время  $\Delta t$  (мин) прохождения пациенткой зоны ячейки масштабной сетки – входа на рассматриваемый участок пути и выхода из него.

Далее рассчитывалась скорость  $V_{\text{пер}}$  (м/мин) прохода пациентки данной ячейки (формула 3.1) и интенсивность движения  $q$  (чел/(м·мин)) (формула 3.2). По такому принципу определяются параметры движения каждого человека исследуемого людского потока.

$$V_{\text{пер}} = \Delta l / \Delta t; \quad (3.1)$$

$$q = V_{\text{пер}} \cdot D. \quad (3.2)$$

Формирующиеся у дверного проема людские потоки исследовались следующим образом. Определялась скорость движения  $V_D$  (м/мин) подходящего к границе дверного проема людского потока с установленной плотностью  $D$  (чел./м<sup>2</sup>). Затем рассчитывается интенсивность  $q_D$  (чел/(м·мин)):

$$q_D = V_D \cdot D, \quad (3.3)$$

$$V_D = l / \Delta t. \quad (3.4)$$

Полученные в ходе экспериментов данные впоследствии подлежали статистической обработке.

### **3.3. Статистическая обработка данных параметров движения беременных пациенток учреждений родовспоможения**

В результате первичной обработки результатов проведенных экспериментов были получены выборочные совокупности данных скоростей движения беременных пациенток в различных интервалах плотности.

Тестирование на соответствие эмпирической выборки нормальному распределению – важнейший этап научного исследования, от которого зависит выбор метода статистического анализа данных [87–89]. Проверка гипотезы о нормальности распределения выборочной совокупности производилась с использованием следующих критериев:

- критерия Шапиро – Уилка ( $W$ ) при числе наблюдений меньше 50, при большем числе наблюдений критерий становится излишне жестким;
- критерия Колмогорова – Смирнова, при числе наблюдений больше 50.

После подтверждения гипотезы о нормальности распределения выборочной совокупности выполнялась проверка наличия грубых погрешностей при помощи правила трех сигм ( $3\sigma$ ): скорости, отличающиеся от среднего значения более чем на  $3\sigma$ , исключались из выборок. Далее проводилось сравнение независимых выборок из разных серий экспериментов на однородность для их объединения при помощи параметрического критерия –  $t$ -критерия Стьюдента. Возможность его ошибочного применения исключается учетом наличия или отсутствия однородности дисперсий в исследуемых выборках с помощью  $F$ -критерия Фишера.

Для интервала плотности от 1 до 2 человек на  $m^2$  при движении по горизонтальному виду пути при исследовании двух сформированных выборок применение указанных критериев производилось следующим образом:

1. Проверка гипотезы о нормальности распределения выборочных совокупностей.

В компьютерной программе для статистической обработки данных (SPSS Statistics) определялся критерий Шапиро – Уилка ( $W$ ), который далее сравнивался с критическим значением ( $W_{кр}$ ) в зависимости от объема выборки  $n$  и уровня значимости ( $\alpha = 0,05$ ). Если значение  $W$  больше  $W_{кр}$ , то тестируемое эмпирическое распределение на указанном уровне значимости соответствует нормальному (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Значения критериев Шапиро – Уилка ( $W$ ) для проверки гипотезы о нормальности распределения выборочных совокупностей скоростей движения по горизонтальному виду пути

Номер выборки ( $i$ )	Плотность $D$ , чел/м <sup>2</sup>			
	1–2			
	$n$	$W_{кр}$	$W$	
1	27	0,923	0,975	$W_{кр} < W$
2	28	0,924	0,930	$W_{кр} < W$

2. Сравнение независимых выборок на однородность для изучения возможности их объединения.

Для сравнения дисперсий двух выборок применялся критерий Фишера (F-критерий), для чего вычислялось отношение дисперсий:

$$F = \frac{S_1^2}{S_2^2}, \quad (3.5)$$

где  $S_1^2$  – большее значение дисперсии из двух сравниваемых выборок,  $S_2^2$  – меньшее значение дисперсии из двух сравниваемых выборок.

Расчетное значение  $F$ -критерия сравнивалось с табличным (критическим  $F_{кр}$ ).  $F_{кр}$  определялось в зависимости от выбранного уровня значимости ( $\alpha = 0,05$ ) и числа степеней свободы, которые вычислялись по формулам:  $df_1 = n_1 - 1$ ,  $df_2 = n_2 - 1$  (таблица 3.3),  $n_1$  и  $n_2$  – число наблюдений в сравниваемых выборках.

Таблица 3.3 – Значения критерия Фишера ( $F$ -критерий) для сравнения дисперсий двух выборочных совокупностей скоростей движения по горизонтальному виду пути

Номер выборки ( $i$ )	Плотность $D$ , чел./м <sup>2</sup>				
	1–2				
	$df_i$	$S^2$	$F$	$F_{кр}$	
1	26	44,797	1,002	1,69	$F < F_{кр}$
2	27	44,690			

Если расчетное отношение дисперсий меньше табличного значения ( $F < F_{кр}$ ), гипотеза о равенстве дисперсий сравниваемых выборок подтверждается.

Далее производился расчет  $t$ -критерия Стьюдента для проверки гипотезы о равенстве средних значений выборок (при разных значениях дисперсий и числа наблюдений):

$$t = \frac{\bar{X}_1 - \bar{X}_2}{\sqrt{\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}}} \quad (3.6)$$

Число степеней свободы определялось по следующей формуле:

$$df = \frac{\left(\frac{S_1^2}{n_1} + \frac{S_2^2}{n_2}\right)^2}{\frac{S_1^4}{n_1^2(n_1-1)} + \frac{S_2^4}{n_2^2(n_2-1)}}, \quad (3.7)$$

где  $\bar{X}_1$  и  $\bar{X}_2$  – средние значения,  $S_1^2$  и  $S_2^2$  – дисперсии,  $n_1$  и  $n_2$  – число наблюдений в сравниваемых выборках.

Таблица 3.4 – Значения  $t$ -критерия Стьюдента для сравнения средних значений двух выборочных совокупностей скоростей движения по горизонтальному виду пути

Номер выборки ( $i$ )	Плотность $D$ , чел./м <sup>2</sup>					
	1–2					
	$n$	$\bar{X}_i$	$t$	$df$	$t_{кр}$	
1	27	48,32	2,211	52,9	2,399	$t < t_{кр}$
2	28	44,33				

Если расчетное значение  $t$ -критерия Стьюдента меньше табличного при заданном уровне значимости ( $\alpha = 0,02$ ), гипотеза о равенстве средних значений сравниваемых выборок подтверждается (таблица 3.4). Следовательно, возможно объединение двух выборочных совокупностей в общую, состоящую из 55 скоростей движения ( $n = 55$ ). В таблице 3.5 представлена объединенная выборка значений скоростей движения беременных пациенток по горизонтальному виду пути в интервале плотности 1–2 чел./м<sup>2</sup>.

Для построения зависимости между основными параметрами движения беременных пациенток не использовались выборки, однородность которых не была подтверждена. Экспериментальные данные, отобранные для дальнейшего использования, представлены в таблицах 3.6–3.7.

Таблица 3.5 – Параметры скорости движения беременных пациенток по горизонтальному виду пути в интервале плотности 1–2 чел./м<sup>2</sup>

№ п/п	Интервалы скорости движения, м/мин	Середина интервала скорости движения, м/мин	Подсчет отдельных значений	Частота попадания в интервалы	Относительная частота
1	32,73-36,92	34,83	ШШШ	6	0,109
2	36,92-41,11	39,02	ШШШШ	7	0,127
3	41,11-45,30	43,21	ШШШШШШШ	12	0,218
4	45,30-49,50	47,40	ШШШШШ	9	0,163
5	49,50-53,69	51,59	ШШШШШШШШШ	15	0,273
6	53,69-57,88	55,78	ШШ	3	0,055
7	57,88-62,07	59,97	ШШ	3	0,055
–	–	–	–	Σ=55	Σ=1,000

Таблица 3.6 – Скорость движения беременных пациенток учреждений родовспоможения по горизонтальным путям и по лестницам

Интервал плотности $D$ , чел/м <sup>2</sup>	Количество наблюдений $n$	Математическое ожидание скорости $m(V)$ , м/мин	Среднеквадратическое отклонение $\sigma(V)$ , м/мин	95% доверительный интервал, м/мин	
				Нижняя граница	Верхняя граница
Горизонтальный путь					
0–1	380	55,2	10,2	54,2	56,2
1–2	55	46,3	6,9	44,4	48,2
2–3	38	37,0	4,9	35,4	38,6
3–4	10	26,6	1,5	25,6	27,7
Лестница вниз					
0–1	156	34,5	6,9	33,4	35,6
1–2	44	32,7	3,4	31,7	33,8
2–3	29	27,0	2,2	26,2	27,9
3–4	4	20,5	0,4	19,8	21,1
Лестница вверх					
0–1	155	31,3	5,6	30,4	32,1
1–2	29	29,6	2,5	28,7	30,6
2–3	61	22,7	2,3	22,1	23,3
3–4	17	18,8	1,5	18,0	19,6

Таблица 3.7 – Средние значения интенсивности движения через проем беременных пациенток учреждений родовспоможения

Интервал плотности $D$ , чел/м <sup>2</sup>	Количество наблюдений $n$	Интенсивность $q$ , чел/(м·мин)
1–2	36	84
2–3	23	90
3–4	9	96

В результате первичной обработки результатов проведенных экспериментов получены выборочные совокупности данных о скоростях движения беременных

пациенток в различных интервалах плотности, которые отвечают требованиям репрезентативности, т.е. выводы, полученные при исследовании части генеральной совокупности, применимы ко всей совокупности.

В первую очередь репрезентативность выборки зависит от ее объема: необходимо обеспечить достаточную численность полученных данных. При этом вероятность попадания элемента генеральной совокупности в выборку должна быть одинаковой для любого из элементов [87–89].

Определение необходимого объема выборочной совокупности для обеспечения требуемой точности результатов наблюдений производилось по формуле [97]:

$$n = \frac{(x \cdot v)^2}{\varepsilon^2}, \quad (3.8)$$

где  $x$  – коэффициент доверительной вероятности  $P(0,95)$ ;  $x = 1,96$ ;

$v$  – значение меры изменчивости, %;  $v = (\sigma / \bar{X}) \cdot 100$  %;

$\sigma$  – среднее квадратическое отклонение,  $\bar{X}$  – среднее арифметическое значение выборки, м/мин;

$\varepsilon$  – показатель точности исследований;  $\varepsilon = 3–5$  %.

Например, расчет необходимой численности скоростей движения беременных пациенток по горизонтальному виду пути в интервале плотности 1–2 чел/м<sup>2</sup> проводился следующим образом:

$$n = \frac{(1,96 \cdot 14,9)^2}{5^2} \approx 35;$$

$$v = (6,9/46,3) \cdot 100 = 14,9 \text{ \%}.$$

Необходимая численность измерений составила 35 значений, что меньше фактической численности ( $n = 55$ ), следовательно, условие достаточности численности полученных данных соблюдено.

На основе результатов расчетов для скоростей движения беременных пациенток по различным видам пути при различных интервалах плотности установлена необходимая численность измерений, которая сопоставлялась с фактической (таблица 3.8).

Таблица 3.8 – Соотношение фактической и необходимой численности экспериментов по определению скорости движения беременных пациенток учреждений родовспоможения по различным видам пути

Вид пути	Количество измерений	
	Фактическое	Необходимое
Горизонтальный путь	483	158
Дверной проем	99	73
Лестница вниз	233	136
Лестница вверх	262	123
Сумма	1077	490

Проведенная таким образом статистическая обработка данных о скоростях движения беременных пациенток учреждений родовспоможения при движении по различным видам пути в различных интервалах плотности позволила определить выборочные совокупности эмпирических данных, отражающие основные характеристики генеральной совокупности.

Полученные в ходе обработки эмпирического материала статистические данные легли в основу анализа по выявлению зависимости:

- эмоционального состояния и скорости свободного движения беременных пациенток учреждений родовспоможения;
- скорости движения от плотности людского потока, состоящего из беременных пациенток учреждений родовспоможения.

### **3.4 Закономерности влияния эмоционального состояния на скорость свободного движения беременных пациенток учреждений родовспоможения**

В одном из перинатальных центров г. Москвы в ноябре 2015 – мае 2016 года проводились замеры скоростей свободного движения его пациенток. Наблюдения проводились в утреннее (с 8:00 до 11:00), а также вечернее время (с 16:00 до 19:00). Именно в эти временные периоды пациентки с наибольшей поспешностью направляются либо на прием к врачу, либо возвращаются домой.

За три часа наблюдений представлялось возможным измерить скорости приблизительно 40 женщин. Наблюдателем фиксировалось движение женщин в третьем триместре беременности (7–9 месяц).

Определение скорости свободного движения беременных пациенток учреждений родовспоможения в зависимости от степени психологической напряженности ситуации было произведено по методике, разработанной в 80-х годах прошлого века (и многократно апробированной в дальнейшем) профессором В.В. Холщевниковым. Был сделан вывод о том, что *«объем энергии, выделяемый на двигательную сферу, определяется эмоциональным состоянием, возникающим при определенной степени психологической напряженности, и не увеличивается без ее изменения»* [38, с. 131].

В работе [98] установлены стадии развития отрицательного эмоционального состояния, где эмоциональное состояние шкалируется от уровня эмоциональной напряженности:

1 стадия ( $0 < \mathcal{E}_i < 0,3$ ) характеризуется настройкой организма ко встрече с ожидаемой опасностью;

2 стадия ( $0,3 < \mathcal{E}_i < 0,7$ ) характеризуется состоянием повышенной активности организма. Перераспределение энергии, вырабатываемой им, происходит в пользу двигательной сферы;

3 стадия ( $0,7 < \mathcal{E}_i < 1$ ) характеризуется резким спадом активности.

Таким образом, *«изменение эмоционального состояния является отражением степени психологической напряженности ситуации»* [38, с. 127]. Для описания формы зависимости применен принцип согласованного оптимума [99].

Для получения расчетных экстремальных значений рассматриваемой случайной величины скорости свободного движения была применена теория распределения крайних членов выборки на основе двойного показательного закона.

Отбор максимальных значений  $V_n$  из выборочных совокупностей в интервале плотности  $D = 0-1$  (чел/м<sup>2</sup>) проводится из условия  $V_n > \bar{V} + 2\sigma$ , где  $\bar{V}$  –

математическое ожидание скоростей в выборке, м/мин;  $\sigma$  – стандартное отклонение, м/мин.

Далее определяется эмпирическая вероятность крайних членов выборки  $P(V_n)$ :

$$P(V_n) = \frac{n}{\sum n + 1}. \quad (3.9)$$

Выражается вероятность крайних членов выборки на основе двойного показательного закона:

$$P(V_n) = e^{-e^{-x_n}}. \quad (3.10)$$

Нормированное уклонение от моды кривой плотности распределения  $X_n$  с учетом эмпирических значений  $P(V_n)$  выражается из соотношения:

$$X_n = -\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405. \quad (3.11)$$

Далее строится график эмпирического распределения максимальных значений скоростей движения людей и соответствующих им вероятностей (рисунки 3.8–3.10), которое было аппроксимировано линейной зависимостью вида:

$$V_n = \alpha X_n + g, \quad (3.12)$$

где  $\alpha$  и  $g$  – коэффициенты аппроксимации.

