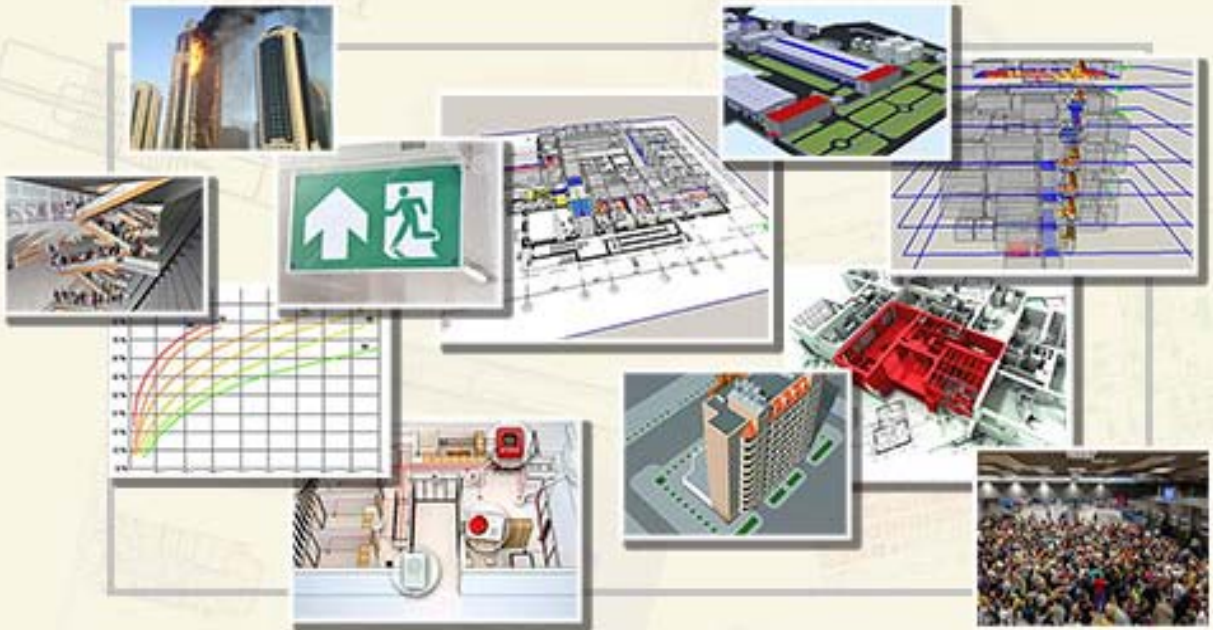


Грачёв В.Ю., Контарь Н.А.

Программы моделирования эвакуации для расчетов пожарного риска. Требования к документации



2018

Грачёв В.Ю., Контарь Н.А.

**Программы моделирования
эвакуации для расчетов
пожарного риска
Требования к документации**

СИТИС
Екатеринбург
2018 г.

УДК 614.84.31
ББК 38.112
Г15

Грачёв В.Ю., Контарь Н.А.
Г15 Программы моделирования эвакуации для расчетов пожарного риска. Требования к документации. —
Екатеринбург: СИТИС, 2018 г. — 72 с.
ISBN 978-5-91256-417-8

УДК 614.84.31
ББК 38.112

ISBN 978-5-91256-417-8

© СИТИС, 2018
© Грачев В.Ю., 2018

Содержание

1. Введение	5
2. Требования к документации компьютерных программ для моделирования	5
3. Методология выполнения анализа и отображения результатов	7
4. Классификация моделей и их реализаций	9
5. Упрощенная аналитическая поточная модель (нормативная МЧС РФ)	11
5.1 Описание модели	11
5.2 Описание реализации в программе «СИТИС: Флоутек»	14
5.3 Описание реализации в программе «ТОХИ+Risk»	17
5.4 Описание реализации в программе «Фогард-РВ» и «Фогард-РВ+»	19
5.5 Описание реализации в программе «GreenLine»	21
6. Имитационно-стохастическая поточная модель (нормативная МЧС РФ)	24
6.1 Описание модели	24
6.2 Описание реализации в программе «СИТИС: Флоутек»	27
7. Индивидуально-поточная модель (нормативная МЧС РФ)	30
7.1 Описание модели	30
7.2 Описание реализации в программе «Сигма ПБ»	33
7.3 Описание реализации в программе «Фогард-РВ»	35
7.4 Описание реализации в программе «Urban»	38
7.5 Описание реализации в программе «Fenix+»	40
8. Модель индивидуального движения	42
8.1 Описание модели	42
8.2 Описание реализации в программе «FDS+Evac»	45
8.3 Описание реализации в программе «СИТИС: Эватек»	47
8.4 Описание реализации в программе «Pathfinder» в режиме «steering»	49
8.5 Описание реализации в программе «Pathfinder» в режиме «SFPE»	52
9. Программируемые настраиваемые модели	54
9.1 Описание модели	54
9.2 Описание реализации в программе «СИТИС: Рестек»	55
10. Адаптированные модели	57
10.1 Адаптация «Pathfinder» в режиме «steering mode» к индивидуально-поточной модели	57
10.2 Адаптация «Pathfinder» в режиме «SFPE» к упрощенной аналитической модели	60
10.3 Адаптация «СИТИС: РесТек» к динамической индивидуально-поточной модели	62
11. Результаты анализа и обсуждение	65
12. Библиография и источники	68

1. Введение

Вопросы применимости и сопоставления моделей движения людей для выполнения расчетов эвакуации при определении пожарного риска в зданиях и сооружениях и для подобных практических задач, а также выбор реализации этих моделей в виде компьютерной программы или вычислительного сервиса, являются одним из аспектов проектирования и оценки пожарного риска. Недостаточность информации для осознанного инженерного выбора неоднократно упоминается в публикациях и на различных форумах в Интернете. В частности можно привести цитату из статьи [217] одного из ведущих специалистов в области моделирования движения людских потоков В.В. Холщевникова:

«Необходимо отметить, ..., трудности моделирования людских потоков и незнание их закономерностей приводят к попыткам подмены процессов движения реальных людских потоков моделями других известных процессов иной физической природы. Такой подход не является новым для методологии моделирования и давно получил свою оценку в научной литературе: «Одних интересует структура и закономерности явления, приводящие к наблюдаемому результату, других – только сами результаты. Первые, моделируя, пытаются воспроизвести структуру и закономерности явления, вторые – только результаты, не вдаваясь в реальные механизмы их появления». К сожалению, сложившаяся практика сертификации программно-вычислительных комплексов в области движения людских потоков при эвакуации показывает, что и представители сертифицирующих органов не владеют пониманием сути моделей, описываемых программными комплексами, подлежащими сертификации. В этом случае ответственность за полноту воспроизведения реального процесса возлагается прежде всего на разработчиков псевдомодели при ее программном представлении, согласно Федеральному закону №184-ФЗ «О техническом регулировании» они не имеют права «вводить в заблуждение приобретателей их программного продукта». Однако и пользователь должен уметь проверять получаемые результаты, чтобы не быть «шестеренкой» в цепи передачи ошибок в механизме существующей системы разработки и контроля проектной документации на объекты строительства, жертвами ошибок которой может стать большое число граждан страны».

В июне 2018 года введен в действие национальный стандарт ГОСТ Р 57639-2017 (ИСО 16730-1:2015) «Пожарно-технический анализ. Валидация и верификация методов расчета» [112], являющийся отечественной адаптацией международного стандарта ИСО 16730-1:2015 «Пожарно-технический анализ. Процедуры и требования к верификации и валидации методов расчета. Часть 1. Общие положения» (ISO 16730-1:2015 «Fire safety engineering — Procedures and requirements for verification and validation of calculation methods — Part 1: General», MOD). Этот стандарт в настоящее время не включен в какие-либо перечни обязательных для применения стандартов, на него нет ссылок из каких либо нормативных документов. И применение, и не применение данного стандарта является добровольным и не обязательным ни для кого — ни для разработчиков компьютерных программ, ни для проектировщиков и расчетчиков, ни для экспертов. Тем не менее разработку и утверждение этого стандарта можно расценивать как один из ориентиров вектора развития отечественных методов расчета и моделирования, и как возможность оценки инженерных свойств соответствующих компьютерных программ.

В данной книге приведено предложение по методике анализа инженерных свойств расчетных программ с использованием положений данного стандарта, на примере программ для выполнения расчетов пожарного риска в части моделирования движения людских потоков при эвакуации.

2. Требования к документации компьютерных программ для моделирования

Требования в ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 «Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование»

Общая идея ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 «Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование» [111] заключается в том, что в документации к программе должны

быть четко и однозначно указаны все её свойства как инструмента для решения конкретных практических задач, а путем испытания (тестирования) должно быть подтверждено, что программа работает в точном соответствии с описанием, приведенным в документации. При этом испытания должны быть выполнены в объеме, необходимом, чтобы убедиться в правильной работе программы во всем заявленном диапазоне значений и исходных данных.

К документации программы относятся требования пунктов 3.1 и 3.2 стандарта. Ниже приведены соответствующие выдержки из оглавления стандарта:

- 3.1 Описание продукта
 - 3.1.1 Общие требования к содержанию
 - 3.1.2 Обозначения и указания
 - 3.1.3 Формулировки функциональных возможностей
 - 3.1.4 Формулировки надежности
 - 3.1.5 Формулировки практичности
 - 3.1.6 Формулировки эффективности
 - 3.1.7 Формулировки сопровождаемости
 - 3.1.8 Формулировки мобильности (переносимости)
- 3.2 Документация пользователя
 - 3.2.1 Полнота (completeness)
 - 3.2.2 Правильность (correctness)
 - 3.2.3 Непротиворечивость (consistency)
 - 3.2.4 Понятность (understandability)
 - 3.2.5 Простота обозрения (ease of overview)

В стандарте также описывается такое понятие как «правильность» программы (п. 3.3.1 с). Под «правильностью» подразумевается полная функциональная реализация всех аспектов, описанных в документации к программе как непосредственно, так и путем ссылок на другие документы, в том числе нормативные. Также стандарт устанавливает, что для оценки «правильности» программы обязательно нужно выполнять испытание (тестирование) программы с привлечением специалистов, компетентных в предметной области, для которой эта программа была разработана (раздел 4 стандарта). То есть, например, к оценкам «правильности» программы для расчета пожарного риска должны привлекаться не только специалисты по использованию программ как абстрактного программного продукта, но и специалисты в области пожарной безопасности, компетентные в соответствующих расчетах.

Данный стандарт содержит общие требования ко всем типам программ, как к программам для выполнения расчетов и моделирования, так и к программам из других прикладных областей. Стандарты, посвященные отдельным видам программ, содержат более детальные требования, развивающие общие требования ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000, исходя из специфики реализуемых прикладных задач. Поэтому в данной работе был выполнен анализ на соответствие ГОСТ Р 57639-2017 (ИСО 16730-1:2015) «Пожарно-технический анализ. Валидация и верификация методов расчета», посвященный требованиям к программам для моделирования физических явлений, к которым относится и движение людских потоков при эвакуации, и к программам для расчетов в области пожарной безопасности в частности.

Требования в ГОСТ Р 57639-2017 (ИСО 16730-1:2015) «Пожарно-технический анализ. Валидация и верификация методов расчета»

ГОСТ Р 57639-2017 описывает требования к документированию и тестированию программных продуктов. ГОСТ выделяет два типа документации:

- 1) техническую документацию с пояснением научной основы метода расчета;
- 2) руководство пользователя в том случае, если метод расчета является компьютерной программой.

Руководство пользователя компьютерной программы в целом должно состоять из следующих частей:

- 1) полное и подробное описание реализации модели, методов и процедур расчета;
- 2) инструкции по установке и запуску программы;
- 3) описание реализованных опций расчета с описанием области применения;
- 4) описание входных и выходных данных.

Техническая документация необходима для оценки научной базы метода расчета, должна содержать описание методов расчета, а также отчеты о верификации и валидации. Техническую документацию как правило должен делать разработчик модели.

Руководство пользователя должно предоставлять в полном объеме информацию, необходимую пользователю программы для правильного применения программы. В том числе в состав руководства пользователя должно входить описание модели и её реализации в программе, изложенное разработчиками программы.

То есть в составе документации должно быть два блока информации:

- 1) техническая информация, состоящая из технической документации по модели и описания реализации модели в документации пользователя к компьютерной программе. Эта информация нужна для понимания заинтересованными лицами (проектировщик, эксперт и т.п.) применимости той или иной компьютерной программы для решения какой либо практической задачи

- 2) прикладная (функциональная) информация, описывающая порядок действий в интерфейсе компьютерной программы для выполнения расчетов.

Ниже приведены требования к техническому руководству (пункты 4.2.2 «Описание метода расчета» и 4.2.3 «Описание верификации и валидации метода расчета» стандарта).

1. Описание метода расчета

1.1. Цель

1.2. Теория

1.2.1. Основная концептуальная модель

1.2.2. Теоретическая основа явления и физических законов

1.3. Реализация теории

1.3.1. Основные уравнения

1.3.2. Используемые математические методы, вычислительные алгоритмы

1.3.3. Допущения, ограничения входных параметров, связанных с областью применения

1.3.4. Обсуждение точности результатов алгоритмов и зависимость от компьютерных возможностей

1.3.5. Результаты анализа чувствительности

1.4. Входные данные

1.4.1. Необходимые входные данные

1.4.2. Информация об источнике необходимых данных

1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных

1.4.4. Информация о библиотеках данных

2.2. Верификация

2.2.1. Контроль численных ошибок

2.2.2. Проверка кода

2.2.3. Дискретизация

2.2.4. Сходимость итераций и устойчивость

3. Валидация

3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами

3.2. Сравнение подмоделей с результатами

3.3. Анализ чувствительности

4. Пример (примеры) с решением

В описании реализации модели в составе руководства пользователя к программе должны быть подробно описаны:

- 1) реализованные в программе модели;
- 2) основные выполняемые задачи обработки данных и используемые методы и процедуры расчетов (может быть приведена блок-схема);
- 3) знания и навыки пользователя программы, необходимые для выполнения расчетов с помощью программы.

По сравнению с рассмотренным ранее ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000, в данном стандарте больше внимания уделено аспектам, связанным с сложными расчетами и моделированием – детализируются такие понятия, как валидация и верификация, численная устойчивость и т.п.

Многие положения стандарта, за небольшим исключением, должны быть подробно отражены в документации к программе. Соответственно, полнота и правильность реализации в программе какого либо нормативного или научного метода расчета можно достаточно полно оценить при рассмотрении документации, даже без выполнения расчетов контрольных примеров.

3. Методология выполнения анализа и отображения результатов

Анализ выполнения требований к документации программ по эвакуации состоит из нескольких последовательных экспертных процедур.

Под экспертностью подразумевается субъективное суждение специалистов, участвующих в оценке, на основании личного опыта и квалификации.

В данной книге приведены экспертные суждения (перечень параметров моделей, баллы выполнения требований и т.п.) авторов. Авторы только излагают свое мнение, но не настаивают на нем. Каждый пытливый читатель, если сочтет приемлемым изложенную методологию, может поставить свои баллы в матрицы сравнения из книги или составить свою собственную сравнительную матрицу, и сделать для себя свои собственные выводы.

Процедура анализа

Экспертный анализ полноты описания реализации моделей в документации к программам выполнялся как последовательность отдельных этапов.

Анализ технической документации к модели

Рассматривается доступная техническая документация к используемой модели.

Для моделей, изложенных в нормативных документах, под технической документацией подразумевается советующий раздел нормативного документа, руководства и пособия к этому нормативному документу и научная литература, на которую ссылаются эти документы.

Для моделей, не изложенных в нормативных документах, в качестве технической документации должно быть какое-либо изложение непосредственно в составе документации к программе, или прямая ссылка на такой документ из документации к программе.

Для моделей и программ при анализе в качестве технического руководства и описания модели указываются отдельные документы в составе программной документации или их отдельные разделы.

Анализ понятий и параметров модели

Для рассматриваемой модели движения людей при эвакуации составляется перечень существенных понятий, используемых в модели, и основных параметров, необходимых для расчета времени движения людей. Рассматривается соответствие понятий, определенных нормативными документами, и соответствующих понятий и параметров расчетной модели. Например, если в нормативном описании модели эвакуации используется понятие «участок пути эвакуации», то рассматривается не только реализация пути движения людского потока в расчетной схеме, но также требование, что участок расчетной схемы моделирует коридор, помещение или лестничную клетку в здании, удовлетворяющих требованиям к путям эвакуации, предъявляемым в техническом регламенте и сводах правил. В случае реализации автоматических проверок в программе при дальнейшем анализе будет рассматриваться, как в документации описано задание параметров помещений для возможности проверки на соответствие требованиям к путям эвакуации или как в документации описано, что выполнение данного требования осуществляется пользователем программы при подготовке исходных данных, а программа (то есть её разработчик) считает, что пользователь включает в расчетную схему только участки пути эвакуации и, соответственно, самостоятельно отвечает за корректность исходных данных.

Составление матрицы сравнения

Для каждой программы, реализующей данную методику составляется матрица сравнения в виде таблицы, в строках которой приведены параметры модели. В столбцах таблицы указываются требования ГОСТ Р 57639-2017 (ИСО 16730-1:2015) к описанию в документации метода расчета. Это не все разделы и пункты данного стандарта, а только пункты разделов «4.2.2. Описание метода расчета», «4.2.3. Описание верификации и валидации метода расчета».

В таблице выделены ячейки, для которых применимо требование, указанное в колонке таблицы, к параметру модели, указанному в строке таблицы. Ячейки с применимыми требованиями показываются серым фоном, ячейки, для которых нет применимых требований, показываются с белым фоном.

Составление сравнительной экспертной метрики

Для каждой ячейки применимого требования специалистами, участвующими в оценке, экспертно задается некоторое число в условных баллах, характеризующее важность выполнения данного требования по сравнению с другими требованиями. Баллы для разных требований могут значительно отличаться, поскольку одни требования являются существенными и их невыполнение может значительно сказаться на безопасности проектного или иного решения, принятого на основании выполненного расчета с нарушенным таким требованием. Другие требования могут иметь более формальный характер и меньше влиять на безопасность принятых на основании расчета решений, для них следует устанавливать меньшее количество баллов.

Рассмотрение документации к программе

Рассматривается и изучается техническая документация к программам (техническая документация не всегда является отдельным документом, часто отдельные положения описываются в руководстве пользователя или методических документах – поэтому анализируется полный комплект доступной документации к программам). Анализируется степень выполнения (или невыполнения) применимых требований для каждого понятия. По результатам рассмотрения в сравнительную матрицу для программы заносится обозначение с результатами рассмотрения и баллы выполнения применимых требований. Проставляемый балл выполнения должен находиться в диапазоне от нуля до максимального балла, указанного в сравнительной метрике рассматриваемой модели эвакуации. Ноль баллов ставится для полностью невыполненных требованиях. Максимальный балл – для полностью выполненных требований.