Тогда получим:

для горизонтального пути:

$$V_n = 6,335X_n + 78,42; \quad (3.13)$$

для лестницы вниз:

$$V_n = 6,118X_n + 51,40; \quad (3.14)$$

для лестницы вверх:

$$V_n = 3,091X_n + 45,75. \quad (3.15)$$

Таблица 3.9 – Данные для определения вероятностей максимальных скоростей движения беременных пациенток по различным видам пути

$n$	$V_n$	$P(V_n)$	$X_n$	$n$	$V_n$	$P(V_n)$	$X_n$
Горизонтальный вид пути				Лестница вниз			
1	76,60	0,125	-0,73212	1	50,88	0,250	-0,32665
2	76,60	0,250	-0,32665	2	51,02	0,500	0,366495
3	77,59	0,375	0,019339	3	60,19	0,750	1,245882
4	80,72	0,500	0,366495	Лестница вверх			
5	80,72	0,625	0,754997	1	44,68384	0,250	-0,32665
6	82,19	0,750	1,245882	2	46,99507	0,500	0,366495
7	95,74	0,875	2,013401	3	49,55844	0,750	1,245882

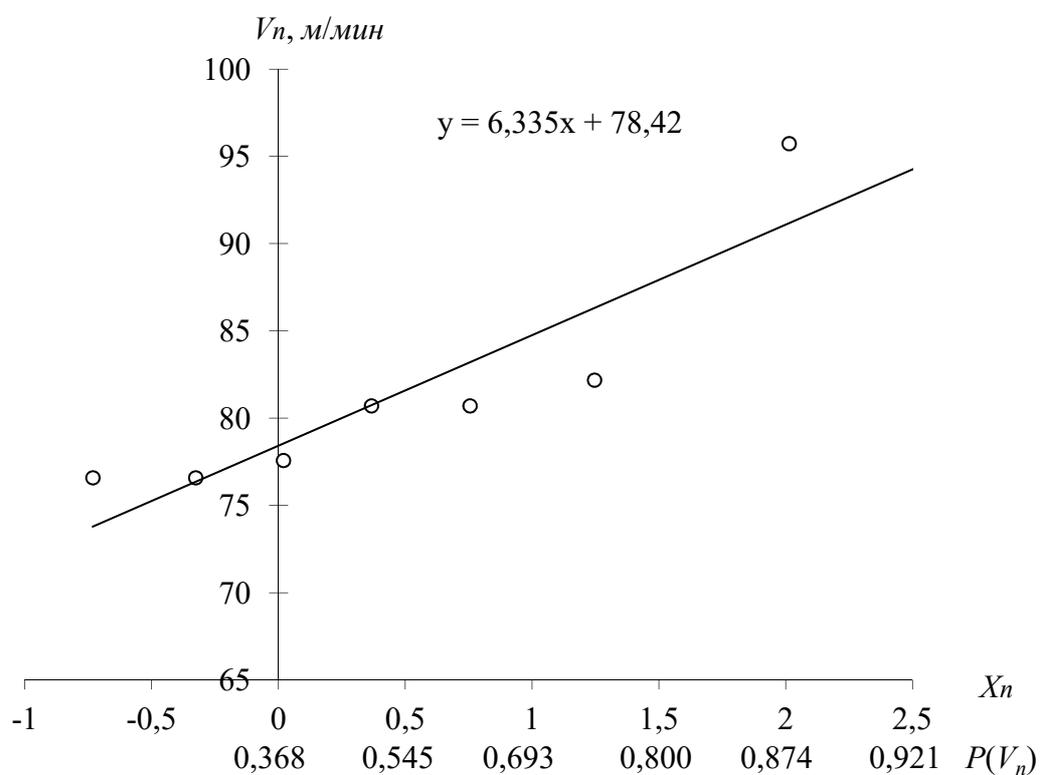


Рисунок 3.8 – Построение теоретической модели распределения максимальных значений скоростей движения беременных пациенток по горизонтальному участку пути:

○ ○ ○ – значения максимальных членов выборки

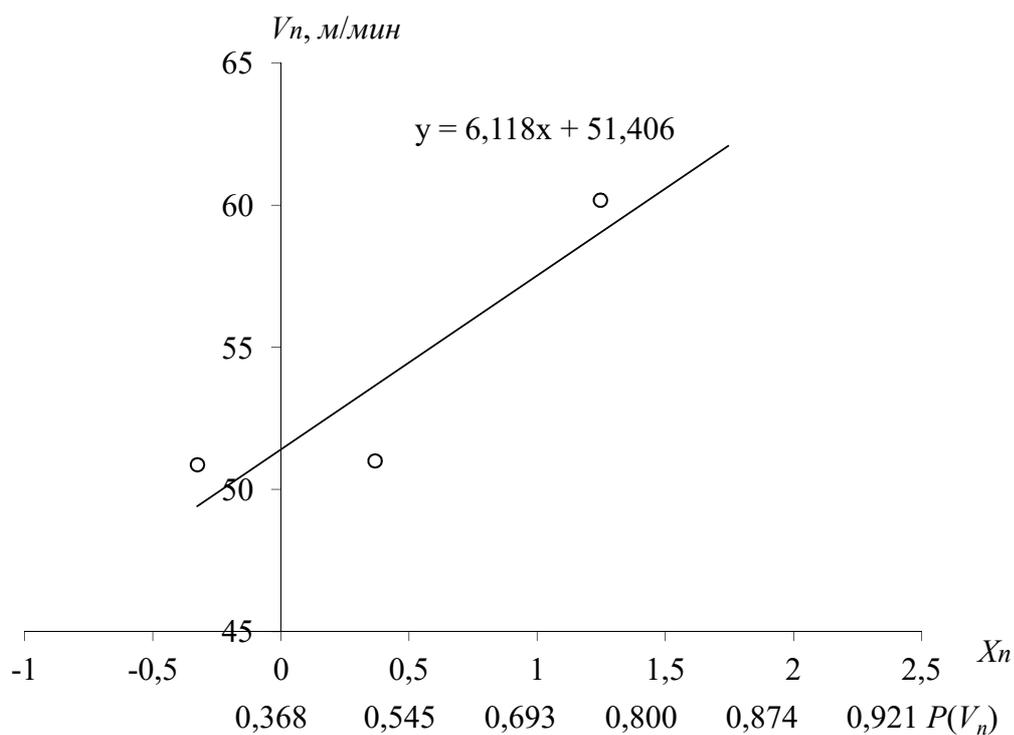


Рисунок 3.9 – Построение теоретической модели распределения максимальных значений скоростей движения беременных пациенток по лестнице вниз:

○○○ – значения максимальных членов выборки

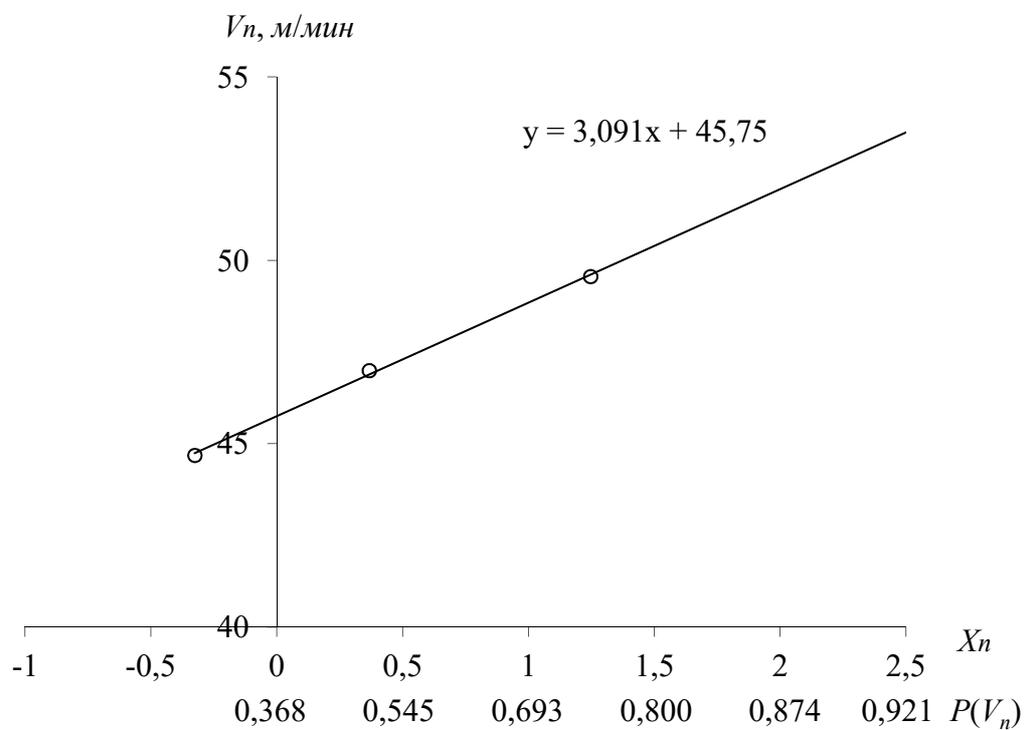


Рисунок 3.10 – Построение теоретической модели распределения максимальных значений скоростей движения беременных пациенток по лестнице вверх:

○○○ – значения максимальных членов выборки

С учетом того, что нормированное отклонение от моды кривой плотности распределения  $X_n$  с учетом эмпирических значений  $P(V_n)$  определяется по соотношению:

$$X_n = -\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405, \quad (3.16)$$

выражение (3.16) будет иметь вид:

$$V_n = a(-\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405) + g. \quad (3.17)$$

Тогда при движении по рассматриваемым видам путей получаем соотношения для горизонтального пути:

$$V_n = 6,335(-\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405) + 78,42; \quad (3.18)$$

для лестницы вниз:

$$V_n = 6,118(-\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405) + 51,40; \quad (3.19)$$

для лестницы вверх:

$$V_n = 3,091(-\ln[-\lg P(V_n)] - 0,83405) + 45,75. \quad (3.20)$$

Перейти от максимальных значений к средним позволяет закон о невозможности превышения максимальным членом выборки ее удвоенного среднего значения:

$$V_0^{\circ} = 0,5(g - a \cdot 0,83405) - 0,5a \cdot \ln[-\lg P(V_n)]. \quad (3.21)$$

где  $V_0^{\circ}$  – скорость свободного движения человека в зависимости от эмоционального состояния, м/мин.

Тогда для горизонтального пути:

$$V_0^{\circ} = 0,5 (78,42 - 6,335 \cdot 0,83405) - 0,5 \cdot 6,335 \ln[-\lg P(V_n)]; \quad (3.22)$$

для лестницы вниз:

$$V_0^{\circ} = 0,5 (51,40 - 6,118 \cdot 0,83405) - 0,5 \cdot 6,118 \ln[-\lg P(V_n)]; \quad (3.23)$$

для лестницы вверх:

$$V_0^{\circ} = 0,5 (45,75 - 3,091 \cdot 0,83405) - 0,5 \cdot 3,091 \ln[-\lg P(V_n)]. \quad (3.24)$$

На основе сформированного массива значений  $V_n$  были получены зависимости, связывающие скорости свободного движения  $V_0$  (м/мин) по различным видам пути и эмоциональное состояние беременных пациенток Э [97]: по горизонтальному пути:

$$V_0^{\circ} = 36,57 - 3,17 \ln[-\lg(0,1 + 1,284\mathcal{E})]; \quad (3.25)$$

по лестнице вниз:

$$V_0^{\mathcal{E}} = 23,15 - 3,06 \ln[-\lg(0,1 + 1,284\mathcal{E})]; \quad (3.26)$$

по лестнице вверх:

$$V_0^{\mathcal{E}} = 21,59 - 1,55 \ln[-\lg(0,1 - 1,284\mathcal{E})]. \quad (3.27)$$

Полученная зависимость связывает скорость свободного движения и уровень эмоционального состояния людей. Анализ зависимости показывает, что ее характер заметно меняется по мере увеличения  $\mathcal{E}$ , величины, учитывающей степень психологической напряженности ситуации. В связи с этим необходимо решить задачу аргументированного обоснования значений  $\mathcal{E}$  для соотнесения скоростей движения с категориями движения. С этой целью каждая из зависимостей для различных участков пути (3.25–3.27) разбивалась на отрезки, каждый из которых описывался линейной, затем квадратичной и далее экспоненциальной зависимостью (рисунок 3.11).

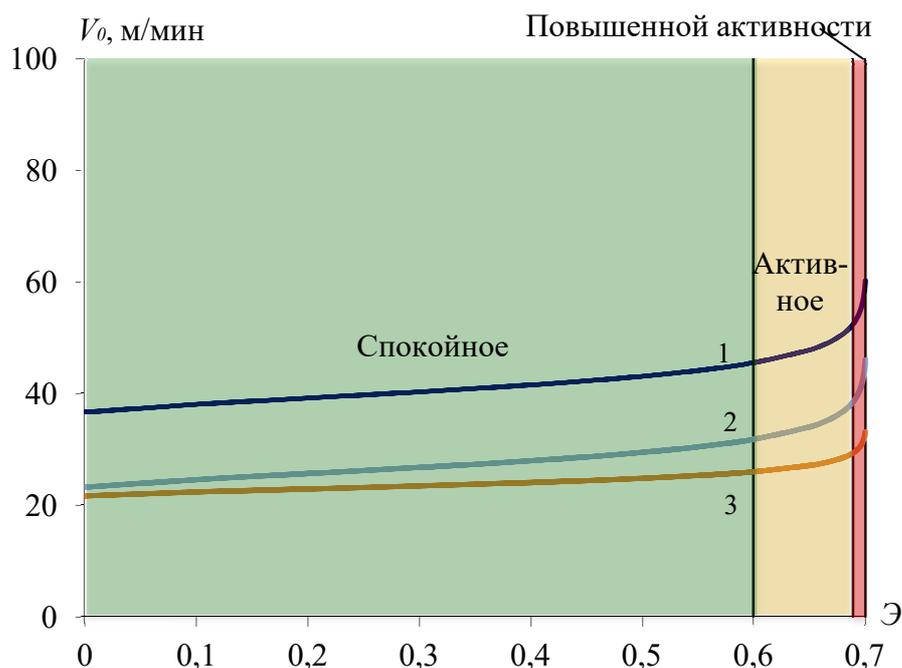


Рисунок 3.11 – Зависимость скорости свободного движения беременных пациенток от степени психологической напряженности ситуации:

1 – по горизонтальному пути; 2 – по лестнице вниз; 3 – по лестнице вверх

Естественным критерием выбора точек, в которых функция меняет свои характеристики (и, следовательно, изменяются категория движения), являются отклонения выбранной аппроксимационной функции от изучаемой кривой.

Иными словами, искомые точки – это точки, в которых применительно к данной задаче коэффициент корреляции становился ниже 0,99. Таким образом, при решении задачи были установлены численные характеристики скорости свободного движения для различных категорий движения пациенток перинатального центра по различным участкам пути (таблица 3.10).

Таблица 3.10 – Скорости свободного движения беременных пациенток учреждений родовспоможения по видам пути при соответствующих категориях движения

Категория движения	Скорость свободного движения $V_0$ , м/мин, по участку пути		
	Горизонтальный	Лестница вниз	Лестница вверх
Комфортное	Менее 36,6	Менее 23,1	Менее 21,6
Спокойное	36,6–45,5	23,1–31,7	21,6–25,9
Активное	45,5–52,6	31,7–38,7	25,9–29,4
Повышенная активность	52,6–60,2	38,7–46,0	29,4–33,1

Наиболее высокие показатели скоростей движения соответствуют категории «повышенная активность», которая предполагается при возникновении угрозы жизни человека.

Таким образом, установлена связь между эмоциональным состоянием и скоростью свободного движения беременных пациенток учреждений родовспоможения, что позволяет использовать те или иные значения скоростей движения в зависимости от психологической напряженности ситуации.

### **3.5 Полученные зависимости между параметрами движения беременных пациенток учреждений родовспоможения по различным видам коммуникационных путей**

Следующей задачей исследования являлось установление математической зависимости между параметрами людских потоков, которые получены по результатам экспериментов по эвакуации в учреждениях родовспоможения.

Согласно исследованию [38]: «Частичное переключение двигательной активности на преодоление ограничений в свободе движения при увеличении плотности людского потока требует отвлечения части этого фиксированного объема энергии, что должно вести к снижению скорости движения» [38, с. 131].

Скорость людского потока от его плотности описывается в общем виде следующей зависимостью:

$$V_{Dj} = V_{0j} \cdot (1 - R_{Dj}), \quad (3.28)$$

где  $V_{0j}$  – случайная величина скорости свободного движения людского потока по  $j$ -му виду пути, когда значение плотности не оказывает на нее влияние, м/мин;  $R_{Dj}$  – функция, отображающая степень (силу) влияния внешнего фактора на сенсорную систему человека, формирующую интенсивность реакции (плотности людского потока на скорость его движения) человека.

Эмпирические значения  $R_{Dj}$  для каждого интервала плотности во всех сериях проведенных натуральных наблюдений определяются по формуле:

$$R_{Dj} = \Delta V_{Dj} / V_{0j}, \quad (3.29)$$

где  $\Delta V_{Dj} = m(V_{0j}) - m(V_{Dj})$ , разность математического ожидания скорости свободного движения в интервале плотности 0–1 чел/м<sup>2</sup> ( $V_{0j}$ ) и математического ожидания скорости в интервале плотности, для которого определяется степень влияния внешнего фактора на сенсорную систему человека ( $V_{Dj}$ ).

Психофизические закономерности взаимосвязи плотности людского потока и скорости его движения описываются логарифмическим законом Вебера – Фехнера:

$$R_{Tj} = a_j \ln(D_j / D_{0j}), \quad (3.30)$$

где  $D_j$  – значение плотности людского потока, при котором определяется значение  $R_{Tj}$ ;  $D_{0j}$  – пороговое значение плотности, по достижении которого она начинает ощущаться как воздействующий фактор при движении по  $j$ -му виду пути;  $a_j$  – эмпирический коэффициент, отображающий интенсивность воздействия плотности при движении по  $j$ -му виду пути.

В таблицах 3.11–3.14 и на рисунках 3.12–3.15 представлены результаты аппроксимации зависимости  $R = f(D)$  для людского потока из пациенток

учреждений родовспоможения при движении по горизонтальному пути, лестнице вверх, лестнице вниз и через проем.

Таблица 3.11 – Аппроксимация зависимости  $R = f(D)$  для людского потока из пациенток учреждений родовспоможения при движении по горизонтальному пути

Интервалы плотности людского потока, чел/м <sup>2</sup>		1–2	2–3	3–4
Среднее значение $\bar{R}_D$ по сериям натуральных наблюдений		<b>0,180</b>	<b>0,344</b>	<b>0,528</b>
Среднеквадратичное отклонение		0,123	0,086	0,026
Доверительный 95 % интервал для среднего	Нижняя граница	0,146	0,316	0,509
	Верхняя граница	0,213	0,373	0,547
Теоретические значения		<b>0,168</b>	<b>0,374</b>	<b>0,510</b>
Расхождение $\Delta_D = R_T - \bar{R}_D$		-0,012	0,030	-0,018
$\Delta_D / \bar{R}_D \cdot 100 \%$		-6,667	8,721	-3,409
Теоретическое корреляционное отношение $\eta_T$		0,989		

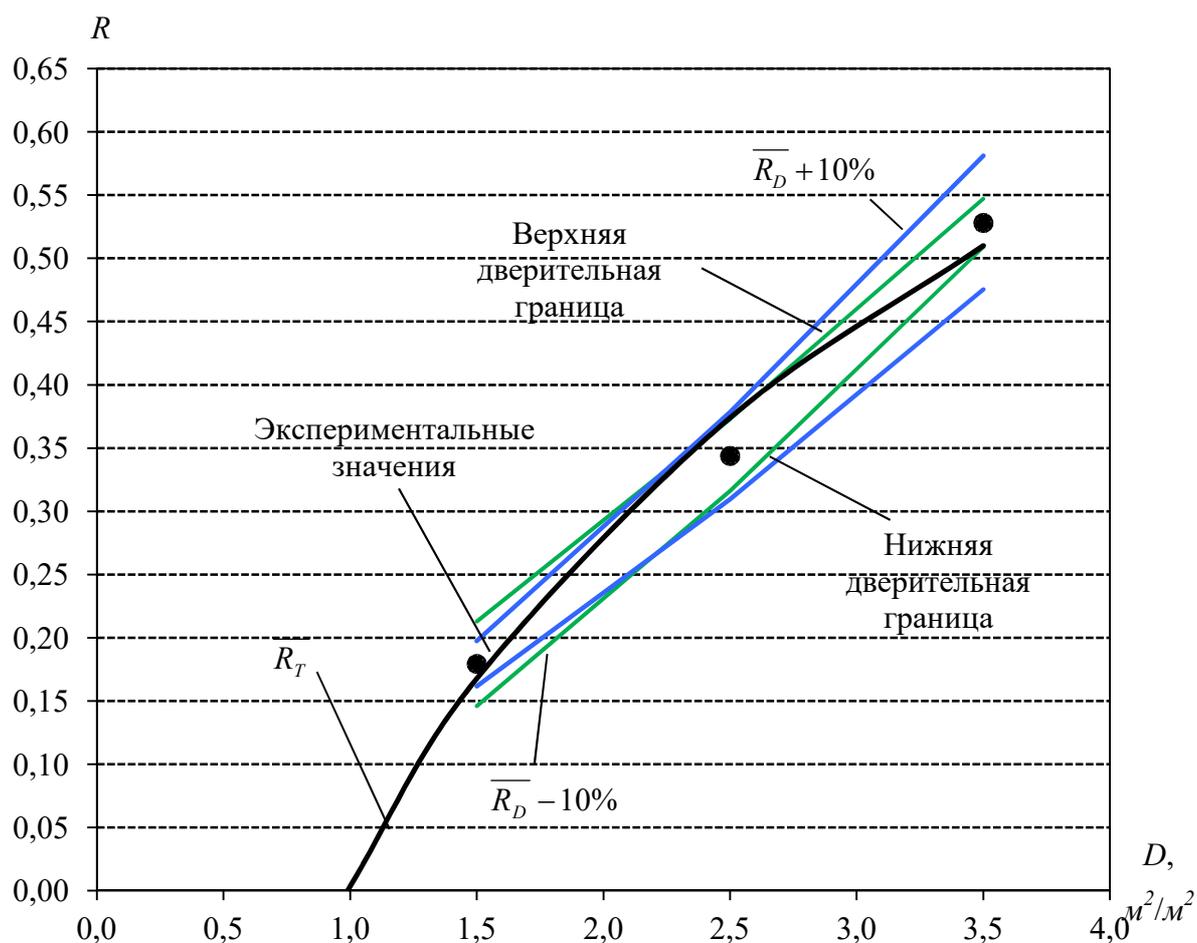


Рисунок 3.12 – Аппроксимация зависимости  $R = f(D)$  для людского потока из беременных пациенток учреждений родовспоможения при движении по горизонтальному пути

Таблица 3.12 – Аппроксимация зависимости  $R = f(D)$  для людского потока из пациенток учреждений родовспоможения при движении по лестнице вниз

Интервалы плотности людского потока, чел/м <sup>2</sup>	1–2	2–3	3–4
Среднее значение $\bar{R}_D$ по сериям натуральных наблюдений	<b>0,227</b>	<b>0,362</b>	<b>0,517</b>
Среднеквадратичное отклонение	0,081	0,053	0,010
Доверительный 95 % интервал для среднего	Нижняя граница	0,203	0,342
	Верхняя граница	0,252	0,382
Теоретические значения $\bar{R}_T$	<b>0,217</b>	<b>0,388</b>	<b>0,501</b>
Расхождение $\Delta_D = R_T - \bar{R}_D$	-0,010	0,026	-0,016
$\Delta_D / \bar{R}_D \cdot 100 \%$	-4,405	7,182	-3,095
Теоретическое корреляционное отношение $\eta_T$	0,987		

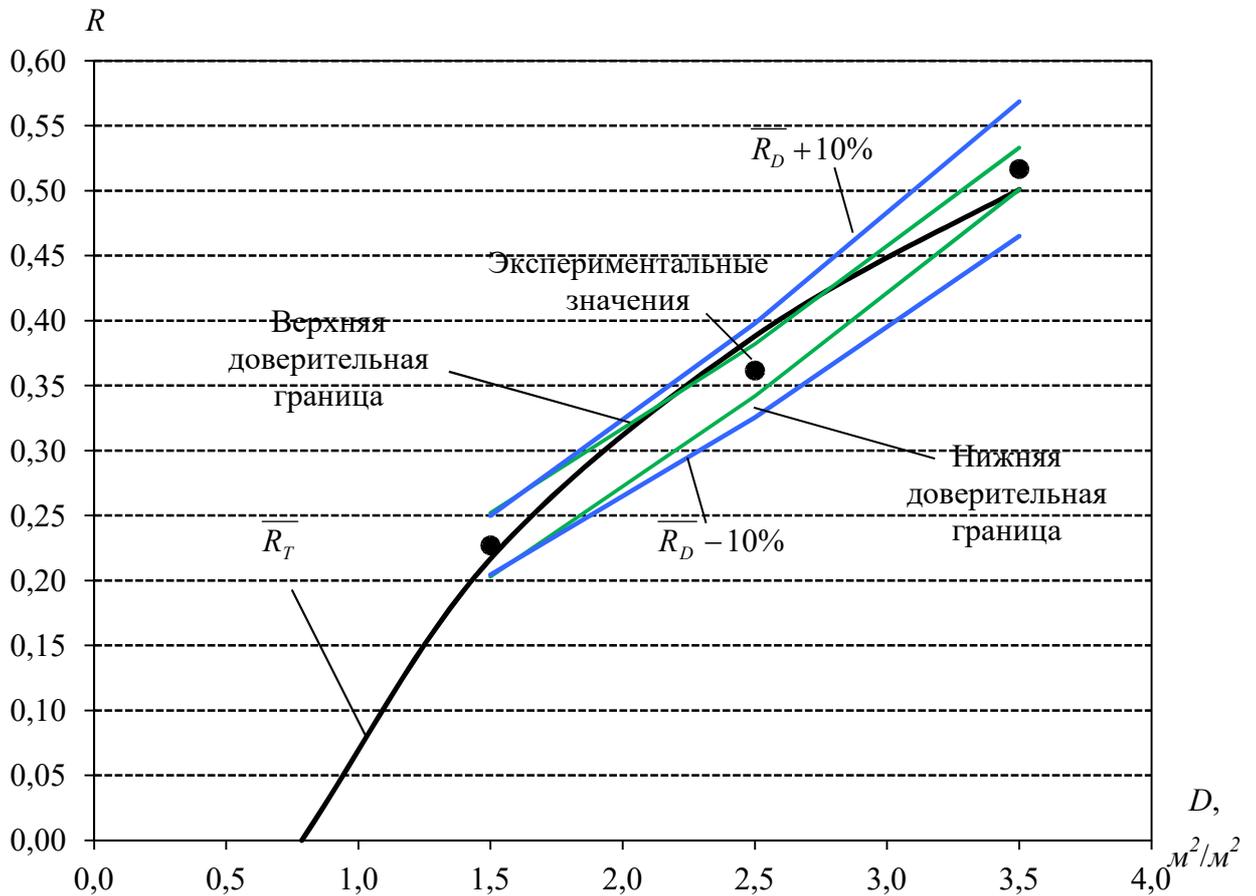


Рисунок 3.13 – Аппроксимация зависимости  $R = f(D)$  для людского потока из беременных пациенток учреждений родовспоможения при движении по лестнице вниз

Таблица 3.13 – Аппроксимация зависимости  $R = f(D)$  для людского потока из пациенток учреждений родовспоможения при движении по лестнице вверх

Интервалы плотности людского потока, чел/м <sup>2</sup>		1–2	2–3	3–4
Среднее значение $\bar{R}_D$ по сериям натуральных наблюдений		<b>0,052</b>	<b>0,273</b>	<b>0,399</b>
Среднеквадратичное отклонение		0,079	0,074	0,049
Доверительный 95 % интервал для среднего	Нижняя граница	0,022	0,254	0,374
	Верхняя граница	0,082	0,292	0,424
Теоретические значения		<b>0,055</b>	<b>0,265</b>	<b>0,404</b>
Расхождение $\Delta_D = R_T - \bar{R}_D$		0,003	-0,008	0,005
$\Delta_D / \bar{R}_D \cdot 100 \%$		5,769	-2,930	1,253
Теоретическое корреляционное отношение $\eta_T$		0,999		

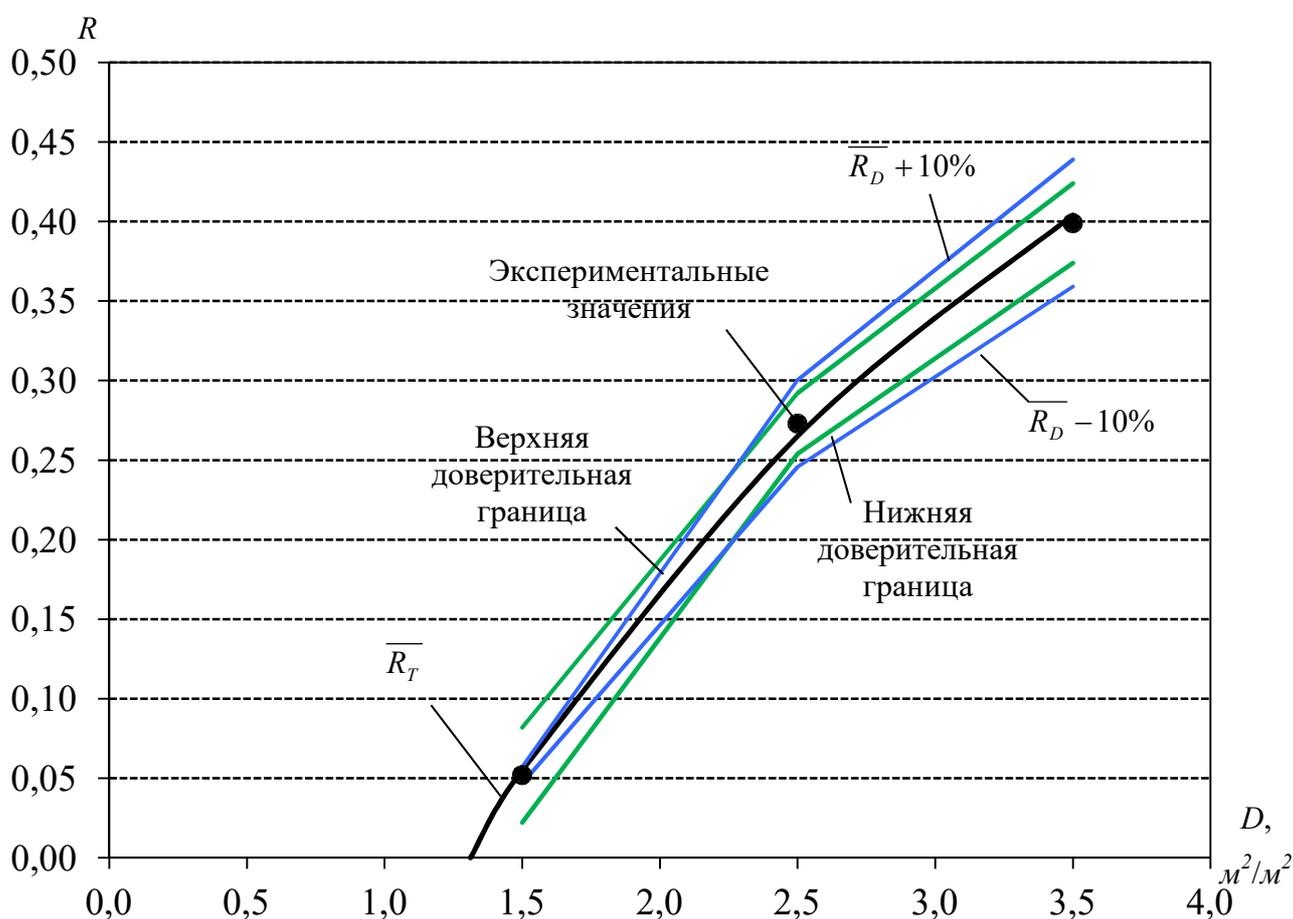


Рисунок 3.14 – Аппроксимация зависимости  $R = f(D)$  для людского потока из беременных пациенток учреждений родовспоможения при движении по лестнице вверх

Таблица 3.14 – Аппроксимация зависимости  $R = f(D)$  для беременных пациенток учреждений родовспоможения при движении через проем

Интервалы плотности людского потока, чел/м <sup>2</sup>		1–2	2–3	3–4
Среднее значение $\bar{R}_D$ по сериям натуральных наблюдений		<b>0,154</b>	<b>0,391</b>	<b>0,513</b>
Среднеквадратичное отклонение		0,101	0,060	0,037
Доверительный 95 % интервал для среднего	Нижняя граница	0,120	0,366	0,485
	Верхняя граница	0,188	0,417	0,541
Теоретические значения		<b>0,160</b>	<b>0,378</b>	<b>0,521</b>
Расхождение $\Delta_D = R_T - \bar{R}_D$		0,006	-0,013	0,008
$\Delta_D / \bar{R}_D \cdot 100\%$		3,896	-3,325	1,559
Теоретическое корреляционное отношение $\eta_T$		0,998		

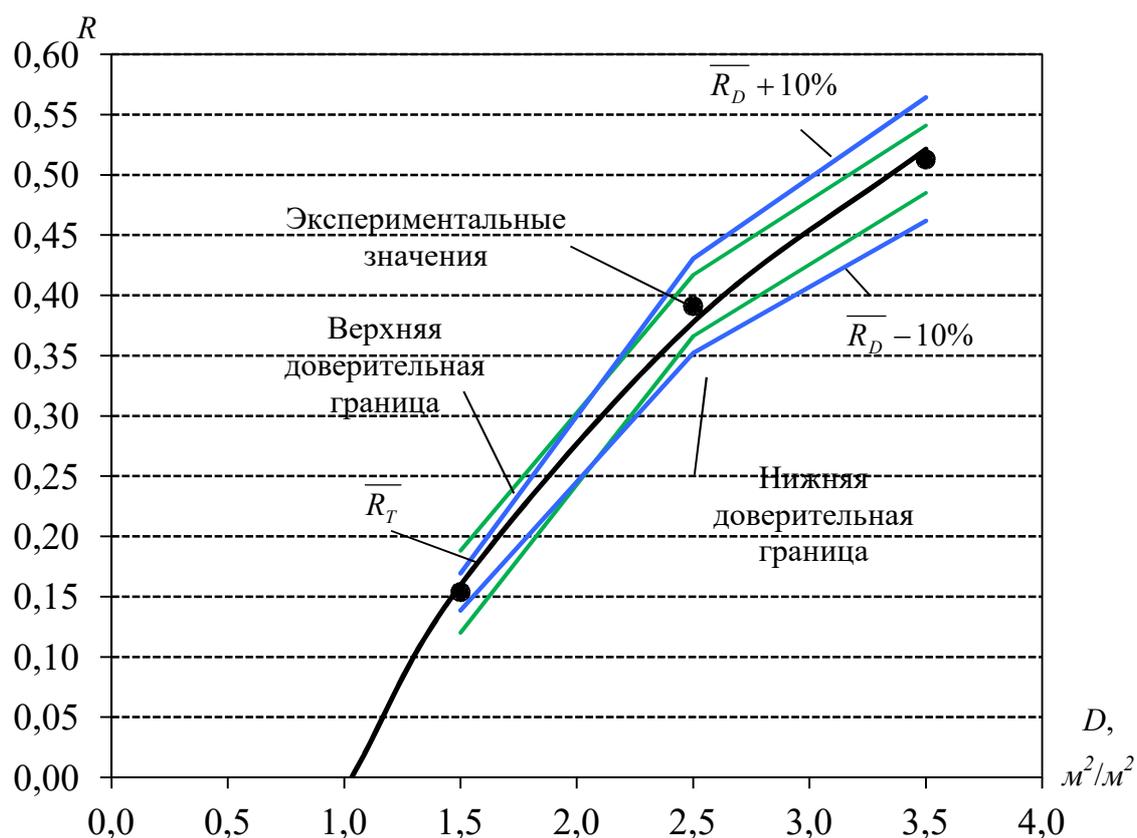


Рисунок 3.15 – Аппроксимация зависимости  $R = f(D)$  для людского потока из беременных пациенток учреждений родовспоможения при движении через проем

Значения коэффициентов  $a_j$ ,  $D_{0j}$  и  $V_{0j}$ , полученных для различных видов путей, приведены в таблице 3.15.