Обозначения выполнения или невыполнения требований

- 1) ДА – выполнено (в скобках указываются ссылки на главы и пункты документации к программе);
- 2) НЕТ – не выполнено;
- 3) Н/Ру – не реализовано в программе, указано в документации;
- 4) Н/Рн – не реализовано в программе, не указано в документации;
- 5) Н/Т – не требуется.

Определение индекса выполнения требований

Для рассматриваемой программы суммируются баллы в сравнительной таблице и определяется процент выполнения требований как отношение суммы проставленных баллов к сумме максимальных баллов.

Если оценка выполняется группой экспертов, возможно применение методов коллективной оценки, например, подобных судейству спортивных соревнований. Отбрасываются оценки с максимальным и

минимальным количеством баллов, а оставшиеся оценки усредняются. Разброс в оценках будет показывать, насколько мнение профессионального сообщества единодушно или, наоборот, неоднозначно.

4. КЛАССИФИКАЦИЯ МОДЕЛЕЙ И ИХ РЕАЛИЗАЦИЙ

В отечественной и мировой практике нет единой устоявшейся классификации моделей движения людей и людских потоков. Разные специалисты в разных странах пользуются разной классификацией моделей и, зачастую, используют разную терминологию для обозначения однотипных моделей (например, макроскопические и микроскопические модели по существу являются другим названием поточных и индивидуальных моделей).

Ниже описана классификация моделей, характерная для отечественных нормативных и научно-исследовательских источников.

Типы моделей по представлению явления движения людей и людских потоков:

- 1) **Поточные модели** – модели, в которых рассматривается движение групп людей в составе сформировавшихся потоков. Скорость людей в группе на некотором участке пути движения одинакова и зависит от плотности на этом участке.
- 2) **Индивидуально-поточные модели** – модели, в которых движение каждого человека моделируется отдельно от других людей. Скорость людей, располагающихся на некотором участке пути движения, одинакова и зависит от плотности на этом участке.
- 3) **Модели индивидуального движения** – модели, в которых движение каждого человека моделируется отдельно от других людей. Скорость каждого человека определяется индивидуально и зависит от каких-либо факторов окружения человека (расстояние до других людей и объектов, локальная плотность и т.п.). Для индивидуального движения кроме скорости движения также существенным является выбор человеком направления движения.
- 4) **Комбинированные модели** – модель может рассматривать движение отдельных людей и людских потоков, формирование и расформирование людских потоков в зависимости от плотности, типов участков путей движения и других факторов.
- 5) **Настраиваемые программируемые модели** – модель является программной оболочкой для настройки пользователем или программистом правил или функций поведения людских потоков или отдельных людей в зависимости от вычисляемой программной оболочкой параметров: плотности, расстояния между людьми и препятствиями и т.п. Настройки программируемых моделей являются реализацией моделей другого известного типа, как правило, моделей индивидуального движения.

Рассмотренные в книге подтипы поточной модели:

- 1) **Упрощенная аналитическая** – модель, рассматривающая движение сформировавшихся потоков по однонаправленному графу участков пути эвакуации. Основана на работах Предтеченского В.М. и Милинского А.И., 1979. [105].
- 2) **Имитационно-стохастическая** – модель, рассматривающая движение сформировавшихся потоков по пути эвакуации, разделенному на участки заданной длины. Основана на работах Холщевникова В.В. и Самошина Д.А. [106, 107, 108, 110]

Рассмотренные подтипы упрощенной аналитической поточной модели:

- 1) **Нормативная модель МЧС РФ** – параметры движения приведены в приложении к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382, основаны на работах Предтеченского В.М. и Милинского А.И., 1979. [105].
- 2) **Модель SFPE** – параметры движения приведены в руководствах SFPE (работы Фруина и Паулса, которые повторили исследования по методологии Предтеченского и Млинского на территории США в 1970-80 годах) [114].

Рассмотренные в данной работе подтипы модели индивидуального движения:

- 1) **Социальные силы** – модель индивидуального движения, в которой скорость человека зависит от расстояния до ближайших людей и препятствий, а также от угла между направлением на них и вектором скорости человека. Разработана Хелбингом и Молнаром в Германии, 1995 г [109]. Реализована в программе FDS+EVAC.
- 2) **Зависимость от попутного расстояния** – модель индивидуального движения, в которой скорость человека зависит от расстояния до ближайших людей, находящихся впереди и сбоку. Впервые представил Рейнольдс в 1999 г. [115], развил Хени Бен Амор в 2006 [116]. Реализована в программе Pathfinder.
- 3) **Динамическая индивидуально-поточная модель** – модель индивидуального движения, в котором максимальная скорость человека определяется по зависимости скорости от плотности потока людей, движущихся рядом с рассматриваемым человеком. Плотность потока определяется на некоторой области вокруг рассматриваемого человека. В отличие от нормативной индивидуально-поточной модели, для которой участки пути движения (пути эвакуации) должны быть заданы перед началом моделирования движения и их положение не меняется во время моделирования, в данной модели участки определяются для каждого человека на каждом шаге времени во время моделиро-

вания. При движении человека оценивается минимальное расстояние до других людей и препятствий, поэтому с учетом исключения столкновений определяемая на каждом шаге скорость движения человека может быть меньше максимальной, определенной по плотности потока.

- 4) **Динамическая упрощенная аналитическая модель** – модель индивидуального движения, в котором максимальная скорость каждого человека определяется в зависимости от плотности людей в помещении. Для всех людей, находящихся в одном помещении (коридоре, лестнице), максимальная скорость устанавливается одинаковой. Люди двигаются по помещению к выходам с максимальной скоростью. Столкновения не анализируются, то есть люди могут проходить друг через друга и при достижении выхода формировать очередь на выход. Скорость движения людей при выходе из помещения определяется пропускной способностью двери, которая рассчитывается как зависимость от плотности людей в помещении. В зависимости от пропускной способности двери, на каждом шаге моделирования несколько человек могут переместиться из очереди перед дверью в смежное помещение. Данная модель подобна упрощенной аналитической модели, используются аналогичные усредненные по помещениям зависимости движения потоков людей, но для формирования потоков, то есть «очередей» перед дверями, используется взаимодействие агентов – людей и дверей – в имитационной агентской модели движения.

Другие известные из литературы подтипы модели индивидуального движения, не реализованные в программах, обращающихся на российском рынке, и не рассмотренные в данной книге:

- 5) **Шаговая модель** (optimal steps model) – изложена в работах Сейтза, Дейтрича и Кестера [141,142,143,144]
- 6) **Градиентная модель** – изложена в работах Дейтрича и Кестера [140]
- 7) **Когнитивная модель** – изложена в работах Сейтза, Бода и Кестера [146]
- 8) **Групповая когерентная** – изложена в работах Сейтза, Кестера и Пфаффингера [149]
- 9) **Навигационная потенциальная** – изложена в работах Хартманна, Кретца и Зеннчена [150,151,152]

Подтипы модели индивидуального движения можно разделить на две группы:

- 1) «Силовые» модели – модели, реализующие движение людей в некотором силовом поле, создаваемом людьми и препятствиями. К таким моделям относятся: модель социальных сил, градиентная подмодель
- 2) Поведенческие модели – модели, реализующие какие-либо правила поведения агентов в зависимости от параметров среды и взаимодействия агентов. К моделям такого типа относятся все другие рассмотренные или упомянутые в книге подмодели индивидуального движения

Типы моделей по описанию модели в нормативных документах:

- 1) **Аккредитованная модель** – модель, описанная в нормативном или другом подобном документе, считающемся документом административного или уполномоченного государственного органа. Поэтому для данной модели не требуется какое-либо подтверждение возможности применения для выполнения расчетов, подтверждающих выполнение требований, изложенных в соответствующих технических регламентах, сводах правил, утвержденных в установленном порядке методиках и других подобных нормативных документах.
- 2) **Неаккредитованная модель** – модель, не описанная в нормативных документах. Для использования модели для подтверждения требований технических регламентов требуется её апробация в виде валидации или другого подобного способа. С точки зрения требований ГОСТ Р 16730, в документации к программам, реализующих неаккредитованные модели и методы расчета, должна быть описана валидация соответствующих моделей.

Типы моделей по возможности сертификации:

- 1) **Сертифицируемая модель** – модель, описанная в своде правил, стандарте или другом документе в области стандартизации, в котором также установлены требования к реализации модели в виде компьютерной программы.
- 2) **Несертифицируемая модель** – модель, не описанная в своде правил, стандарте или другом документе в области стандартизации, в котором также установлены требования к реализации модели в виде компьютерной программы, или указанные документы не содержат требований к реализации модели в виде компьютерной программы.

Типы модели по численной реализации основополагающих зависимостей:

- 1) **Оригинальные модели** – модели, реализующие какой-либо метод расчета, основанный на научных исследованиях, с оригинальной реализацией численного метода и с использованием валидированных параметров модели и численного метода.
- 2) **Адаптированные (подогнанные) модели** – модели одного типа, для которых параметры подобраны таким образом, чтобы результаты наиболее близко соответствовали результатам моделирования с использованием моделей другого типа.