Таблица 3.15 – Значения коэффициентов  $a_j$ ,  $D_{0j}$  и  $V_{0j}$ , полученных для различных видов путей

Вид пути	$a_j$	$D_{0j}$ , чел./м <sup>2</sup>	$V_{0j}$ , м/мин	$\sigma(V_{0j})$ , м/мин
Горизонтальный	0,404	0,991	56,42	10,2
Лестница вниз	0,336	0,786	42,35	6,9
Лестница вверх	0,411	1,312	31,25	5,6
Дверной проем	0,427	1,033	49,47	6,5

В качестве показателя тесноты связи между признаком–фактором, в качестве которого выступает плотность людского потока, и признаком–результатом (величина  $R$ ) использовалось корреляционное отношение, определяемое по выражению:

$$\eta_T = \sqrt{\frac{\sigma_{R_T}^2}{\sigma_{R_D}^2}}, \quad (3.31)$$

где  $\sigma_{R_T}^2$  – дисперсия теоретических значений величины  $R_T$ ,  $\sigma_{R_D}^2$  – дисперсия эмпирических значений величины  $R_D$ . Высокие значения  $\eta_T$ , находящиеся в интервале 0,987–0,999, свидетельствуют о наличии сильной связи между изменениями скорости движения людских потоков в различных интервалах плотности, описываемыми установленным видом зависимости.

Установленные параметры движения потоков беременных пациенток учреждений родовспоможения, а именно: зависимости скорости и интенсивности движения по различным видам пути от плотности людского потока представлены на графиках (рисунки 3.16–3.17).

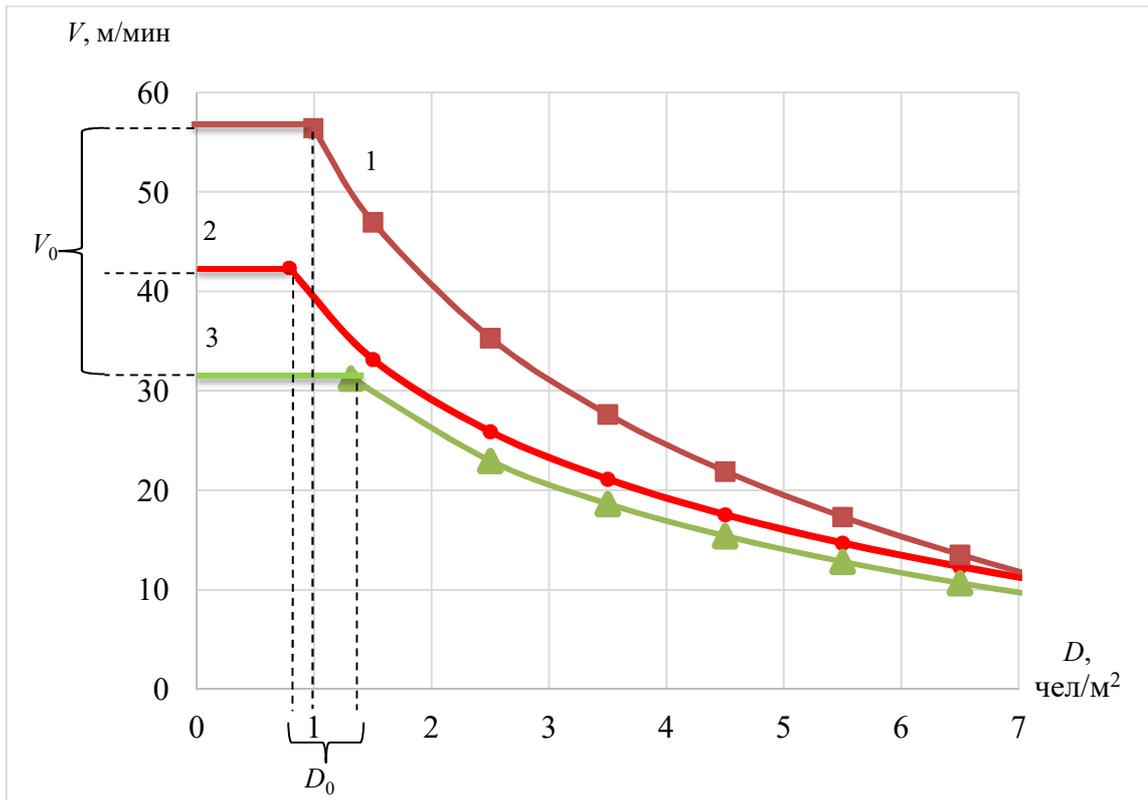


Рисунок 3.16 – Зависимость скорости движения беременных пациенток учреждений родовспоможения от плотности по различным видам пути:

1 – горизонтальный путь; 2 – лестница вниз; 3 – лестница вверх

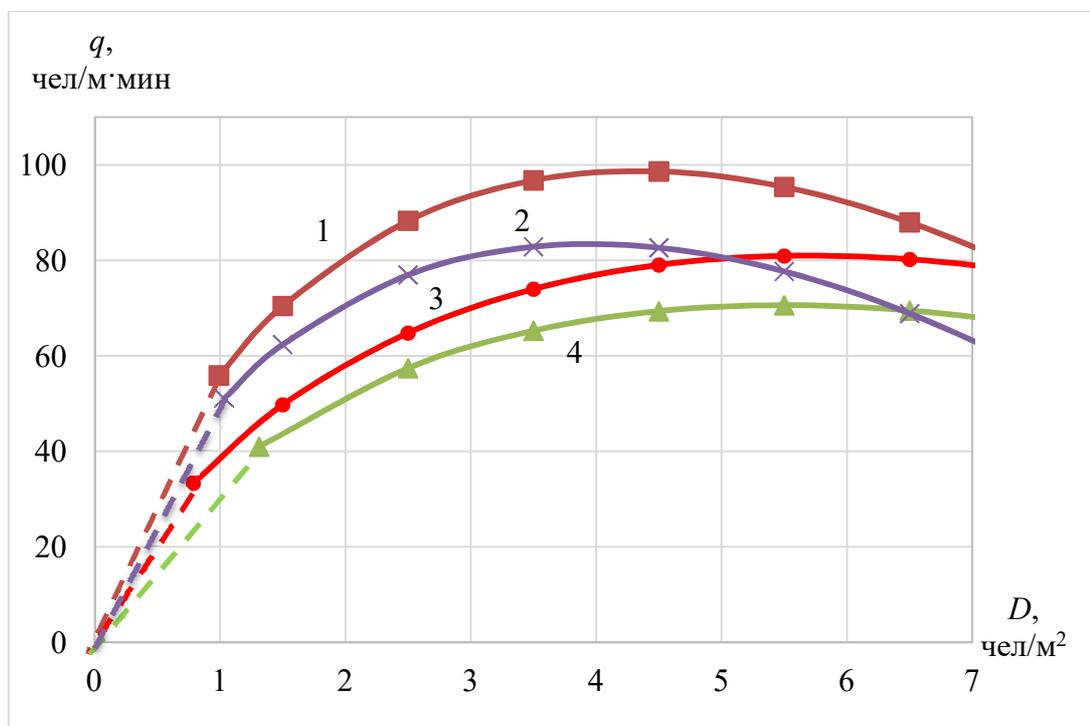


Рисунок 3.17 – Зависимость интенсивности движения беременных пациенток учреждений родовспоможения от плотности по различным видам пути:

1 – горизонтальный путь; 2 – проем; 3 – лестница вниз; 4 – лестница вверх

### 3.6. Выводы по третьей главе

1. Существующая концепция нормирования связывает параметры людского потока через площадь горизонтальной проекции человека. На основе обмера женщин на последнем триместре беременности, с помощью лазерного отвеса и проецирования их размеров на специальную измерительную поверхность, была установлена площадь их горизонтальной проекции.

2. Впервые организованы и проведены измерения параметров движения людских потоков, состоящих из беременных женщин. Замеры проводились в различных диапазонах плотностей (от 1 до 5 чел/м<sup>2</sup>) при движении по различным видам пути (горизонтальный путь, лестница вниз и вверх). Всего было получено более 1 тыс. замеров.

3. Определены значения параметров, описывающих зависимость скорости движения от плотности людских потоков, состоящих из пациенток учреждений родовспоможения. Высокие значения корреляционного отношения для оценки тесноты связи ( $\eta_T$  в интервале 0,987–0,999) свидетельствуют о наличии сильной связи между изменениями скорости движения беременных пациенток в различных интервалах плотности, описываемыми установленным видом зависимости.

4. Установлена связь между эмоциональным состоянием беременных пациенток учреждений родовспоможения и скоростью их свободного движения на различных видах пути. Определены параметры движения для категории «повышенная активность», что в совокупности с полученными результатами, характеризующими поточное движение, позволяет получить необходимый набор параметров для выполнения расчетных оценок и формирования требований по проектированию путей эвакуации в учреждениях родовспоможения.

## ГЛАВА 4. АНАЛИЗ ВОЗМОЖНОСТИ СВОЕВРЕМЕННОЙ ЭВАКУАЦИИ БЕРЕМЕННЫХ ПАЦИЕНТОК ИЗ УЧРЕЖДЕНИЙ РОДОВСПОМОЖЕНИЯ И РЕКОМЕНДАЦИИ ПО ПРОЕКТИРОВАНИЮ ЭВАКУАЦИОННЫХ ПУТЕЙ И ВЫХОДОВ

### 4.1 Обобщенные данные для оценки параметров эвакуации в случае пожара

Как уже отмечалось, снижение материнской и младенческой смертности в Российской Федерации является одной из приоритетных задач государства [100]. В связи с этим развернуто широкое строительство учреждений родовспоможения различного уровня. Проектные характеристики данных зданий должны учитывать требования пожарной безопасности, которые основываются на обеспечении своевременной и беспрепятственной эвакуации людей. Для решения комплекса задач, связанных с проектированием путей эвакуации, а также выполнения расчетных оценок безопасной эвакуации людей в учреждениях родовспоможения, необходимы соответствующие расчетные данные. В рамках настоящей работы такие данные, характеризующие затраты времени в начальной стадии эвакуации и процессе ее осуществления, были получены.

Действия людей на первом этапе эвакуации характеризуются временем начала эвакуации, которое определяется как время от возникновения пожара до начала эвакуации людей ( $t_{н.э}$ ). При оценке этой величины в палатных отделениях учреждения родовспоможения следует выделить следующие типы помещений:

1. Помещения очага пожара, т.е. помещение, в котором возник пожар;
2. Отделение с помещением очага пожара, т.е. помещение, в котором оповещение будет происходить голосом до включения общеобъектовой СОУЭ;
3. Остальные помещения здания, в которых люди узнают о пожаре с помощью общеобъектовой СОУЭ.

Для помещения с очагом пожара время начала эвакуации определяется в зависимости от площади помещения [42]:

$$t_{н.э}^{оч} = 5 + 0,01 \cdot F. \quad (4.1)$$

В отделении с помещением очага пожара пациентки могут быть оповещены голосом до срабатывания СОУЭ. Время оповещения персоналом можно определить из соотношения:

$$t_{оп} = \frac{l/n_{оп}}{V} + \frac{(n_{п}/n_{оп}) \cdot \Delta t + t_{н.э}^{оч}}{60}, \quad (4.2)$$

где  $n_{оп}$  – количество оповещающих;  $l$  – длина коридора, м;  $n_{п}$  – количество палат;  $\Delta t$  – время, затрачиваемое на оповещение одного помещения, мин;  $V$  – скорость движения оповещающих по коридору, м/мин;  $t_{н.э}^{оч}$  – время начала эвакуации в помещении очага пожара, мин.

Расчеты показывают, что при участии двоих сотрудников персонала возможно оповещение всех пациенток отделения до срабатывания общеобъектовой СОУЭ, что позволит организовать более раннюю эвакуацию. Время начала их эвакуации ( $t_{н.э.}$ ) принимается равномерно распределенным в диапазоне от  $t_{\min} = 15$  с до  $t_{\max} = 60$  с.

На других этажах (в других отделениях), где нет видимых признаков пожара, людям придется ждать срабатывания СОУЭ. Реакция людей характеризуется определенным интервалом времени, которое описывается тем или иным законом распределения. Определение (выбор) закона распределения случайной величины времени начала эвакуации (равномерного либо нормального) в качестве расчетного влияет на обеспечение критериев безопасной эвакуации. При использовании равномерного закона распределения устанавливаются наихудшие условия для обеспечения своевременности эвакуации, так как максимальные значения времени начала эвакуации будут соответствовать большему числу людей. При использовании нормального закона – наихудшие условия для обеспечения беспрепятственности эвакуации, так как основная часть людей начнет эвакуацию в диапазоне  $\pm 1$  стандартное отклонение от среднего значения  $t_{н.э.}$  ( $\approx 68$  % всех его значений), а в диапазон  $\pm 2$  стандартных отклонения попадет примерно 95% значений.

Параметры движения людского потока, состоящего из беременных пациенток учреждений родовспоможения могут быть представлены в табличном (табл. 4.1), либо в формульном виде на основании данных таблиц 4.2–4.3.

Таблица 4.1 – Параметры движения людского потока при эвакуации

$D, \text{ м}^2/\text{м}^2$	Горизонтальный путь		Проем	Лестница вниз		Лестница вверх	
	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$	$V, \text{ м/мин}$	$q, \text{ м/мин}$
0,01	56,42	0,56	0,49	42,35	0,42	31,25	0,31
0,05	56,42	2,82	2,47	42,35	2,12	31,25	1,56
0,1	56,21	5,62	5,01	38,94	3,89	31,25	3,13
0,2	40,41	8,08	7,10	29,09	5,82	25,83	5,17
0,3	31,16	9,35	8,08	23,32	7,00	20,62	6,19
0,4	24,60	9,84	8,34	19,24	7,69	16,93	6,77
0,5	19,51	9,76	8,07	16,06	8,03	14,06	7,03
0,6	15,36	9,21	7,37	13,47	8,08	11,72	7,03
0,7	11,84	8,29	6,32	11,28	7,90	9,74	6,81
0,8	8,80	7,04	4,97	9,39	7,51	8,02	6,42
0,9	6,11	5,50	3,35	7,71	6,94	6,51	5,86

Таблица 4.2 – Численные характеристики коэффициентов  $a$  и  $D_0$

Вид пути	$a_j$	$D_{0j}, \text{ чел./м}^2$
Горизонтальный	0,404	0,991
Лестница вниз	0,336	0,786
Лестница вверх	0,411	1,312

Таблица 4.3 – Скорости свободного движения  $m(V_0)$  и среднеквадратические отклонения  $\sigma(V)$  беременных пациенток учреждения родовспоможения по различным видам пути

Вид пути	$m(V_0), \text{ м/мин}$	$\sigma(V), \text{ м/мин}$
Горизонтальный	56,42	3
Дверной проем	49,47	3
Лестница вниз	42,35	3
Лестница вверх	31,25	2

Известно [38], что движение людского потока – это случайный процесс. Поэтому при одном и том же значении плотности скорость движения различна, что зависит от разных факторов (эмоциональное, физическое состояние людей, особенности движения людей в потоке). Для математического описания этого

влияния получены соответствующие выражения [38]. Пример построения диапазонов отклонений от средних значений скоростей движения людского потока, состоящего из пациенток учреждений родовспоможения, в зависимости от плотности для горизонтального вида пути представлен на рисунке 4.1.