Тип реализации модели по виду реализации:

- 1) **Компьютерная программа** – модель реализована в виде программы или программного комплекса (пакета прикладных программ). Такая реализация должна иметь дистрибутив, передаваемый в рас-

поряжение конечного пользователя, с помощью которого экземпляр программы может быть установлен на компьютер пользователя. Пользователь полностью контролирует выполнение расчета и получение выходных данных. Пользователь контролирует внесение изменений в программу (установку новых версий и обновлений).

- 2) **Вычислительная услуга** – модель реализована в виде программы, установленной на компьютере разработчика или другого поставщика услуг дистанционных вычислений. Пользователь передает поставщику услуги исходные данные, как правило через запросы и транзакции в сети интернет, и получает от него выходные данные расчета. Пользователь не контролирует ход выполнения вычислений. Пользователь не контролирует внесение изменений в программу.

5. Упрощенная аналитическая поточная модель (нормативная МЧС РФ)

5.1 Описание модели

5.1.1 Документы по модели

Нормативный документ, в котором приведено описание модели

Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382), с учетом изменений, внесенных приказом МЧС России от 02.12.2015 г. № 632. [103]

Методические документы, в которых приведены руководства по модели

Отсутствуют.

Научно-исследовательские документы разработчика модели

Отсутствуют.

Опубликованные экспериментальные данные по валидации модели

Отсутствуют.

Опубликованные данные для верификации численной реализации модели

Отсутствуют.

Состав технического руководства к модели

Приложение 2 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382), с учетом изменений, внесенных приказом МЧС России от 02.12.2015 г. № 632.

5.1.2 Классификация модели

Тип модели – поточная, аккредитованная, несертифицируемая, оригинальная.

Модель аккредитованная, поскольку описана в приложении к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

Модель несертифицируемая, поскольку, во-первых, соответствующий приказ МЧС не является документом в области стандартизации, во-вторых, в нем не содержится требований к реализации модели в виде компьютерной программы.

5.1.3 Краткое изложение модели

Понятия, с которыми работает модель: Поток людей. Модель рассматривает движение сформированных потоков. Переформирование потока в процессе движения в модели не оговорено.

Совместное движение разнородных потоков (содержащих людей с разными параметрами движения) в модели не описано.

Представление пространства движения: Пространство движения представляется в модели однонаправленным графом участков эвакуации прямоугольной формы. Моделью предусмотрены движение людей только по путям эвакуации.

Направление пути движения: Направление движения людей на участке описано как однонаправленное. Методика выбора направления движения людей по путям эвакуации моделью не оговорена.

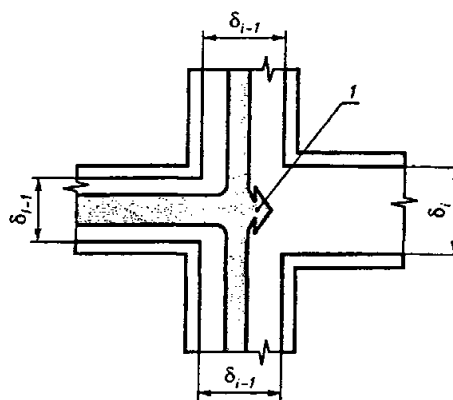
Определение плотности: Плотность потока рассчитывается для начальных участков пути по формуле П2.3, для последующих участков рассчитывается интенсивность движения по формуле П2.4.

Определение скорости движения: Скорость потока определяется по таблице П2.1: для начальных участков – в зависимости от плотности, для последующих – в зависимости от интенсивности.

Дискретизация: отсутствует

5.1.4 Графические иллюстрации понятий в описании реализации модели

Приложение 2, рис. П2.1 демонстрирует слияние людских потоков в упрощенной аналитической модели.



1 — начало участка i

Рис. П2.1. Слияние людских потоков

5.1.5 Перечень существенных параметров модели

Ниже перечислены существенные параметры упрощенной аналитической модели. В скобках указаны ссылки на абзац, формулу или таблицу методики определения расчетных величин пожарного риска [103]. Без дополнительных указаний ссылки относятся к приложению №2 «Упрощенная аналитическая модель движения людского потока (определение расчетного времени эвакуации людей из помещений и зданий по расчету времени движения одного или нескольких людских потоков через эвакуационные выходы от наиболее удаленных мест размещения людей)». Если речь о другом приложении, указан номер приложения.

1. Пути движения людского потока

1.1. Параметры участков пути движения

1.1.1. Форма

1.1.1.1. длина (абз.2)

1.1.1.2. ширина (абз.2)

1.1.1.3. ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)

1.1.2. Направление движения потока на участке (только в одном направлении)

1.2. Типы участков

1.2.1. Начальные участки

1.2.1.1. проходы – между рядами кресел, между рабочими местами, между оборудованием (абз.2)

1.2.2. Участки

1.2.2.1. горизонтальный

1.2.2.2. дверной проем

1.2.2.3. проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (абз.3)

1.2.2.4. лестничный марш

1.2.2.5. пандус

1.2.3. Участки слияния потоков (рис. П2.1)

1.3. Требования к путям эвакуации (Ф3-123)

1.3.1. объемно-планировочные

1.3.2. минимальная высота

1.3.3. минимальная ширина

1.3.4. максимальный уклон

1.3.5. минимальное количество ступеней

1.4. Топология участков

1.4.1. первый участок, для которого задается начальная плотность

1.4.2. последующие участки

1.4.3. эвакуационные выходы

1.5. Требования к эвакуационным выходам (Ф3-123)

1.5.1. расположение

1.5.2. ширина

1.5.3. высота

1.6. Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)

2. Зависимости

2.1. Функция скорости

2.1.1. скорость зависит от плотности потока на первом участке (табл. П2.1.)

2.1.2. скорость зависит от интенсивности на последующих участках (формула П2.4, табл. П2.1)

2.1.3. при $q > q_{max}$ скорость определяется по табл. П2.1. при $D=0.9$

- 2.2. Плотность потока
 - 2.2.1 первый участок (П2.3)
- 2.3. Интенсивность движения потока
 - 2.3.1. первый участок (табл. П2.1, формула П2.3)
 - 2.3.2. последующие участки (П2.4)
 - 2.3.3. при $q > q_{max}$ интенсивность определяется по табл.П2.1. при $D=0.9$
- 2.4. Слияние двух и более потоков на участке
 - 2.4.1. интенсивность движения (П2.7)
- 2.5. Время движения
 - 2.5.1. расчетное время эвакуации (П2.1, П2.10)
 - 2.5.2. время движения по первому участку (П2.2)
 - 2.5.3. время движения по последующим участкам (П2.5)
 - 2.5.4. время задержки (П2.8)
 - 2.5.5. время существования скопления (П2.9)

3. Исходные данные

- 3.1. Количество людей на первом участке
- 3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)
- 3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)
- 3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)
- 3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 – П 5.9.)

4. Дополнительные (неаттестованные) свойства

- 4.1. Разные группы мобильности в потоке
- 4.2. Различное время начала эвакуации для разных потоков

5.1.6 Сравнительная метрика

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физических законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2 Источники необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	20	20	5				20	20	20	20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1 Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 проходы - между рядами кресел, между рабочими местами, между оборудованием (абз.2)				10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				10													
1.2.2.2 дверной проем				10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (абз.3)				10													
1.2.2.4 лестничный марш				10		10											
1.2.2.5 пандус				10		10											
1.2.3 Участки слияния потоков (рис. П2.1)				10		10											
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				10							10						
1.3.2 минимальная высота				10							10						
1.3.3 минимальная ширина				10							10						
1.3.4 максимальный уклон				10							10						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
1.3.5 минимальное количество ступеней				10							10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				10													
1.4.2 последующие участки				10													
1.4.3 эвакуационные выходы				10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				10							10						
1.5.2 ширина				10							10						
1.5.3 высота				10							10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1. Функция скорости																	
2.1.1 скорость зависит от плотности потока на первом участке (табл. П2.1.)				10		20											
2.1.2 Скорость зависит от интенсивности на последующих участках (формула П2.4, табл. П2.1)				10		20											
2.1.3 При $q > q_{max}$ скорость определяется по табл.П2.1. при $D=0.9$				10		20											
2.2 Плотность потока																	
2.2.1 Первый участок (П2.3)				10		20											
2.3 Интенсивность движения потока																	
2.3.1. Первый участок (табл. П2.1, формула П2.3)				10		20											
2.3.2. Последующие участки (П2.4)				10		20											
При $q > q_{max}$ интенсивность определяется по табл.П2.1. при $D=0.9$				10		20											
2.4 Слияние двух и более потоков на участке																	
2.4.1 Интенсивность движения (П2.7)				10		20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (П2.1, П2.10)				10		20											
2.5.2 Время движения по первому участку (П2.2)				10		20											
2.5.3 время движения по последующим участкам (П2.5)				10		20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				10		20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				10		20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на первом участке				10						10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4.5)				10						10	2	2	2	2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)				10						10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				10						10	2	2	2	2			
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				10						10	2	2	2	2			

Общее количество применимых требований – 91

Максимальное количество баллов – 20

Общее количество баллов – 1009

5.2 Описание реализации в программе «СИТИС: ФЛОУТЕК»

5.2.1 Описание программы

Программа разработана ООО «СИТИС» (г. Екатеринбург). Первая версия программы выпущена в ноябре 2007 года.

Описание программы представлено на официальном сайте ООО «СИТИС» www.sitis.ru. На сайте представлены:

- описание программы;
- документация к программе (руководство пользователя, техническое руководство, декларация программы, учебное пособие по работе с программой);
- оферта на приобретение программы по цене, указанной в опубликованном ценовом листе продуктов компании;
- лицензионный договор;
- регламент технической поддержки.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 4.15.

5.2.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

5.2.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	3521-41-РП-1_Флоутек_4.16_руководство_пользователя_(2018.02.07).pdf	3521-41-РП-1 СИТИС: Флоутек_4.12. Руководство пользователя. Редакция 1. 30.03.2017	Руководство пользователя	4229	07.02.2018	В таблице ссылка на пункт, с пометкой «РП»
2	3521-40-ТР-2_Флоутек_4.00_техническое_руководство_(2018.02.07).pdf	3521-40-ТР-1 СИТИС: Флоутек 4.00. Техническое руководство. Реакция 1. 12.10.2016	Техническое руководство	306	07.02.2018	В таблице ссылка на пункт, без пометок о документе

5.2.4 Декларация модели в документации

Программа «СИТИС: Флоутек» выполняет расчет времени эвакуации в соответствии с Приложением №2 «Упрощенная аналитическая модель движения людского потока» и Приложением №4 «Имитационно-стохастическая модель движения людских потоков» к методике, утвержденной приказом МЧС России №382 от 30.06.2009., с учетом изменений, вносимых в методику приказом МЧС России №749 от 12.12.2011, №632 от 02.12.15.

(Руководство пользователя, п.3.1.1)

5.2.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Документ «3521-40-ТР-1 СИТИС: Флоутек 4.00 Техническое руководство Реакция 1 12.10.2016» (документ «3521-40-ТР-2_Флоутек_4.00_техническое_руководство_(2018.02.07).pdf») полностью.

5.2.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Понятия, с которыми работает модель: Поток людей. Модель рассматривает движение сформированных потоков. Переформирование потока в процессе движения не выполняется.

Разнородные потоки (содержащие людей с разными параметрами движения) не смешиваются. Если на участке оказываются разнородные потоки, для них рассчитывается общая плотность, а скорость для каждого потока рассчитывается отдельно [ТР, п.4.4.12].

Представление пространства движения: Пространство движения представляется в модели однонаправленным графом участков эвакуации прямоугольной формы.

Программа не выполняет проверку соответствия путей движения требованиям к путям эвакуации.

Направление пути движения: Движения людей на участке однонаправленное, вдоль участка. Методика выбора направления движения людей по путям эвакуации моделью не оговорена.

Определение плотности: Плотность потока рассчитывается для начальных участков пути [ТР, п.4.1.8], для последующих участков рассчитывается интенсивность движения [ТР, п.4.1.11].

Определение скорости движения: Скорость потока определяется по таблице [ТР, п.4.3]: для начальных участков – в зависимости от плотности, для последующих – в зависимости от интенсивности.

Дискретизация: отсутствует

5.2.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

5.2.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физических законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источники необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о базах данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (3.1.1, 6) 20/20	ДА (РП 11.) 20/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				ДА (4.1.1.) 10/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				ДА (4.1.1.) 10/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 проходы - между рядами кресел, между рабочими местами, между оборудованием (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				ДА (7.1) 10/10													
1.2.2.2 дверной проем				ДА (4.7, 7.1) 10/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0,7 является самостоятельным участком (абз.3)				ДА (4.7, 7.1) 10/10													
1.2.2.4 лестничный марш				ДА (4.6, 7.1) 10/10		ДА (4.6, 7.1) 10/10											
1.2.2.5 пандус				ДА (4.6, 7.1) 10/10		ДА (4.6, 7.1) 10/10											
1.2.3 Участки слияния потоков (рис. П2.1)				ДА (4.4) 10/10		ДА (4.4) 10/10											
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							ДА (7.1) 10/10						
1.3.2 минимальная высота				ДА (7.1) 10/10							ДА (7.1) 10/10						
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				ДА (6.1.3, 6.3.5-8) 10/10													
1.4.2 последующие участки				НЕТ 0/10													
1.4.3 эвакуационные выходы				ДА (РП 6.1.3, 6.3.2) 10/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							ДА (7.1) 10/10						
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							ДА (7.1) 10/10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				ДА (РП 6.1.3) 10/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Функция скорости																	
2.1.1 скорость зависит от плотности потока на первом участке (табл. П2.1.)				ДА (4.3) 10/10		ДА (4.3) 20/20											
2.1.2 Скорость зависит от интенсивности на последующих участках (формула П2.4, табл. П2.1)				ДА (4.1.9., 4.3) 10/10		ДА (4.1.9., 4.3) 20/20											
2.1.3 При $q > q_{max}$ скорость определяется по табл.П2.1. при $D=0,9$				ДА (4.1.15) 10/10		ДА (4.1.15) 20/20											
2.2 Плотность потока																	
2.2.1 Первый участок (П2.3)				ДА (4.1.8) 10/10		ДА (4.1.8) 20/20											
2.3 Интенсивность движения потока																	
2.3.1. Первый участок (табл. П2.1, формула П2.3)				ДА (4.1.14, 4.3) 10/10		ДА (4.1.14, 4.3) 20/20											
2.3.2. Последующие участки (П2.4)				ДА (4.1.11, 4.3) 10/10		ДА (4.1.11, 4.3) 20/20											
2.3.3 При $q > q_{max}$ интенсивность определяется по табл.П2.1. при $D=0,9$				ДА (4.1.15) 10/10		ДА (4.1.15) 20/20											
2.4 Слияние двух и более потоков на участке																	
2.4.1 Интенсивность движения (П2.7)				ДА (4.4) 10/10		ДА (4.4) 20/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (П2.1, П2.10)				ДА (4.1.4, 4.2.2) 10/10		ДА (4.1.4, 4.2.2) 20/20											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
2.5.2 Время движения по первому участку (П2.2)				ДА (4.1.6) 10/10		ДА (4.1.6) 20/20											
2.5.3 время движения по последующим участкам (П2.5)				ДА (4.1.6) 10/10		ДА (4.1.6) 20/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				ДА (4.2.4) 10/10		ДА (4.2.4) 20/20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				ДА (4.2.7) 10/10		ДА (4.2.7) 20/20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на первом участке				ДА (РП 6.3.5-8) 10/10						НЕТ 0/10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)				ДА (7.2) 10/10						НЕТ 0/10	ДА (2.11) 2/2	ДА (4.5.12) 2/2	ДА (4.5.13) 2/2	ДА (4.5.13) 2/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	ДА (7.3) 2/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				ДА (4.5) 10/10						НЕТ 0/10	ДА (4.5) 2/2	ДА (4.5.10) 2/2	ДА (4.5.11) 2/2	ДА (4.5.11) 2/2			

5.2.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
СИТИС: Флуотек	648 / 1009 = 64%	698 / 1009 = 69%

5.3 Описание реализации в программе «TOXI+Risk»

5.3.1 Описание программы

Программа разработана ЗАО «Научно-технический центр исследований проблем промышленной безопасности» (г. Москва). Первая версия программы – неизвестно.

Описание программы представлено на официальном сайте компании <https://toxi.ru>. На сайте представлены:

- описание программы;
- руководство пользователя;
- сертификаты соответствия.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 5.1.5.

5.3.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

5.3.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	ManualTOXIRisk5_1_5.pdf	Программный комплекс TOXI+Risk 5.1.5 для оценки риска и расчета последствий аварий на производственных объектах. Руководство пользователя. ЗАО НТЦ ПБ. 2017.	Руководство пользователя	16858	от 2017 года на версию 5.1.5 (скачен 11.01.2018)	В таблице ссылка на пункт, без пометок о документе

5.3.4 Декларация модели в документации

В документации не указана.

5.3.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Отсутствует.

5.3.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Понятия, с которыми работает модель: Поток людей.

Представление пространства движения: Пространство движения представляется в модели однонаправленным графом участков эвакуации прямоугольной формы.

Программа не выполняет проверку соответствия путей движения требованиям к путям эвакуации.

Направление пути движения: Движения людей на участке однонаправленное, вдоль участка.

Определение плотности: не описано

Определение скорости движения: не описано

Дискретизация: отсутствует

5.3.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

5.3.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2 Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснование	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о базах данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (5.9) 20/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				ДА (5.9) 10/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				ДА (5.9) 10/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 проходы - между рядами кресел, между рабочими местами, между оборудованием (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				ДА (5.9) 10/10													
1.2.2.2 дверной проем				ДА (5.9) 10/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (абз.3)				ДА (5.9) 10/10													
1.2.2.4 лестничный марш				ДА (5.9) 10/10		НЕТ 0/10											
1.2.2.5 пандус				ДА (5.9) 10/10		НЕТ 0/10											
1.2.3 Участки слияния потоков (рис. П2.1)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/10											
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.2 минимальная высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				ДА (5.9) 10/10													
1.4.2 последующие участки				ДА (5.9) 10/10													
1.4.3 эвакуационные выходы				ДА (5.9) 10/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				ДА (5.9) 10/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Функция скорости																	
2.1.1 скорость зависит от плотности потока на первом участке (табл. П2.1.)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/10											
2.1.2 Скорость зависит от интенсивности на последующих участках (формула П2.4, табл. П2.1)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/10											
2.1.3 При $q > q_{max}$ скорость определяется по табл.П2.1. при $D=0.9$				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
2.2 Плотность потока																	
2.2.1 Первый участок (П2.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3 Интенсивность движения потока																	
2.3.1. Первый участок (табл. П2.1, формула П2.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Последующие участки (П2.4)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.3 При q>qmax интенсивность определяется по табл.П2.1. при D=0.9				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.4 Слияние двух и более потоков на участке																	
2.4.1 Интенсивность движения (П2.7)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (П2.1, П2.10)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.2 Время движения по первому участку (П2.2)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.3 время движения по последующим участкам (П2.5)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на первом участке				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4.5)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	ДА (5.9) 2/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	ДА (5.9) 2/2	ДА (5.9) 2/2	ДА (5.9) 2/2	НЕТ 0/2			
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (НЕАТТЕСТОВАННЫЕ) СВОЙСТВА																	

5.3.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
TOXI+Risk	0	138 / 1009 = 14%

5.4 Описание реализации в программе «Фогард-РВ» и «Фогард-РВ+»

5.4.1 Описание программы

Программа разработана ООО «Институт технического регулирования и независимой экспертизы» (Интернэкс) (г. Москва). Первая версия программы – неизвестно.