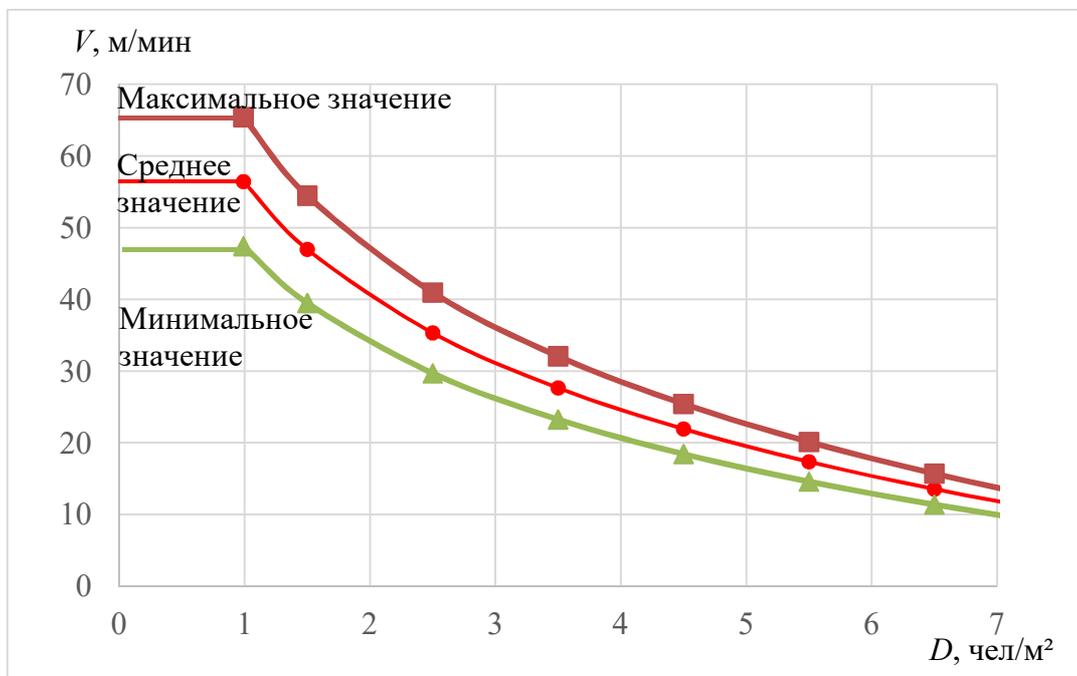


Рисунок 4.1 – Распределение вероятных значений скорости движения пациенток учреждений родовспоможения по горизонтальному виду пути при изменении плотности потока

Таким образом, совокупность полученных в настоящей работе данных позволяет выполнить расчетную оценку безопасной эвакуации беременных пациенток учреждений родовспоможения.

## 4.2 Определение времени эвакуации из зданий учреждений родовспоможения

Определение времени эвакуации из учреждения родовспоможения произведено по наиболее опасным сценариям развития пожара.

– 1 сценарий – при пожаре функционируют все эвакуационные выходы из здания. Расчетная схема эвакуации людей из отделений учреждения родовспоможения, расположенных на различных этажах здания, представлена на рисунке 4.2.

– 2 сценарий – лестничная клетка № 2 (ЛК №2) и выход № 2 заблокированы опасными факторами пожара. Расчетная схема эвакуации людей из отделений учреждения родовспоможения, расположенных на различных этажах здания, представлена на рисунке 4.3.

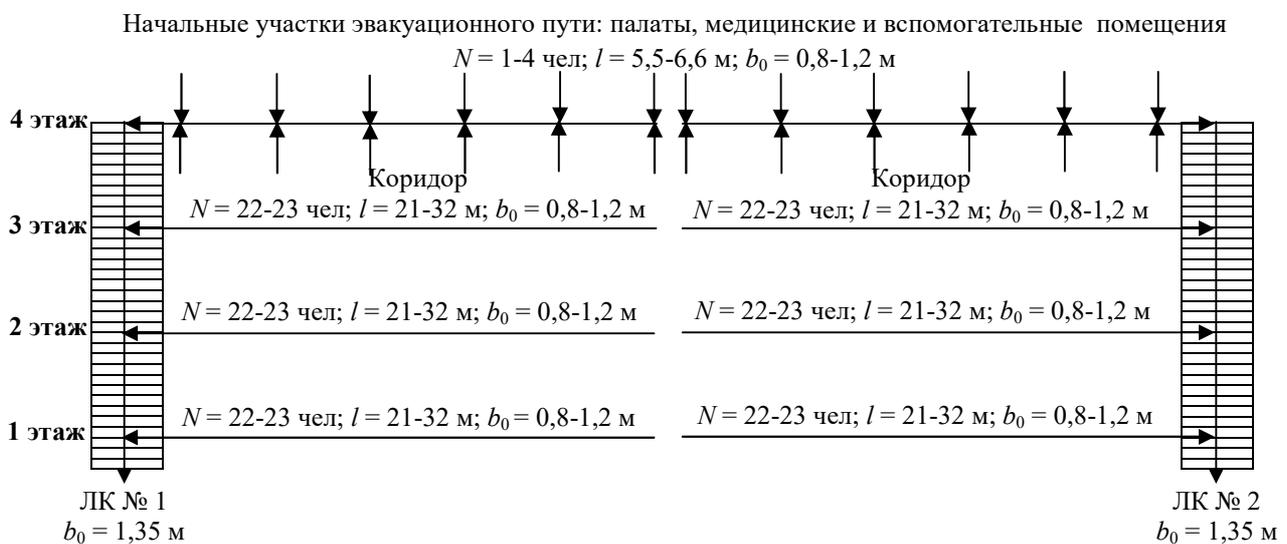


Рисунок 4.2 – Расчетная схема эвакуации людей из отделений учреждения родовспоможения, расположенных на различных этажах здания при 1 сценарии

Для анализа процесса эвакуации людей в палатных отделениях учреждения родовспоможения применялась программа для моделирования эвакуации в чрезвычайных ситуациях с учетом возможности спасения людей *Pathfinder*, которая позволяет выполнить расчет времени эвакуации и времени существования скоплений по индивидуально-поточной модели движения. Программа соответствует основным положениям методики, утвержденной приказом МЧС России от 30.09.2009 № 382 [42], с учетом изменений, вносимых в методику приказом МЧС России от 02.12.2015 № 632 [78].



Рисунок 4.3 – Расчетная схема эвакуации людей из отделений учреждения родовспоможения, расположенных на различных этажах здания при 2 сценарии

Время начала эвакуации для людей в помещении очага пожара определялось по формуле (4.1) [42]. Для людей на этаже пожара время начала эвакуации задавалось равномерным распределением в интервале от 15 до 60 с с учетом  $t_{н.э}$  (формула 4.2). На остальных этажах здания время начала эвакуации задавалось нормальным распределением со средним значением 120 с в интервале от 60 до 180 с.

Параметры движения людского потока при эвакуации принимались: для пациенток согласно полученным данным (таблица 4.1), для медперсонала согласно данным методики, утвержденной приказом МЧС России от 30.09.2009 № 382 [42].

Эвакуация людей считается безопасной, если обеспечивается ее своевременность и беспрепятственность. Рассмотрим беспрепятственность эвакуации, определяемую плотностью потока на путях эвакуации. Графики, характеризующие динамику изменения численности людских потоков в ЛК № 2 при 1 и 2 сценариях в различные интервалы времени, представлены на рисунках 4.4–4.6.

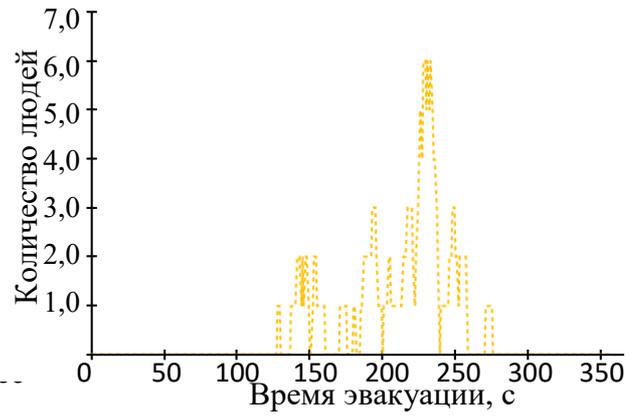
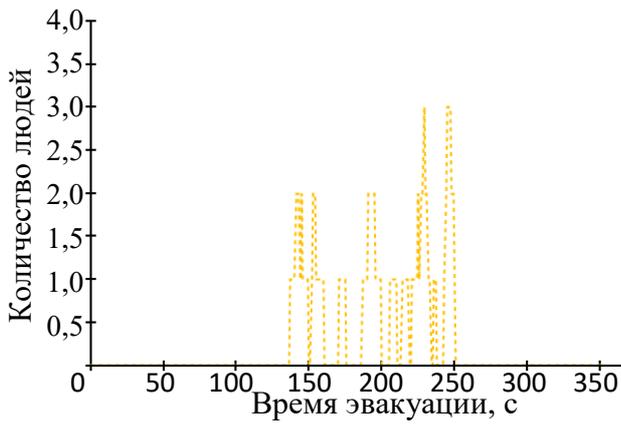


Рисунок 4.4 – Количество людей на путях эвакуации в единицу времени на лестничном марше (ЛК № 1) с четвертого этажа:  
а – при 1 сценарии; б – при 2 сценарии

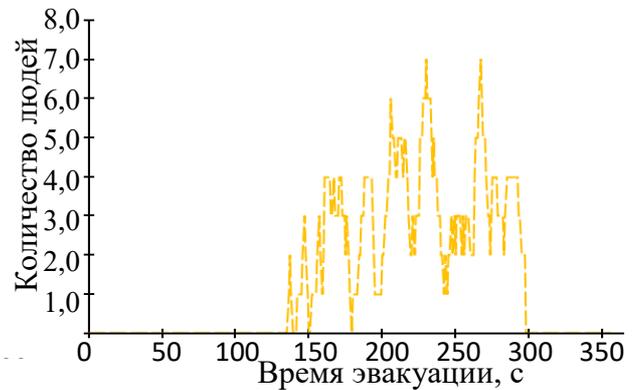
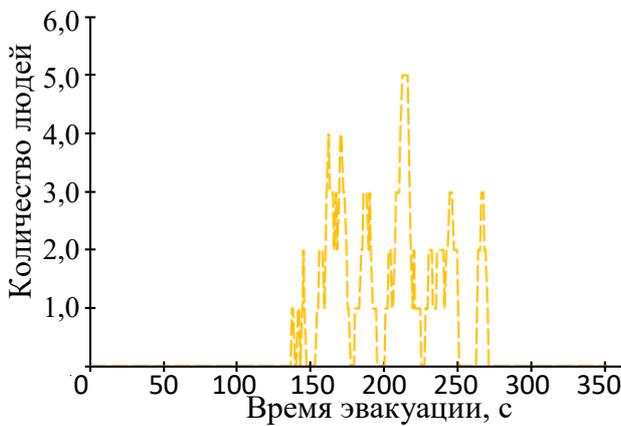


Рисунок 4.5 – Количество людей на путях эвакуации в единицу времени на лестничном марше (ЛК № 1) с третьего этажа:  
а – при 1 сценарии; б – при 2 сценарии

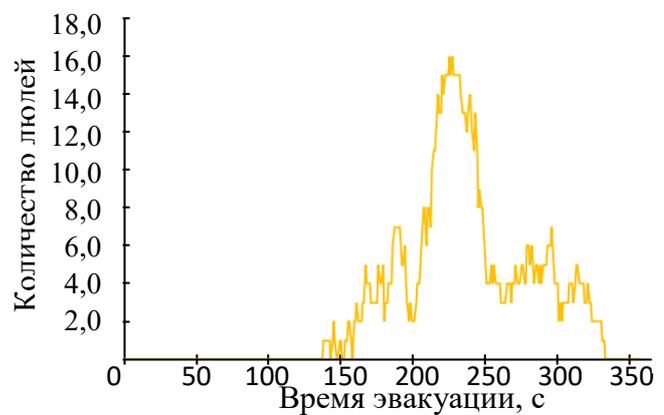
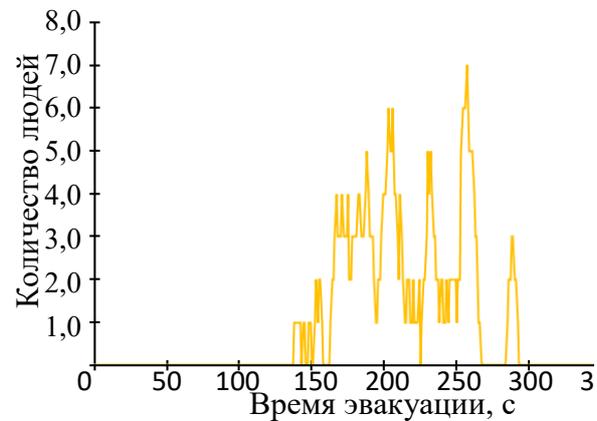


Рисунок 4.6 – Количество людей на путях эвакуации в единицу времени на лестничном марше (ЛК № 1) со второго этажа:  
а – при 1 сценарии; б – при 2 сценарии

При 1 сценарии, максимальное количество людей на маршах лестничной клетки достигает 7 человек (в таком случае плотность потока будет равна  $D = 2$  чел/м<sup>2</sup> или 0,26 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>). Но если одна из лестничных клеток будет заблокирована опасными факторами пожара (сценарий №2), то количество человек на функционирующей лестнице достигнет 16 человек, плотность людского потока возрастет и достигнет значений 0,52 м<sup>2</sup>/м<sup>2</sup>, что указывает на нарушение беспрепятственности эвакуации.

В таблице 4.4 приведены расчетные значения времени эвакуации людей из здания. При первом сценарии функционируют два эвакуационных выхода, при втором сценарии – один из двух эвакуационных выходов заблокирован.

Таблица 4.4 – Расчетные значения времени эвакуации людей из здания

Сценарий пожара	Время выхода людей:									
	С этажа здания, мин								Из здания, мин	
	1		2		3		4			
	ЛК № 1	ЛК № 2	ЛК № 1	ЛК № 2	ЛК № 1	ЛК № 2	ЛК № 1	ЛК № 2		
1	5,3	5,8	4,7	4,2	4,0	3,8	4,0	3,8	5,4	5,9
2	2,0		5,3		4,7		4,5		5,9	

Таким образом, результаты расчетов показывают, что наибольшие значения времени эвакуации с этажа учреждения родовспоможения отмечается при втором сценарии пожара. Функционирование одного выхода для эвакуации приводит к увеличению протяженности пути движения и особенно к росту плотности людского потока на маршах лестницы.

Совокупность полученных данных позволяет сделать обобщенные выводы по времени эвакуации для учреждений родовспоможения. Время эвакуации из здания можно определять из следующего соотношения:

$$t_{эв} = t_{нэ} + l_{к'} / V_{к'} + (n-1) l_{лк} / V_{лк} \quad (4.3)$$

где  $t_{нэ}$  – время начала эвакуации, мин;  $l_k$  и  $l_n$  – длина пути по коридору (от наиболее удаленной точки до лестницы) и по лестнице (между одним этажом), м;  $n$  – количество этажей.

Тогда для оценочных расчетов, принимая  $t_{нэ} = 4$  мин (при СОУЭ 3-го типа),  $V_k = 56$  м/мин (длина пути движения по коридору  $l_k = 25$  м); по лестнице  $V_{лк} = 40$  м/мин (длина пути по лестнице между этажами  $l_{лк} = 12$  м), получим:

$$t_{эв} = 4,15 + 0,3 n \quad (4.4)$$

Очевидно, что стохастичность людского потока в целом не подразумевает жестко предсказуемых результатов времени эвакуации людей, тем не менее, полученная аналитическая формула позволяет выявлять оценочные значения, по крайней мере, для планирования организационно-технических мероприятий.

#### **4.3 Моделирование времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара**

Согласно существующим требованиям [42] эвакуация людей из здания при пожаре должна быть завершена до достижения критических значений опасных факторов пожара (до наступления времени блокирования эвакуационных путей и выходов). Методы прогнозирования опасных факторов пожара классифицируют в зависимости от используемых видов математических моделей пожара. Выделяют три вида моделей, применяемых для описания термогазодинамических параметров пожара: интегральные, зонные, дифференциальные (полевые).

Для моделирования пожара в отделении учреждения родовспоможения использовалась компьютерная программа *FDS (Fire Dynamic Simulator)*,

реализующая дифференциальный метод моделирования, который позволяет рассчитывать значения всех локальных параметров состояния во всех точках пространства внутри помещения для любого момента развития пожара и является наиболее точным из существующих [42]. Создание, редактирование и анализ сложных моделей развития пожара производилось с использованием графического интерфейса *Pyrosim*.

При анализе процесса эвакуации необходимо произвести выбор сценария (сценариев) пожара, при которых ожидаются наихудшие последствия. В связи с этим были выбраны следующие сценарии развития пожара:

- сценарий 1 – пожар происходит на посту дежурной медицинской сестры;
- сценарий 2 – пожар происходит в помещении кладовой рядом с эвакуационной лестницей (ЛК № 2).

В каждом из описанных сценариев принималось, что на этаже пожара дверь в лестничную клетку открыта, а на всех остальных этажах – закрыта. При таком сценарии пожара дым будет проникать и концентрироваться в лестничной клетке, блокируя выход с остальных этажей. Не учитывалось функционирование в здании систем автоматического пожаротушения и противодымной вентиляции. Определение времени достижения критического значения каждого из опасных факторов пожара осуществлялось в расчетных точках, расположенных на высоте 1,7 м от уровня пола [42]. Контрольные точки измерения опасных факторов пожара представлены на рисунке 4.7.

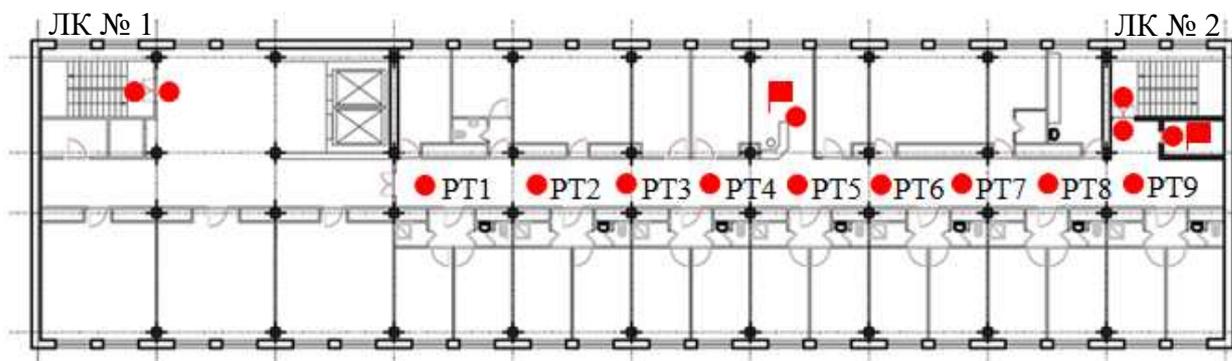


Рисунок 4.7 – Графическая схема этажа (палатного отделения) учреждения родовспоможения (1 и 2 сценарий пожара): красным кружком отмечено размещение контрольных точек измерения опасных факторов пожара; флажком отмечено размещение помещений очага пожара

Пожарно-технические характеристики горючей нагрузки для каждого из сценариев пожара выбраны в соответствии с наиболее часто применяемыми данными для расчетов (таблица 4.5).

Таблица 4.5 – Значения показателей пожарной опасности горючей нагрузки для различных сценариев пожара

Помещение очага пожара	Пожарная нагрузка	Низшая теплота сгорания, кДж/кг	Линейная скорость распространения пламени, м/с	Удельная скорость выгорания, кг/м <sup>2</sup> с	Дымообразующая способность, Нпм <sup>2</sup> /кг	Потребление кислорода, кг/кг	Выделение токсичных продуктов горения, кг/кг		
							CO <sub>2</sub>	CO	HCl
Сценарий 1	Административные помещения, учебные классы школ, вузов, кабинеты поликлиник	14000	0,0045	0,014	47,7	1,369	1,478	0,03	0,0058
Сценарий 2	Здания I-II степени огнестойкости: мебель + бытовые изделия	13800	0,011	0,015	270	1,030	0,200	0,002	0,014

Время достижения критических значений опасных факторов пожара через каждые 5,5 м длины коридора отделения представлены в таблице 4.6.

Таблица 4.6 – Значения времени блокирования путей эвакуации в коридоре отделения родовспоможения для различных сценариев развития пожара

Сценарии	Время блокирования в коридоре отделения $t_{\text{бл}}$ , мин								
	PT1	PT2	PT3	PT4	PT5	PT6	PT7	PT8	PT9
1	1,95	2,65	2,88	3,04	3,12	3,01	2,72	2,53	2,43
2	2,31	2,25	2,67	2,77	2,41	2,29	1,77	1,59	1,31

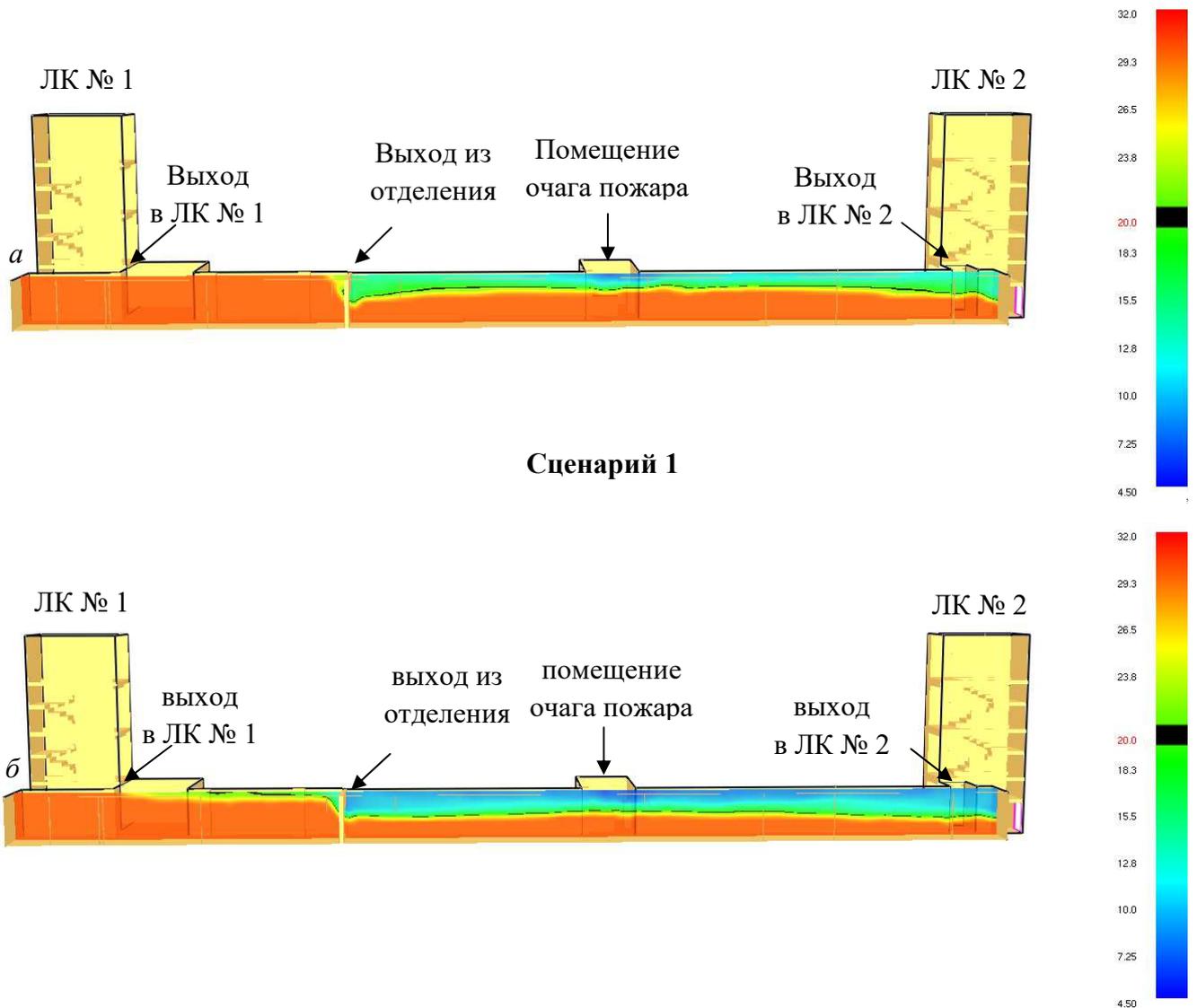


Рисунок 4.8 – Поля видимости в коридоре отделения при сценарии 1: *a* – на 3 минуте; *б* – на 4 минуте

При расположении очага пожара в середине коридора время блокирования в центре коридора больше, чем в его конце. При пожаре у эвакуационного выхода в ЛК № 2 время блокирования при удалении от помещения очага пожара изменяется в диапазоне от 1,31 до 2,77 минуты, достигая максимальных значений в середине коридора (рисунки 4.8–4.9).

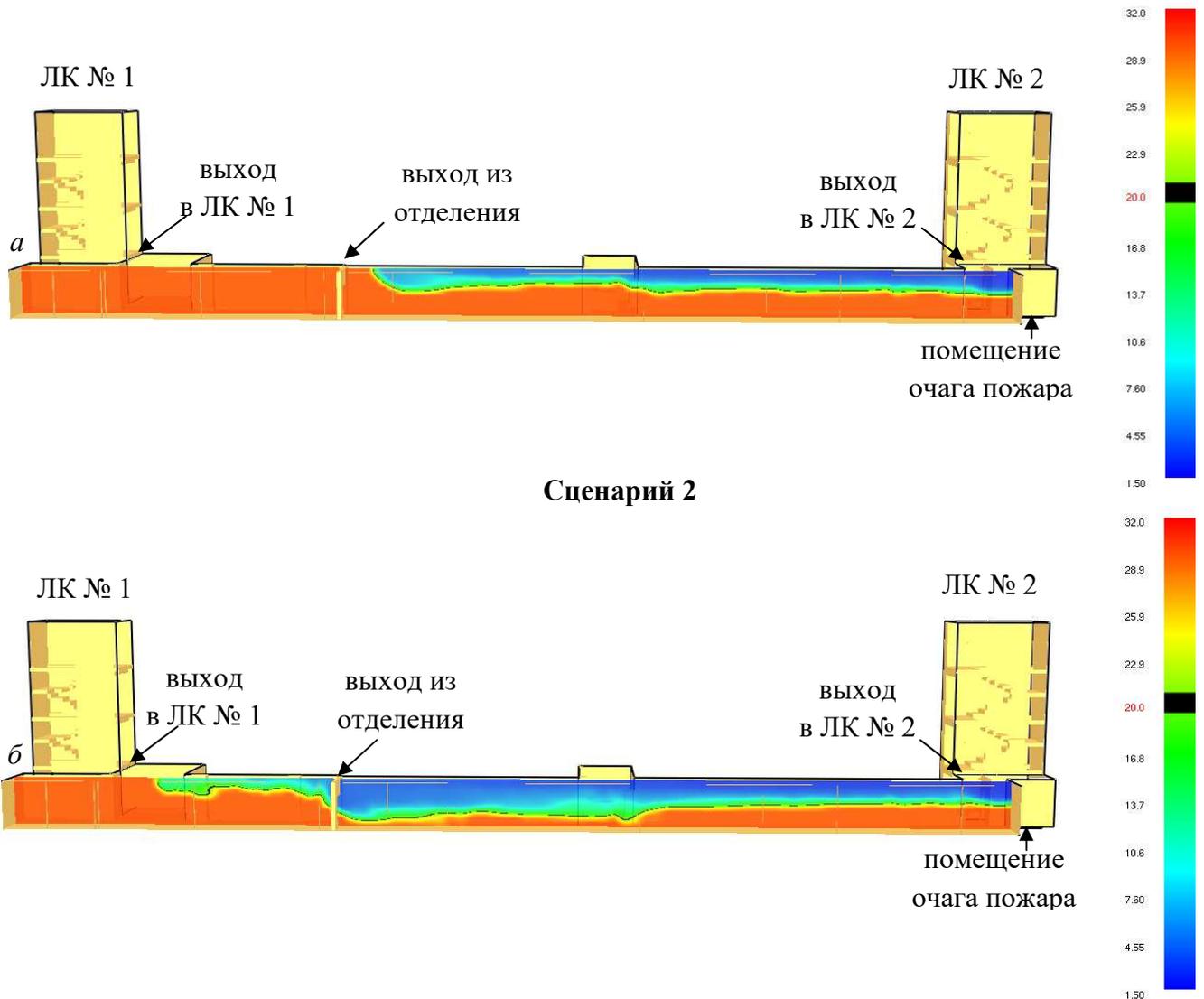


Рисунок 4.9 – Поля видимости в коридоре отделения при сценарии 2: *a* – на 3 минуте; *б* – на 4 минуте

Программа *SmokeView*, предназначенная для визуализации результатов расчета *FDS* (рисунки 4.8–4.9) показала, что на третьей минуте образуется подпотолочный слой дыма (черной линией отображена граница задымленной зоны), который более сконцентрирован у выходов из отделения и начинает поступать в соседние помещения через проемы. На четвертой минуте дым опускается и продолжает распространяться в соседних помещениях. Значения времени блокирования путей эвакуации в зависимости от сценария и этажа пожара представлены в таблицах 4.7–4.11.

Таблица 4.7 – Значения времени блокирования путей эвакуации для различных сценариев развития пожара

Помещение очага пожара	Время блокирования для сценариев $t_{бл.}$ , мин		
	На выходе из помещения очага пожара	Коридор (в ЛК №1)	Коридор (в ЛК №2)
1 сценарий	3,09	5,27	2,80
2 сценарий	0,92	4,65	1,06

Таблица 4.8 – Значения времени блокирования путей эвакуации для ЛК № 1 при сценарии 1

Этаж с помещением очага пожара	Время блокирования для этажа здания для сценариев $t_{бл.}$ , мин			
	1	2	3	4
1	<b>6,41</b>	>10	>10	>10
2	>10	<b>6,52</b>	7,98	>10
3	>10	>10	<b>6,04</b>	6,70
4	>10	>10	>10	<b>5,27</b>

Таблица 4.9 – Значения времени блокирования путей эвакуации для ЛК № 2 при сценарии 1

Этаж с помещением очага пожара	Время блокирования для этажа здания для сценариев $t_{бл.}$ , мин			
	1	2	3	4
1	<b>3,33</b>	4,50	4,87	4,66
2	>10	<b>3,40</b>	4,23	3,95
3	>10	>10	<b>3,12</b>	3,24
4	>10	>10	>10	<b>2,83</b>

Таблица 4.10 – Значения времени блокирования путей эвакуации для ЛК № 1 при сценарии 2

Этаж с помещением очага пожара	Время блокирования для этажа здания для сценариев $t_{бл.}$ , мин			
	1	2	3	4
1	<b>6,05</b>	7,60	>10	>10
2	>10	<b>5,80</b>	7,43	7,99
3	>10	>10	<b>5,56</b>	6,61
4	>10	>10	>10	<b>4,65</b>

Таблица 4.11 – Значения времени блокирования путей эвакуации для ЛК № 2 при сценарии 2

Этаж с помещением очага пожара	Время блокирования для этажа здания для сценариев $t_{бл.}$ , мин			
	1	2	3	4
1	<b>1,04</b>	1,23	2,35	1,85
2	>10	<b>1,05</b>	1,45	1,37
3	>10	>10	<b>1,17</b>	0,97
4	>10	>10	>10	<b>1,04</b>

Подводя итог этой части исследования, следует отметить, что в среднем время блокирования путей эвакуации в коридоре составляет около 2,5 мин, а в лестничной клетке на уровне этажа пожара – около 3 мин. Наиболее неблагоприятным сценарием развития пожара является ситуация, когда очаг пожара размещен на нижележащих этажах здания, так как люди, находящиеся на этаже выше очага пожара, не имеют возможности произвести своевременную эвакуацию. Это требует разработки дополнительных мер для обеспечения безопасной эвакуации беременных пациенток учреждений родовспоможения.

#### **4.4 Разработка комплекса мер для снижения риска гибели беременных пациенток учреждений родовспоможения**

Анализ результатов моделирования показал, что обеспечить безопасность пациенток учреждения родовспоможения при пожаре при существующих нормативных требованиях к путям эвакуации в зданиях, не оборудованных системами противодымной защиты и автоматическими установками пожаротушения, не представляется возможным. Решением данной проблемы может быть один из следующих вариантов (рисунок 4.10).

1. Снижение значения времени начала эвакуации путем совершенствования организационно-технических мероприятий, направленных на подготовку персонала и пациенток учреждений родовспоможения.

2. Снижение расчетного времени эвакуации: увеличение скорости движения беременных женщин либо ограничение протяженности эвакуационного пути в зависимости от времени его блокирования опасными факторами пожара. Очевидно, что при выборе этого варианта защиты надо идти по пути ограничения протяженности пути эвакуации.

3. Увеличение времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара с помощью проектирования систем противодымной вентиляции и систем автоматического пожаротушения.