Описание программы представлено на официальном сайте компании <http://fogard.ru>. На сайте представлены:

- описание программы;
- руководство пользователя.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – неизвестно.

5.4.2 Классификация реализации модели

Вычислительная услуга, несертифицируемая.

5.4.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	Rukovodstvo polzovatelya Fogard 2017.pdf	Руководство пользователя программного комплекса Фогард (описание функциональных характеристик программного обеспечения и информация, необходимая для установки и эксплуатации программного обеспечения). Институт технического регулирования и независимой экспертизы, 2017.	Руководство пользователя	16,1 Мб	Скачено 02.08.2018	В таблице ссылка на пункт, без пометок о документе

5.4.4 Декларация модели в документации

«Фогард-РВ» рассчитывает движение людских потоков по упрощённо-аналитической модели. (п.4.1.2.6)

5.4.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Отсутствует.

5.4.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Понятия, с которыми работает реализация модели: Поток людей.

Представление пространства движения: Пространство движения представляется в модели однонаправленным графом участков эвакуации прямоугольной формы.

Программа не выполняет проверку соответствия путей движения требованиям к путям эвакуации.

Направление пути движения: Движения людей на участке однонаправленное, вдоль участка.

Определение плотности: не описано

Определение скорости движения: не описано

Дискретизация: отсутствует

5.4.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

5.4.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2 Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснование	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы/данные	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (4.1.2.6, 4.1.2.7) 20/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	ДА (4.1.2.6, 4.1.2.7) 20/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				ДА (4.1.2.6, 3.1.2) 10/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				ДА (4.1.2.6, 3.1.3) 10/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 проходы - между рядами кресел, между рабочими местами, между оборудованием (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				ДА (4.1.2.6, 3.1.6) 10/10													
1.2.2.2 дверной проем				ДА (4.1.2.6, 3.1.6) 10/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (абз.3)				НЕТ 0/10													
1.2.2.4 лестничный марш				ДА (4.1.2.6, 3.1.6) 10/10		НЕТ 0/10											
1.2.2.5 пандус				ДА (4.1.2.6, 3.1.6) 10/10		НЕТ 0/10											
1.2.3 Участки слияния потоков (рис. П2.1)				ДА (4.1.2.6, 3.5) 10/10		НЕТ 0/10											
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.2 минимальная высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				ДА (4.1.2. 6.4) 10/10													
1.4.2 последующие участки				ДА (4.1.2. 6.4) 10/10													

	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
1.4.3 эвакуационные выходы				ДА (4.1.2. 6.4) 10/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				НЕТ 0/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Функция скорости																	
2.1.1 скорость зависит от плотности потока на первом участке (табл. П2.1.)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.1.2 Скорость зависит от интенсивности на последующих участках (формула П2.4, табл. П2.1)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.13 При q>qmax скорость определяется по табл.П2.1. при D=0.9				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.2 Плотность потока																	
2.2.1Первый участок (П2.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3 Интенсивность движения потока																	
2.3.1. Первый участок (табл. П2.1, формула П2.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Последующие участки (П2.4)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.3 При q>qmax интенсивность определяется по табл.П2.1. при D=0.9				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.4 Слияние двух и более потоков на участке																	
2.4.1 Интенсивность движения (П2.7)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (П2.1, П2.10)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.2 Время движения по первому участку (П2.2)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.3 время движения по последующим участкам (П2.5)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на первом участке				ДА (4.1.2.6 3.1.4) 10/10						НЕТ 0/10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)				ДА (4.1.2. 6.1.3) 10/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				ДА (4.1.2.6) 10/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				ДА (4.1.2. 6.1.4) 10/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (НЕАТТЕСТОВАННЫЕ) СВОЙСТВА																	

5.4.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Фогард-РВ	0	180 / 1009 = 18%

5.5 Описание реализации в программе «GreenLine»

5.5.1 Описание программы

Программа разработана ООО «Центр Пожарной Безопасности» (г. Иваново). Первая версия программы – неизвестно.

Описание программы представлено на официальном сайте компании <http://centerpb.ru>. На сайте представлены:

- описание программы;
- сертификаты соответствия.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы — не указана.

5.5.2 Классификация реализации модели

Вычислительная услуга, несертифицируемая

5.5.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	help.pdf	GreenLine. Расчет времени эвакуации. Руководство пользователя. ООО "Центр Пожарной Безопасности", 2016.	Руководство пользователя	545	1.02.2017	В таблице ссылка на пункт, без пометок о документе

5.5.4 Декларация модели в документации

В соответствии с методикой расчета, приведенной в ГОСТ 12.1.004-91* "Пожарная безопасность. Общие требования". (Руководство пользователя, п.1.1.)

5.5.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Отсутствует.

5.5.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Понятия, с которыми работает модель: Поток людей.

Представление пространства движения: Пространство движения представляется в модели однонаправленным графом участков эвакуации прямоугольной формы.

Программа не выполняет проверку соответствия путей движения требованиям к путям эвакуации.

Направление пути движения: Движения людей на участке однонаправленное, вдоль участка.

Определение плотности: не описано

Определение скорости движения: не описано

Дискретизация: отсутствует

5.5.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

5.5.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ. законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат. методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2 Источники необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (стр.4) 20/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 проходы - между рядами кресел, между рабочими местами, между оборудованием (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				НЕТ 0/10													
1.2.2.2 дверной проем				НЕТ 0/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0,7 является самостоятельным участком (абз.3)				НЕТ 0/10													
1.2.2.4 лестничный марш				НЕТ 0/10		НЕТ 0/10											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
1.2.2.5 пандус				НЕТ 0/10		НЕТ 0/10											
1.2.3 Участки слияния потоков (рис. П2.1)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/10											
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.2 минимальная высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				ДА (2.2) 10/10													
1.4.2 последующие участки				ДА (2.2) 10/10													
1.4.3 эвакуационные выходы				ДА (2.2) 10/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				ДА (2.2) 10/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Функция скорости																	
2.1.1 скорость зависит от плотности потока на первом участке (табл. П2.1.)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.1.2 Скорость зависит от интенсивности на последующих участках (формула П2.4, табл. П2.1)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.1.3 При q>qmax скорость определяется по табл.П2.1. при D=0,9				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.2 Плотность потока																	
2.2.1Первый участок (П2.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3 Интенсивность движения потока																	
2.3.1. Первый участок (табл. П2.1, формула П2.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Последующие участки (П2.4)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.3 При q>qmax интенсивность определяется по табл.П2.1. при D=0,9				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.4 Слияние двух и более потоков на участке																	
2.4.1 Интенсивность движения (П2.7)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (П2.1, П2.10)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.2 Время движения по первому участку (П2.2)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.3 время движения по последующим участкам (П2.5)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на первом участке				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2		
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2		
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2		
4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (НЕАТТЕСТОВАННЫЕ) СВОЙСТВА																	

5.5.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
GreenLine	0	50 / 1009 = 5%

6. Имитационно-стохастическая поточная модель (нормативная МЧС РФ)

6.1 Описание модели

6.1.1 Документы по модели

Нормативный документ, в котором приведено описание модели

Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382), с учетом изменений, внесенных приказом МЧС России от 02.12.2015 г. № 632. [103]

Методические документы, в которых приведены руководства по модели

А.А. Абашкин, А.В. Карпов, Д.В. Ушаков, М.В. Фомин, А.Н. Гилетич, П.М. Комков. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» - М.: ВНИИПО, 2012. – 83 с. [104]

Научно-исследовательские документы разработчика модели

Отсутствуют.

Опубликованные экспериментальные данные по валидации модели

Отсутствуют.

Опубликованные данные для верификации численной реализации модели

Отсутствуют.

Состав технического руководства к модели

Приложение 4 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382), с учетом изменений, внесенных приказом МЧС России от 02.12.2015 г. № 632.

П.3.3.1 А.А. Абашкин, А.В. Карпов, Д.В. Ушаков, М.В. Фомин, А.Н. Гилетич, П.М. Комков. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности»

6.1.2 Классификация модели

Тип модели – поточная, аккредитованная, несертифицируемая, оригинальная.

Модель аккредитованная, поскольку описана в приказе МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

Модель несертифицируемая, поскольку, во-первых, соответствующий приказ МЧС не является документом в области стандартизации, во-вторых, в нем не содержится требований к реализации модели в виде компьютерной программы.

6.1.3 Краткое изложение модели

Понятия, с которыми работает модель: Поток людей. Поток движется по путям эвакуации к выходу. Параметрами потока является заданная зависимость скорости от плотности, количество людей в потоке, площадь проекции людей.

Модель предусматривает переформирование потока при движении, в т.ч. растекание головной части потока.