Рисунок 4.10 – Выбор варианта защиты людей в учреждениях родовспоможения в случае пожара

Весомую роль в обеспечении безопасности играет снижение времени начала эвакуации. Рассмотрим влияние уменьшения значения  $t_{н.э}$  на безопасность людей на различных этажах на следующем примере. Время начала эвакуации уменьшается от значений  $t_{н.э} = 4$  мин (при СОУЭ 3-го типа) с шагом 0,1 мин. Результаты расчета при  $t_{бл} = 5$  мин, скорости движения по коридору  $V_k = 56$  м/мин (длина пути движения по коридору  $l_k = 25$  м); по лестнице  $V_{лк} = 40$  м/мин (длина пути по лестнице между этажами  $l_{лк} = 12$  м) представлены в таблице 4.12.

Таблица 4.12 – Значения необходимой протяженности пути эвакуации в зависимости от времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара при втором сценарии пожара

$t_{\text{бл,МИН}}$	$t_{\text{н.э, МИН}}$	$t_{\text{бл}} - t_{\text{н.э}},$ МИН	Оценка безопасности для людей на этаже			
			Этаж 1	Этаж 2	Этаж 3	Этаж 4
5	4	1	Безопасно	Нет	Нет	Нет
5	3,9	1,1	Безопасно	Безопасно	Нет	Нет
5	3,8	1,2	Безопасно	Безопасно	Нет	Нет
5	3,7	1,3	Безопасно	Безопасно	Нет	Нет
5	3,6	1,4	Безопасно	Безопасно	Нет	Нет
5	3,5	1,5	Безопасно	Безопасно	Безопасно	Нет
5	3,4	1,6	Безопасно	Безопасно	Безопасно	Нет
5	3,3	1,7	Безопасно	Безопасно	Безопасно	Безопасно

Расчеты показывают, что относительно небольшое уменьшение времени начала эвакуации (всего на 0,7 мин) позволяет обеспечить безопасность людей на трех этажах выше этажа пожара. Таким образом, снижение времени начала эвакуации является перспективным направлением для проработки комплекса мер, направленных на повышение безопасности пациенток учреждений родовспоможения.

Наиболее оптимальным решением для снижения расчетного времени эвакуации является разработка мероприятий по сокращению протяженности эвакуационных путей:

- ограничение длины вертикального пути эвакуации (длины пути по лестнице);
- организация горизонтальной эвакуации (в безопасную зону, в соседний пожарный отсек);
- проектирование зон безопасности, в которых люди смогут дождаться прибытия пожарных подразделений без угрозы воздействия на них опасных факторов пожара.

В зданиях учреждения родовспоможения для людей, не способных перемещаться по лестницам, следует предусматривать возможность горизонтальной эвакуации в соседний пожарный отсек или зону безопасности, размер которой определяется расчетным числом лежащих больных, транспортируемых на средствах для горизонтального перемещения (каталках, кроватях), что установлено требованиями [7, 10, 14]. Однако должны обеспечиваться следующие требования:

- зона безопасности должна быть незадымляемой или отделяться от других помещений незадымляемыми шлюзами;
- избыточное давление при пожаре должно создаваться от 20 до 40 Па;
- в зону безопасности должны выходить эвакуационная лестница или лифт с установленными характеристиками [14].

Согласно пункту 5.2.27 [10] в состав зоны безопасности могут включаться площадь примыкающей лоджии или балкона, которые отделены противопожарными преградами от остальных помещений. Противопожарное остекление лоджии и балкона при этом не требуется, если наружная стена под ними глухая с пределом огнестойкости не менее REI 30 (EI 30) или оконные и дверные проемы, имеющиеся в этой стене, заполнены противопожарными окнами и дверями. Устройство балконов по периметру здания при соблюдении нормативных требований позволит использовать их в качестве зон безопасности (рисунок 4.11).



Рисунок 4.11 – Устройство балконов в зданиях санаториев:

*а* – Железноводск; *б* – Ессентуки

При невозможности сокращения протяженности эвакуационных путей, необходимо предложить комплекс инженерно-технических мероприятий для защиты людей при движении по ним: оснащение системами противодымной защиты и автоматического пожаротушения. Для обеспечения предотвращения блокирования и (или) распространения продуктов горения по путям эвакуации людей в коридорах отделений учреждений родовспоможения следует предусматривать систему противодымной вентиляции. Проектирование систем спринклерного водяного пожаротушения с принудительным пуском позволит своевременно выявить пожар и в кратчайший период времени самостоятельно воздействовать на угрозу его возникновения.

Таким образом, собственник объекта защиты может произвести выбор варианта защиты для обеспечения безопасной эвакуации людей при пожаре (рисунок 4.10). Обеспечить уменьшение расчетного времени эвакуации путем ограничения протяженности эвакуационного пути, снижение значения времени начала эвакуации путем совершенствования организационно-технических мероприятий, направленных на подготовку персонала и пациенток учреждений родовспоможения. Эффективным средством защиты основного функционального континента от воздействия пожара являются системы противодымной вентиляции и пожаротушения, способствующие увеличению времени блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

#### **4.5 Выводы по четвертой главе**

1. На основе данных, полученных в ходе настоящей работы, разработан комплекс рекомендаций по расчету времени эвакуации при пожаре пациенток учреждений родовспоможения. Приведены данные о времени начала эвакуации  $t_{нэ}$  и параметрах движения людских потоков по различным видам пути. Даны

рекомендации по применению того или иного закона распределения случайной величины  $t_{нэ}$  и учета стохастичности людского потока.

2. Многовариантный анализ процесса эвакуации основного функционального контингента учреждений родовспоможения показал, что плотность людского потока на путях эвакуации не превышает допустимых значений. Но если одна из лестничных клеток будет заблокирована опасными факторами пожара, то на функционирующей лестничной клетке плотность людского потока возрастет и может достичь значения  $0,52 \text{ м}^2/\text{м}^2$ , что указывает на нарушение беспрепятственности эвакуации. Для оценки своевременности эвакуации людей в работе также были получены расчетные соотношения, характеризующие данный процесс.

3. Анализ сценариев пожара с различной пожарной нагрузкой позволил получить значения ОФП в коридоре этажа, на котором произошел пожар, и в лестничной клетке. Расчеты показали, что в лестничной клетке без противодымной защиты люди, находящиеся выше этажа пожара, своевременно завершить эвакуацию не смогут.

4. Для обеспечения безопасности людей в случае пожара в учреждениях родовспоможения разработан комплекс мер по защите людей. Выбранный вариант защиты предлагается осуществлять путем уменьшения расчетного времени эвакуации, ограничив протяженность эвакуационного пути, снизив значения времени начала эвакуации или увеличив время блокирования путей эвакуации опасными факторами пожара.

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Анализ отечественных и зарубежных научных, нормативных и справочных источников выявил отсутствие данных, характеризующих процесс эвакуации беременных пациенток учреждений родовспоможения. Без таких данных невозможно гарантированно обеспечить их безопасность в случае возникновения пожара.

2. В процессе эвакуации учреждений с ночным пребыванием людей значительные затраты времени отмечаются на стадии подготовки к эвакуации. В связи с этим, впервые в учреждениях родовспоможения, было исследовано время начала эвакуации не только в дневное, но и в ночное время. Время начала эвакуации было исследовано как для случая срабатывания общеобъектовой системы оповещения, так и для ситуации, при которой система не сработала. Это позволило описать в количественном отношении ранее не изученные аспекты оповещения людей о пожаре.

3. После подготовки к эвакуации на участках пути, ведущих к выходам из здания, формируются людские потоки. На основе экспериментов и натурных наблюдений за движением беременных женщин по горизонтальным путям, по лестницам вверх, вниз и через дверные проемы была получена совокупность данных, которая была обработана методами математической статистики. В результате установлены параметры, характеризующие движение людских потоков в учреждениях родовспоможения в случае пожара.

4. Вполне очевидно, что нет возможности провести исследование процесса эвакуации в учреждениях родовспоможения в действительно чрезвычайных, экстремальных условиях. В связи с этим, для прогнозирования скоростей движения беременных женщин в условиях повышенной эмоциональной напряженности ситуации была использована существующая в теории движения людских потоков методика, основанная на распределении значений скоростей

свободного движения. Это позволило связать уровень эмоциональной напряженности ситуации и скорость движения женщин при эвакуации.

5. Совокупность полученных в работе данных позволяет объективно диагностировать наличие угрозы беременным женщинам и выбрать то или иное решение по защите путей эвакуации от воздействия опасных факторов пожара. Установлено, что беспрепятственность эвакуации, т.е. движение без образования высоких травмоопасных плотностей, на путях эвакуации учреждений родовспоможения обеспечивается. Однако своевременность эвакуации, при существующем положении вещей, как правило, гарантировать невозможно. Причем, в наибольшей опасности находятся женщины на этаже пожара и на вышележащих этажах.

6. Полученные в настоящей работе данные, базирующиеся на замерах времени начала эвакуации 134 беременных женщин и на 1077 замерах параметров их движения по различным видам пути в различном эмоциональном состоянии, а также результаты многовариантного моделирования пожара, позволяют обоснованно формировать требования к путям эвакуации в учреждениях родовспоможения. В работе доказано, что для обеспечения безопасности основного функционального контингента, необходимо защищать пути эвакуации в пределах этажа с помощью автоматических систем пожаротушения в помещениях, ограничивать длину пути эвакуации по лестнице либо обеспечить незадымляемость вертикальных путей эвакуации.

**СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ**

1. Комментарий Минздрава Российской Федерации по вопросу доступности акушерских коек [Электронный ресурс]: Министерство здравоохранения Российской Федерации – сайт. – Режим доступа: <https://www.rosminzdrav.ru/news/2015/08/07/2480-kommentariy-minzdrava-rossii-po-voprosu-dostupnosti-akusherskih-koek> (дата обращения 31.03.2019).

2. О применении риск-ориентированного подхода при организации отдельных видов государственного контроля (надзора) и внесении изменений в некоторые акты Правительства Российской Федерации [Электронный ресурс] // Постановление Правительства Российской Федерации от 17.08.2016 № 806 Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения: 31.03.2019).

3. Рождаемость, смертность и естественный прирост [Электронный ресурс]: Федеральная служба государственной статистики – сайт. – Режим доступа: [http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat\\_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/#](http://www.gks.ru/wps/wcm/connect/rosstat_main/rosstat/ru/statistics/population/demography/#) (дата обращения: 31.03.2019).

4. Проектирование перинатальных центров и других учреждений родовспоможения [Электронный ресурс]: методические рекомендации 173-ПД/707 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.09.2019).

5. Мартынова, И. А. Родиться по собственному желанию. Летопись повивального дела [Текст] / И. А. Мартынова. – 2-е изд., доп. – СПб.: Издательство ИП Яблоков С.Ю., 2017. – 448 с.

6. Моисеенко, А. П. Принципы проектирования зданий родильных домов в крупнейших городах (на примере г. Москвы) [Текст]: дис. ... канд. архитектуры:

18.00.02 / Моисеенко Аркадий Павлович. – ЦНИИЭП учебных зданий, 1985. – 198 с.

7. СП 158.13330.2014. Здания и помещения медицинских организаций. Правила проектирования [Электронный ресурс]: свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2014. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.08.2019).

8. СП 8.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Источники наружного противопожарного водоснабжения. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2009. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.08.2019).

9. СП 4.13130.2013. Системы противопожарной защиты. Ограничение распространения пожара на объектах защиты. Требования к объемно-планировочным и конструктивным решениям [Электронный ресурс]: свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2013. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.08.2019).

10. СП 10.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Внутренний противопожарный водопровод. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2009. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.08.2019).

11. СП 2.13130.2012. Системы противопожарной защиты. Обеспечение огнестойкости объектов защиты [Электронный ресурс]: свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2012. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.08.2019).

12. СП 7.13130. 2013. Системы противопожарной защиты. Отопление, вентиляция и кондиционирование. Требования пожарной безопасности [Электронный ресурс]: свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. –

Электрон. дан. – М., 2013. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.08.2019).

13. СП 5.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Установки пожарной сигнализации и пожаротушения автоматические. Нормы и правила проектирования [Электронный ресурс]: свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2009. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.08.2019).

14. СП 11.13130.2009. Места дислокации подразделений пожарной охраны. Порядок и методика определения [Электронный ресурс]: свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2009. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.08.2019).

15. СП 1.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Эвакуационные пути и выходы [Электронный ресурс]: свод правил // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2009. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 03.08.2019).

16. Life Safety Code Handbook. National Fire Protection Association «NFPA 101 Life Safety 2015 edition». – Quincy, Massachusetts, 2015. – 1264 p.

17. Эллисон, В. А. Пожарная профилактика в изложении применительно к курсу пожарного техникума [Текст] / В. А. Эллисон. – В 2 т. – М.: Изд-во НКВД СССР, 1931. – Т. 1: Основы и принципы. – 262 с.

18. Беляев, С. В. Эвакуация зданий массового назначения [Текст] / С. В. Беляев. – М.: Изд. Всесоюзной академии архитектуры, 1938. – 70 с.

19. СНиП II-Л.20-69. Театры. Нормы проектирования [Текст]: строительные нормы и правила. – М.: Стройиздат, 1969. – 23 с.

20. Милинский, А. И. Исследование процесса эвакуации зданий массового назначения [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Милинский Анатолий Иванович. – М., 1951. – 178 с.

21. Предтеченский, В. М. Методика натуральных наблюдений за процессами движения людей при помощи кино-фотосъемки [Текст] / В. М. Предтеченский, Т. А. Тарасова, В. А. Калинин // Материалы XXI научно-технической конференции. – М.: МИСИ, 1962. – 7 с.

22. Предтеченский, В. М. О расчете движения людских потоков в зданиях массового назначения [Текст] / В. М. Предтеченский // Известия высших учебных заведений. Серия «Строительство и архитектура». – 1958. – № 7. – С. 143–160.

23. Предтеченский, В. М. Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков [Текст]: учебное пособие для вузов / В. М. Предтеченский, А. И. Милинский. – 2-е изд., доп. и перераб. – М.: Стройиздат, 1979. – 375 с.

24. Калинин, В. А. Проектирование залов кинотеатров с учетом движения людских потоков [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Калинин Владимир Александрович. – М., 1966. – 186 с.

25. Дувидзон, Р. М. Проектирование спортивных сооружений с учетом движения людских потоков [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Дувидзон Ринат Миронович. – М., 1968. – 173 с.

26. Холщевников, В. В. Оптимизация путей движения людских потоков. Высотные здания [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Холщевников Валерий Васильевич. – М., 1969. – 251 с.

27. Великовский, Л. Б. Вопросы эвакуации из высотных зданий [Текст] / Л. Б. Великовский, В. В. Холщевников // Архитектура СССР. – 1969. – № 1. – С. 12–16.

28. Буга, П. Г. Исследование пешеходного движения в городских узлах [Текст]: дис. ... канд. техн. наук / Буга Петр Григорьевич. – М., 1974. – 182 с.

29. Доценко, А. Г. Движение людей на вокзалах прилегающих территориях (на примере крупных железнодорожных вокзалов) [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Доценко Анатолий Георгиевич. – М., 1976. – 152 с.

30. Гвоздяков, В. С. Закономерности движения людских потоков в транспортно-коммуникационных сооружениях [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Владимир Сергеевич Гвоздяков. – М., 1977. – 211 с.

31. Алексеев, Ю. В. Формирование движения людских потоков в проходах зрелищных сооружений [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Алексеев Юрий Владимирович. – М., 1978. – 254 с.

32. Овсянников, А. Н. Закономерности формирования структуры коммуникационных путей в крытых зрелищных сооружениях [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Овсянников Александр Николаевич. – М., 1983. – 324 с.

33. Фёлькель, Х. Принципы нормирования эвакуационных путей в производственных зданиях [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Фёлькель Харальд. – М., 1979. – 145 с.

34. Ерёмченко, М. А. Движение людских потоков в школьных зданиях [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Мария Александровна Ерёмченко. – М., 1978. – 186 с.

35. Григорьянц, Р. Г. Исследование движения длительно существующих людских потоков [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Рудольф Георгиевич Григорьянц. – М., 1973. – 195 с.

36. Предтеченский, В. М. Расчет перестроения людских потоков на участках ограниченной длины [Текст] / В. М. Предтеченский, В. В. Холщевников // Строительство и архитектура. – Новосибирск. – 1971. – № 4. – С. 67–76.

37. Копылов, В. А. Исследование параметров движения людей при вынужденной эвакуации [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Владимир Андреевич Копылов. – М., 1974. – 145 с.

38. Холщевников, В. В. Людские потоки в зданиях, сооружениях и на территории их комплексов [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.23.10 / Холщевников Валерий Васильевич. – М., 1983. – 486 с.

39. Закономерности связи между параметрами людских потоков [Текст]: Диплом № 24-S на открытие в области социальной психологии / В. В. Холщевников // Научные открытия. – Российская академия естественных наук, Международная академия авторов научных открытий и изобретений, 2005. – С. 63–69.

40. СНиП II-2–80. Противопожарные нормы проектирования зданий и сооружений [Текст]: строительные нормы и правила. – М., 1981. – 14 с.