Совместное движение разнородных потоков (содержащих людей с разными параметрами движения) в модели не описано.

Представление пространства движения: Пространство движения представляется в модели однонаправленным графом участков эвакуации прямоугольной формы. Моделью предусмотрены движение людей только по путям эвакуации.

Путь эвакуации делится на участки заданной длины.

Направление пути движения: Движения людей на участке однонаправленное, вдоль участка. Методика выбора направления движения людей по путям эвакуации моделью не оговорена.

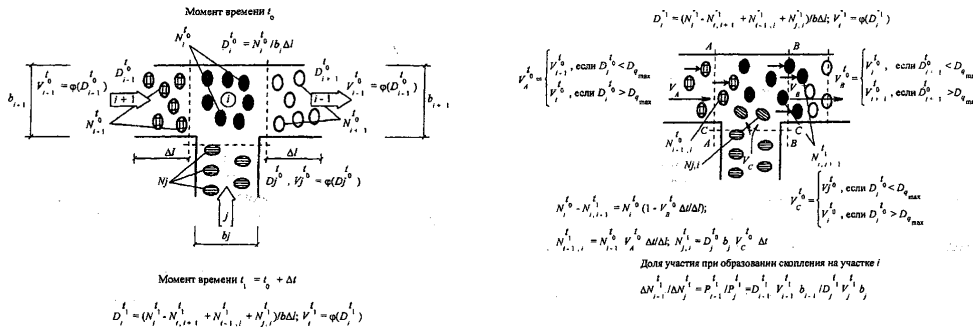
Определение плотности: Плотность потока рассчитывается для участка пути (П4.1, П4.4)

Определение скорости движения: Скорость потока является случайной величиной, рассчитываемой в зависимости от плотности потока (П4.3, П4.5, П4.7).

Дискретизация: длина отрезка участка пути, шаг времени

6.1.4 Графические иллюстрации понятий в описании реализации модели

Приложение 4, рис.П4.1. Иллюстрация изменения состояния потока в последовательные моменты времени.



6.1.5 Перечень существенных параметров модели

Ниже перечислены существенные параметры имитационно-стохастической модели. В скобках указаны ссылки на абзац, формулу или таблицу методики определения расчетных величин пожарного риска [103]. Без дополнительных указаний ссылки относятся к приложению №4 «Имитационно-стохастическая модель движения людских потоков». Если речь о другом приложении, указан номер приложения.

1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА

1.1. Параметры участков пути движения

- 1.1.1. Форма
 - 1.1.1.1. длина (абз.1)
 - 1.1.1.2. ширина (абз.1)
 - 1.1.1.3. ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)
- 1.1.2. Направление движения потока на участке (только в одном направлении)

1.2. Типы участков

- 1.2.1. Начальные участки
 - 1.2.1.1. проходы между оборудованием (абз.1)
- 1.2.2. Участки
 - 1.2.2.1. горизонтальный
 - 1.2.2.2. дверной проем
 - 1.2.2.3. проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5, п.2)
 - 1.2.2.4. лестничный марш
 - 1.2.2.5. пандус
- 1.2.3. Участки слияния потоков (рис. П4.1)

1.3. Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)

- 1.3.1. объемно-планировочные
- 1.3.2. минимальная высота
- 1.3.3. минимальная ширина
- 1.3.4. максимальный уклон
- 1.3.5. минимальное количество ступеней

1.4. Топология участков

- 1.4.1. первый участок, для которого задается начальная плотность (П4.1)
- 1.4.2. последующие участки
- 1.4.3. эвакуационные выходы

1.5. Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)

- 1.5.1. расположение
- 1.5.2. ширина
- 1.5.3. высота

1.6. Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)

2. ЗАВИСИМОСТИ

2.1. Функция скорости

- 2.1.1. скорость – случайная величина, зависящая от плотности потока (П4.1, П4.2, П4.5)
- 2.1.2. скорость перехода на следующий участок (П4.7)

2.2. Плотность потока

- 2.2.1. в момент времени $t=0$ (П4.1)
- 2.2.2. в следующие моменты времени (П4.4)

2.3 Количество человек

- 2.3.1. переходящих с участка i на участок $i+1$ (П4.6)
- 2.3.2. доля участия в популяции людьми участка (П4.8)

2.4. Слияние двух и более потоков на участке (рис.П4.1)

2.5. Переформирование потока

2.6. Время движения

- 2.6.1. шаг моделирования

- 2.6.2. время задержки (П2.8)
- 2.6.3. время существования скопления (П2.9)

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- 3.1. Количество людей на первом участке
- 3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)
- 3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)
- 3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)
- 3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 – П 5.9.)

4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (НЕАТТЕСТОВАННЫЕ) СВОЙСТВА

- 4.1. Разные группы мобильности в потоке
- 4.2. Различное время начала эвакуации для разных потоков

6.1.6 Сравнительная метрика

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2 Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	20	20	5				20	20	20	20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1 Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				10						10							
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Первичные участки																	
1.2.1.1 проходы между оборудованием (абз.1)				10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				10													
1.2.2.2 дверной проем				10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (абз.3)				10													
1.2.2.4 лестничный марш				10		10											
1.2.2.5 пандус				10		10											
1.2.3 Участки слияния потоков (рис. П2.1)				10		10											
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				10							10						
1.3.2 минимальная высота				10							10						
1.3.3 минимальная ширина				10							10						
1.3.4 максимальный уклон				10							10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				10							10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				10													
1.4.2 последующие участки				10													
1.4.3 эвакуационные выходы				10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				10							10						
1.5.2 ширина				10							10						
1.5.3 высота				10							10						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1. Функция скорости																	
2.1.1 скорость зависит от плотности потока на участке, случайная величина (П4.2, П4.3)				10		20											
2.1.2. Скорость перехода через границы смежных участков (П4.7)				10		20											
2.2. Плотность																	
2.2.1. В момент времени 0 (П4.1)				10		20											
2.2.2. В следующие моменты времени (П4.4)				10		20											
2.3. Количество человек																	
2.3.1. Переходящих с участка i на участок i+1 (П4.6)				10		20											
2.3.2 доля участия в пополнении людьми участка (П4.8)				10		20											
2.4. Слияние двух и более потоков на участке (рис.П4.1)				10		20											
2.5. Переформирование потока				2													
2.6 Время движения																	
2.6.1 Шаг моделирования				10						10							
2.6.2. время задержки (П2.8)				10		20											
2.6.3 время существования скопления (П2.9)				10		20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на первом участке				10						10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)				10						10	2	2	2	2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)				10						10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				10						10	2	2	2	2			
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				10						10	2	2	2	2			

Общее количество применимых требований - 85

Максимальное количество баллов – 20

Общее количество баллов - 891

6.2 Описание реализации в программе «СИТИС: Флоутек»

6.2.1 Описание программы

Программа разработана ООО «СИТИС» (г. Екатеринбург). Первая версия программы выпущена в марте 2010 года.

Описание программы представлено на официальном сайте ООО «СИТИС» www.sitis.ru. На сайте представлены:

- описание программы;
- документация к программе (руководство пользователя, техническое руководство, декларация программы, учебное пособие по работе с программой);
- оферта на приобретение программы по цене, указанной в опубликованном ценовом листе продуктов компании;
- лицензионный договор;
- регламент технической поддержки.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 4.15.

6.2.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

6.2.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	3521-41-РП-1_Флоутек_4.16_руководство_пользователя_(2018.02.07).pdf	3521-41-РП-1 СИТИС: Флоутек_4.12. Руководство пользователя. Редакция 1. 30.03.2017	Руководство пользователя	4229	07.02.2018	В таблице ссылка на пункт, с пометкой «РП»
2	3521-40-ТР-2_Флоутек_4.00_техническое_руководство_(2018.02.07).pdf	3521-40-ТР-1 СИТИС: Флоутек 4.00. Техническое руководство. Реакция 1. 12.10.2016	Техническое руководство	306	07.02.2018	В таблице ссылка на пункт, без пометок о документе

6.2.4 Декларация модели в документации

Программа «СИТИС: Флоутек» выполняет расчет времени эвакуации в соответствии с Приложением №2 «Упрощенная аналитическая модель движения людского потока» и Приложением №4 «Имитационно-стохастическая модель движения людских потоков» к методике, утвержденной приказом МЧС России №382 от 30.06.2009., с учетом изменений, вносимых в методику приказом МЧС России №749 от 12.12.2011, №632 от 02.12.15.

(Руководство пользователя, п.3.1.1)

6.2.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Документ «3521-40-ТР-1 СИТИС: Флоутек 4.00 Техническое руководство Реакция 1 12.10.2016» (файл «3521-40-ТР-2__Флоутек_4.00_техническое_руководство_(2018.02.07).pdf») полностью.

6.2.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Понятия, с которыми работает модель: Поток людей. Поток движется по путям эвакуации к выходу. Параметрами потока является заданная зависимость скорости от плотности, количество людей в потоке, площадь проекции людей.

Разнородные потоки (содержащие людей с разными параметрами движения) не смешиваются. Если на участке оказываются разнородные потоки, для них рассчитывается общая плотность, а скорость для каждого потока рассчитывается отдельно [ТР, п.5.3.7].

Представление пространства движения: Пространство движения представляется в модели однонаправленным графом участков эвакуации прямоугольной формы. Путь эвакуации делится на участки заданной длины.

Программа не выполняет проверку соответствия путей движения требованиям к путям эвакуации.

Направление пути движения: Движение людей на участке однонаправленное, вдоль участка.