41. ГОСТ 12.1.004–91\*. Пожарная безопасность. Общие требования [Текст]: государственный стандарт. – М.: Издательство стандартов, 1996. – 126 с.

42. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности [Электронный ресурс]: приказ МЧС России 30.06.2009. № 382 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2016. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 10.09.2019).

43. Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска на производственных объектах [Электронный ресурс]: приказ МЧС РФ 10.07.2009. № 404 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2009. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 10.09.2019).

44. Самошин, Д. А. Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации [Текст]: монография / Д. А. Самошин. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – 210 с.

45. Никонов, С. А. Разработка рекомендаций по моделированию движения людских потоков в зданиях и организации оповещения при пожаре [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.01 / Никонов Сергей Александрович. – М., 1985. – 230 с.

46. Айбуев, З. С.-А. Формирование людских потоков на предзаводских территориях крупных промышленных узлов машиностроительного профиля

[Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.10 / Заявди Саид-Ахметович Айбуев. – М., 1989. – 283 с.

47. Исаевич, И. И. Разработка основ многовариантного анализа планировочных решений станций и пересадочных узлов метрополитена на основе моделирования движения людских потоков [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01 / Ирина Ивановна Исаевич. – М., 1990. – 245 с.

48. Парфененко, А. П. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях детских дошкольных образовательных учреждений [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Парфененко Александр Павлович. – М., 2012. – 153 с.

49. Истратов, Р. Н. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в стационарах социальных учреждений по обслуживанию граждан пожилого возраста [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Истратов Роман Николаевич – М., 2014. – 160 с.

50. Кудрин, И. С. Влияние параметров движения людских потоков при пожаре на объемно-планировочные решения высотных зданий [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Кудрин Иван Сергеевич. – М., 2013. – 190 с.

51. Слюсарев, С. В. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам для детей с ограниченными возможностями здоровья в зданиях с их массовым пребыванием [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Слюсарев Сергей Вячеславович. – М., 2017. – 189 с.

52. Фан, А. Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в многоэтажных жилых зданиях во Вьетнаме [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.26.03 / Фан Ань. – М., 2017. – 152 с.

53. Самошин, Д.А. Методологические основы нормирования безопасной эвакуации людей из зданий при пожаре [Текст]: дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.03 / Самошин Дмитрий Александрович – М., 2017. – 357 с.

54. Яичков, К. М. Защита лечебных учреждений от пожаров [Текст] / К. М. Яичков. – М: Советское законодательство, 1931.

55. Эвакуация из больниц больных и служебного персонала во время пожара. Положение. Грузинская ССР. Наркомздравоохранения. – Тбилиси, 1938. – 15 с.

56. Кирюханцев, Е. Е. Первые экспериментальные исследования движения инвалидов в общем потоке [Текст]: сб. статей / Е. Е. Кирюханцев, В. В. Холщевников, Е. Т. Шурин // Безопасность людей при пожарах. – М.: ВИПТШ МВД РФ, 1999. – С. 25–31.

57. Шурин, Е. Т. Выделение групп населения по мобильным качествам и индивидуальное движение в людском потоке как основа моделирования движения «смешанных» людских потоков при эвакуации [Текст]: сборник статей / Е. Т. Шурин, А. В. Апаков // Проблемы пожарной безопасности в строительстве. – М.: Академия ГПС МВД России, 2001. – С. 36–42.

58. Шурин, Е. Т. Результаты экспериментов по определению некоторых параметров эвакуации немобильных людей при пожаре [Текст] / Е. Т. Шурин, Д. А. Самошин // Системы безопасности: материалы 10-й науч.-техн. конференции. – М.: Академия ГПС МВД РФ, 2001. – С. 114–117.

59. СНиП 35–01–2001. Доступность зданий и сооружений для маломобильных групп населения [Электронный ресурс]: строительные нормы и правила (утв. Постановлением Госстроя РФ от 16.07.2001 № 73) // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон. дан. – М., 2013. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (режим доступа 15.09.2019).

60. СП 59.13330.2012. Доступность зданий для маломобильных групп населения [Текст]: свод правил. – М., 2011. – 89 с.

61. Самошин, Д. А. Экспериментальная оценка эффективности эвакуационного стула для спасения людей с ограниченными возможностями при пожаре [Электронный ресурс] / Д. А. Самошин, Р. Н. Истратов // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2013. – № 3. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2013-3/11-03-13.ttb.pdf> (дата обращения 16.08.2019).

62. Самошин, Д. А. Оценка мобильных качеств пациентов различных отделений городских клинических больниц [Текст] / Д. А. Самошин, Р. Н. Истратов // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2011. – № 12. – С. 42–44.

63. *Fruin, J. J. Pedestrian planning and design / J. J. Fruin. – New York: Metropolitan Association of Urban Designers and Environmental planners, 1971. – 206 p.*

64. *Boyce, K. E. Egress Capabilities of People with Disabilities: PhD thesis / K. E. Boyce. – University of Ulster, 1996.*

65. *Beard, A. N. A Logic Tree Approach to the Fairfield Home Fire / A. N. Beard // Fire Technology, 1981, vol. 17, No. 1, pp. 25–39.*

66. *Berlin, G. N. Modeling emergency evacuation from Group Homes / G. N. Berlin, A. Dutt, S. M. Gupta // Fire Technology, 1982, vol. 18, No. 1, pp.38–49.*

67. *Bish, D. R. Decision support for hospital evacuation and emergency response / D. R. Bish, E. Agca, R. Glick // Springer Science Business Media. – August 2011, pp. 89–106.*

68. *Thompson, P. Evacuation models are running out of time / P. Thompson, D. Nilsson, K. Boyce, D. McGrath // Fire Safety Journal. – 2015, pp. 251–261.*

69. *Samochine, D. A. Toward an understanding of the concept of occupancy in relation to staff behaviour in fire emergency evacuation of retail stores: PhD Thesis / D. A. Samochine. – University of Ulster, 2004. – 228 p.*

70. Самошин, Д. А. Исследования времени начала эвакуации людей, находящихся в состоянии сна, из специализированных учреждений и жилых зданий [Текст] / Д. А. Самошин, С. В. Слюсарев, А. Фан // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2016. – Т. 25, № 8. – С. 58–67. DOI: 10.18322/PVB.2016.25.08.58-67.

71. Холщевников, В. В. Об определении времени начала эвакуации детей при пожарах в зданиях дошкольных образовательных учреждений [Электронный ресурс] / В. В. Холщевников, А. П. Парфёненко // *Технологии техносферной безопасности*. – 2014. – № 5. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2014-5/25-05-14.ttb.pdf> (дата обращения 15.09.2019).

72. Аниськина, Ю. А. К вопросу о влиянии степени готовности к действиям при пожаре медицинского персонала на время начала эвакуации больниц [Электронный ресурс] / Ю. А. Аниськина, Д. А. Самошин, З. С. Хасуева // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2016. – № 6. Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2016-6/03-06-16.ttb.pdf> (дата обращения 15.09.2019).

73. Меркушкина, Т. Г. Особенности эвакуации людей из современных офисных зданий при пожаре [Электронный ресурс] / Т. Г. Меркушкина, Д. А. Самошин, З. С. Хасуева, М. Ю. Зыкова // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. – 2015. – Вып. 5 (63). – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2015-5/37-05-15.ttb.pdf>. (дата обращения 15.09.2019).

74. Белосохов, И. Р. К проблеме формирования продолжительности времени начала эвакуации людей при пожаре [Электронный ресурс] // И. Р. Белосохов // Технологии техносферной безопасности: интернет-журнал. 2011. – № 2. – Режим доступа: <http://agps-2006.narod.ru/ttb/2011-2/13-02-11.ttb.pdf> (дата обращения 15.09.2019).

75. МГСН 4.19–2005. Временные нормы и правила проектирования многофункциональных высотных зданий и зданий-комплексов в городе Москве [Текст]: Московские городские строительные нормы. – М., 2005. – 111 с.

76. СТО НОСТРОЙ 2.35.73–2012. Инженерные сети высотных зданий. Системы обеспечения комплексной безопасности высотных зданий и сооружений [Текст]: Стандарт организации Национального объединения строителей. – М.: Издательство БСТ, 2014. – 205 с.

77. 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]: приказ МЧС Российской Федерации от 12.12.2011 № 749 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. –

Электрон дан. – М., 2015. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 15.09.2019).

78. О внесении изменений в приказ МЧС России от 30.06.2009 № 382 [Электронный ресурс]: приказ МЧС России от 02.12.2015 № 632 // Гарант: информ.-правовое обеспечение. – Электрон дан. – М., 2015. – Доступ из локальной сети б-ки Академии ГПС МЧС России (дата обращения 15.09.2019).

79. Шильдс, Т. Дж. Исследование эвакуации крупных торговых комплексов [Текст] / Т. Дж. Шильдс, К. Е. Бойс, Д. А. Самошин // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – № 6. – С. 57–66.

80. *Rinner, T. Data collection and analysis of evacuation situations / T. Rinner, K. Tillander, P. Grönberg // VTT Tiedotteita – Research Notes, 2562. – 46 p.*

81. *Nilsson, D. Social influence during the initial phase of a fireevacuation – Analysis of Evacuation experiments in a cinema theatre / D. Nilsson, A. Johansson // Fire Safety Journal, 2009, vol. 44, pp. 71–79.*

82. *Machado Tavares, R. Collection and Analysis of Pre-Evacuation Time Data Collected from Evacuation Trials Conducted in Library Facilities in Brazil / R. Machado Tavares, S. Gwynne, E. R. Galea // Journal of Applied Fire Science, 2006. – 2007, vol. 15, No. 1, pp. 23–40.*

83. *Galea, E. Investigating the Impact Of Culture On Evacuation Behaviour / E. Galea, S. Deere, G. Sharp, L. Filippidis, L. Hulse // Proceedings of the 12th International Fire Science & Engineering Conference, Interflam 2010, 5–7 July 2010, University of Nottingham, UK, vol. 1, pp. 879–892.*

84. *Fahy, R. F. Toward Creating a Database on Delay Times to Start Evacuation and Walking Speeds for Use in Evacuation Modeling / R. F. Fahy, G. Proulx // Proceedings of the 2nd International Conference on Human Behaviour in Fire 2001, Interscience Communications Ltd., London, 2001, pp. 175–183.*

85. *Hurley, M. J. SFPE Handbook of Fire Protection Engineering / M. J. Hurley. – 5th ed., Springer, New York, 2016, XVIII, 3493 p.*

86. *ISO/TR 16738:2009. Fire-safety engineering. Technical information on methods for evaluating behavior and movement of people // International Organization for Standardization, Geneva, 2009, 61 p.*

87. Мамаев, А. Н. Основы медицинской статистики [Текст] / А. Н. Мамаев. – М.: Практическая медицина, 2011. – 128 с.

88. Венцтель, Е. С. Теория вероятностей [Текст]: учеб. пособие / Е. С. Венцтель. – 11-е изд. – М.: Кнорус, 2010. – 576 с.

89. Ермаков, С. М., Михайлов, Г.А. Курс статистического моделирования [Текст] / С. М. Ермаков, Г. А. Михайлов. – М.: Наука, 1976. – 320 с.

90. СП 3.13130.2009. Системы противопожарной защиты. Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре. Требования пожарной безопасности. – М., 2009. – 10 с.

91. Архитектурная среда обитания инвалидов и престарелых [Текст]/ под ред. В. К. Степанова. – М., 1989. – 601 с.

92. Богданова, П. С. Прибавка массы тела во время беременности [Текст]/ П.С. Богданова, Г.Н. Давыдова // Вестник репродуктивного здоровья – 2008. – 7 с.

93. ГОСТ Р ЕН 547-3-2009. Безопасность машин. Размеры тела человека. Часть 3. Антропометрические данные [Текст]: государственный стандарт. – М.: Стандартинформ, 2009. – 12 с.

94. Самошин, Д. А. К вопросу о статических и динамических габаритах пешеходов различных групп мобильности [Текст] / Д. А. Самошин, С. В. Слюсарев // Вестник Московского строительного университета. – 2016. – № 4. – С. 84–93.

95. Кельмансон, И. А. Перинатология и перинатальная психология [Текст]: учеб. пособие / И. А. Кельмансон. – СПб.: Издательство СпецЛит, 2018. – 343 с.

96. Карапетян, С. В. Клинико-биомеханическое обоснование совершенствования ортезирования при ортопедических последствиях беременности [Текст]: дис. ... канд. мед. наук : 14.01.15 / Карапетян Сергей Вазгенович. – СПб., 2013. – 137 с.

97. Митропольский, А. К. Техника статистических вычислений [Текст] / А. К. Митропольский. – М.: Наука, 1971. – 576 с.
98. Волков, П. П. Информационное моделирование эмоциональных состояний / П. П. Волков, В. Н. Оксень – Минск: Вышэйшая школа, 1978. – 128 с.
99. Волгин, Л. Н. Принцип согласованного оптимума [Текст] / Л. Н. Волгин. – М.: Советское радио, 1977. – 144 с.
100. Байбарина, Е. Н. Итоги развития службы родовспоможения в Российской Федерации и мероприятия по ее совершенствованию [Текст] / Е. Н. Байбарина, О. С. Филиппов, Е. В. Гусева //Российский вестник акушера-гинеколога. – 2014. – № 4. – С. 4–8.

**ПРИЛОЖЕНИЕ**

**АКТЫ ВНЕДРЕНИЯ РЕЗУЛЬТАТОВ ИССЛЕДОВАНИЯ**

УТВЕРЖДАЮ

Начальник  
ФГБУ ВНИИПО МЧС России

Д.Т.Н. \_\_\_\_\_ Д.М. Гордиенко

«27» сентября 2019 г.**АКТ**

внедрения результатов диссертационной работы Хасуевой Зулихан Сулимановны на тему: «Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях учреждений родовспоможения» в нормативный правовой акт по пожарной безопасности

Комиссия в составе: главного научного сотрудника НИЦ НТП ПБ д.т.н., с.н.с. Хасанова И.Р., начальника отдела 3.4 Ушакова Д.В., ведущего научного сотрудника отдела 3.4 к.т.н. Карпова А.В., подтверждает, что при разработке изменения №2 в «Методику определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» были использованы результаты диссертационного исследования Хасуевой Зулихан Сулимановны, а именно параметры, используемые для моделирования эвакуации беременных женщин при пожаре.

Председатель комиссии

И.Р. Хасанов

Члены комиссии:

Д.В. Ушаков

А.В. Карпов





### АКТ

Внедрения результатов диссертационного исследования Хасуевой Зулихан Сулимановны на тему: «Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным путям и выходам в зданиях учреждений родовспоможения»

Комиссия в составе Дигаевой М.А., Дадаевой Р.С., Зазалаевой М.И., подтверждает, что при разработке методических рекомендаций по повышению пожарной безопасности беременных пациенток учреждения родовспоможения, расположенного по адресу: Чеченская Республика, город Грозный, бульвар Султана Дудаева, дом 16а, использованы результаты диссертационного исследования на соискание ученой степени кандидата технических наук Хасуевой З.С., а именно:

-параметры, характеризующие поточное движение беременных пациенток учреждений родовспоможения по горизонтальным и наклонным путям, а также через эвакуационные выходы,

-комплекс организационных мероприятий, направленный на обеспечение безопасности беременных пациенток при эвакуации.

Председатель комиссии:

Дигаева М.А.

Члены комиссии:

Дадаева Р.С.

Зазалаева М.И.



### АКТ

внедрения результатов диссертационной работы Хасуевой Зулихан Сулимановны  
на тему: «Нормирование требований пожарной безопасности к эвакуационным  
путям и выходам в зданиях учреждений родовспоможения»  
в учебном процессе Академии ГПС МЧС России

Комиссия в составе: начальника учебно-научного центра проблем пожарной безопасности в строительстве Серкова Б.Б., начальника учебно-методического центра Шныпко В.С., заместителя начальника учебно-научного центра проблем пожарной безопасности в строительстве Злобнова П.В., профессора кафедры пожарной безопасности в строительстве Есина В.М., подтверждает, что результаты диссертационного исследования Хасуевой Зулихан Сулимановны внедрены в учебный процесс кафедры пожарной безопасности в строительстве, а именно:

1. Использованы при разработке учебного пособия по дисциплине «Пожарная безопасность в строительстве». Учебное пособие используется для изучения курса дисциплины слушателями и студентами высших учебных заведений пожарно-технического профиля МЧС России – глава 7 «Особенности процесса эвакуации детей, пожилых людей и людей с ограниченными возможностями».

2. Использованы при разработке курса лекций по дисциплинам «Пожарная безопасность в строительстве» и «Безопасность людей при пожаре».

**Комиссия:**

Начальник УНЦ ППБС

доктор технических наук, профессор

Начальник учебно-методического центр

Заместитель начальника УНЦ ППБС

Профессор кафедры ПБС

доктор технических наук, профессор

Б.Б. Серков

В.С. Шныпко

П.В. Злобнов

В.М. Есин