Определение плотности: Плотность потока рассчитывается для участка пути [ТР, п.5.1.5].

Определение скорости движения: Скорость потока является случайной величиной, рассчитываемой в зависимости от плотности потока [ТР, п.5.1.1, п.5.2]

Дискретизация: длина отрезка участка пути, шаг времени

6.2.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

6.2.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3. Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (3.1.1, 6.) 20/20	ДА (РП 11.) 20/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.1)				ДА (5.1.2.) 10/10						НЕТ 0/10							
1.1.1.2 Ширина (абз.1)				ДА (5.1.2.) 10/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Первичные участки																	
1.2.1.1 проходы между оборудованием (абз.1)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				ДА (7.1.) 10/10													
1.2.2.2 дверной проем				ДА (5.6, 7.1.) 10/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5 п.2)				ДА (5.6, 7.1.) 10/10													
1.2.2.4 лестничный марш				ДА (5.5, 7.1.) 10/10		ДА (5.5) 10/10											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22	
1.2.2.5 пандус				ДА (5.5, 7.1) 10/10		ДА (5.5) 10/10												
1.2.3 Участки слияния потоков (рис. П2.1)				ДА (5.3) 10/10		ДА (5.3) 10/10												
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																		
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							ДА (7.1) 10/10							
1.3.2 минимальная высота				ДА (7.1) 10/10							ДА (7.1) 10/10							
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10							
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10							
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10							
1.4 Топология участков																		
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				ДА (РП 6.1.3, 6.3.5-8) 10/10														
1.4.2 последующие участки				НЕТ 0/10														
1.4.3 эвакуационные выходы				ДА (РП 6.3.1, 6.3.2) 10/10														
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																		
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10							
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							ДА (7.1) 10/10							
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							ДА (7.1) 10/10							
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				ДА (РП 6.3.1) 10/10														
2. ЗАВИСИМОСТИ																		
2.1 Функция скорости																		
2.1.1. скорость зависит от плотности потока на участке, случайная величина (П4.2, П4.3)				ДА (5.2) 10/10		ДА (5.2) 20/20												
2.1.2 Скорость перехода через границы смежных участков (П4.7)				ДА (5.1.11) 10/10		ДА (5.1.11) 20/20												
2.2 Функция скорости																		
2.2.1 Скорость человека зависит от локальной плотности (прил.2 табл. П2.1, прил.5, табл. П5.7, П5.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20												
2.3 Плотность потока																		
2.3.1. В момент времени 0 (П4.1)				ДА (5.1.5) 10/10		ДА (5.1.5) 20/20												
2.3.2. В следующие моменты времени (П4.4)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20												
2.4 Количество человек																		
2.4.1. Переходящих с участка i на участок i+1 (П4.6)				ДА (5.1.16) 10/10		ДА (5.1.16) 20/20												
2.4.2 доля участия в пополнении людьми участка (П4.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20												
2.5 Слияние двух и более потоков на участке (рис.П4.1)																		
				ДА (5.3) 10/10		ДА (5.3) 20/20												
2.6 Переформирование потока																		
				НЕТ 0/10														
2.7 Время движения																		
2.7.1 Шаг моделирования				ДА (5.1.1) 10/10							НЕТ 0/10							
2.7.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20												
2.7.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20												
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																		
3.1. Количество людей на начальных участках				ДА (РП 6.3.5-8) 10/10							НЕТ 0/10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4.5)				ДА (7.2) 10/10							НЕТ 0/10	ДА (2.11) 2/2	ДА (5.4.12) 2/2	ДА (5.4.13) 2/2	ДА (5.4.13) 2/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10	ДА (7.3) 2/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				ДА (5.4) 10/10							НЕТ 0/10	ДА (5.4) 2/2	ДА (5.4.10) 2/2	ДА (5.4.11) 2/2	ДА (5.4.11) 2/2			

6.2.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
СИТИС: Флоутек	498 / 891 = 56%	538 / 891 = 60%

7. Индивидуально-поточная модель (нормативная МЧС РФ)

7.1 Описание модели

7.1.1 Документы по модели

Нормативный документ, в котором приведено описание модели

Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382), с учетом изменений, внесенных приказом МЧС России от 02.12.2015 г. № 632. [103]

Методические документы, в которых приведены руководства по модели

А.А. Абашкин, А.В. Карпов, Д.В. Ушаков, М.В. Фомин, А.Н. Гилетич, П.М. Комков. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» - М.: ВНИИПО, 2012. – 83 с. [104]

Научно-исследовательские документы разработчика модели

Отсутствуют.

Опубликованные экспериментальные данные по валидации модели

Отсутствуют.

Опубликованные данные для верификации численной реализации модели

Отсутствуют.

Состав технического руководства к модели

Приложение 3 «Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382), с учетом изменений, внесенных приказом МЧС России от 02.12.2015 г. № 632.

П.3.1.8.1 А.А. Абашкин, А.В. Карпов, Д.В. Ушаков, М.В. Фомин, А.Н. Гилетич, П.М. Комков. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности»

7.1.2 Классификация модели

Тип модели – индивидуально-поточная, аккредитованная, несертифицируемая, оригинальная.

Модель аккредитованная, поскольку описана в приказе МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».

Модель несертифицируемая, поскольку, во-первых, соответствующий приказ МЧС не является документом в области стандартизации, во-вторых, в нем не содержится требований к реализации модели в виде компьютерной программы.

7.1.3 Краткое изложение модели

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Модель рассматривает движение людей в составе сформировавшихся и формирующихся потоков. Формой человека является эллипс. Человек движется по пути эвакуации, огибая препятствия. Взаимодействие с другими людьми не описано.

Представление пространства движения: Моделью предусмотрено движение людей только по путям эвакуации. Пути эвакуации рассматриваются как последовательность участков эвакуации прямоугольной формы, на которых могут разместиться несколько человек (то есть площадь участка должна быть в несколько раз больше максимальной площади проекции людей, участвующих в движении).

Для одной и той же структуры путей эвакуации в здании выбор размеров эвакуационных участков (длины участка) моделью не оговорен и может быть различным.

Направление движения: Движения людей на участке описано как однонаправленное, вдоль участка. Движение поперек участка или встречное движение в модели не описано. Слияние участков в модели не описано. Методика выбора направления движения людей по путям эвакуации моделью не оговорена.

Определение плотности: Для расчета скорости рассчитывается локальная плотность для группы людей (П3.2). Для расчета интенсивности движения на выходе с эвакуационного участка используется плотность на эвакуационном участке (П3.5).

Определение скорости движения: Скорости всех людей, центры проекции которых попадают на участок пути эвакуации, считаются одинаковыми. Скорость определяется по таблице П2.1 приложения 2 и таблицам П5.7, П5.8 приложения N 5 к Методике в зависимости от локальной плотности потока и типа эвакуационного участка.

7.1.4 Графические иллюстрации понятий в описании реализации модели

Приложение 3, рис. ПЗ.1. Иллюстрирует координатную схему размещения людей на путях эвакуации, выделение участка пути эвакуации.

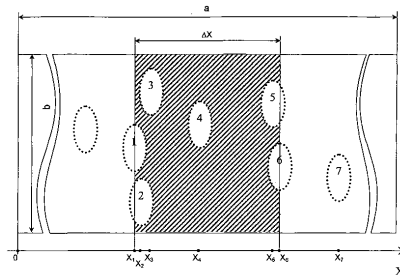


Рис. ПЗ.1. Координатная схема размещения людей на путях эвакуации

7.1.5 Перечень существенных параметров модели

Ниже перечислены существенные параметры индивидуально-поточной модели. В скобках указаны ссылки на абзац, формулу или таблицу методики определения расчетных величин пожарного риска [103]. Без дополнительных указаний ссылки относятся к приложению №3 «Математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания». Если речь о другом приложении, указан номер приложения.

1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА

1.1. Параметры участков пути движения

1.1.1. Форма

1.1.1.1. длина (абз.2)

1.1.1.2. ширина(абз.2)

1.1.1.3. ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)

1.1.2. Направление движения потока на участке (только в одном направлении)

1.2. Типы участков

1.2.1. Начальные участки

1.2.1.1. рабочие места, места для зрителей, спальные места и т.п. допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования. (абз.4)

1.2.2. Участки

1.2.2.1. горизонтальный

1.2.2.2. дверной проем

1.2.2.3. проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5 п.2)

1.2.2.4. лестничный марш

1.2.2.5. пандус

1.3. Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)

1.3.1. объемно-планировочные

1.3.2. минимальная высота

1.3.3. минимальная ширина

1.3.4. максимальный уклон

1.3.5. минимальное количество ступеней

1.4. Топология участков

1.4.1. первый участок, для которого задается начальная плотность

1.4.2. последующие участки

1.4.3. эвакуационные выходы

1.5. Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)

1.5.1. расположение

1.5.2. ширина

1.5.3. высота

1.6. Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)

2. ЗАВИСИМОСТИ

2.1. Координаты

2.1.1. Координата человека в момент времени t (ПЗ.1, ПЗ.3)

2.2. Функция скорости

2.2.1. Скорость человека зависит от локальной плотности (прил.2 табл. П2.1, прил.5, табл. П5.7, П5.8)

2.3. Плотность

2.3.1. Локальная плотность (ПЗ.2)

2.3.2. Плотность на эвакуационном участке (ПЗ.5)

2.4. Интенсивность движения

2.4.1. Интенсивность движения потока определяется в зависимости от плотности на участке (абз.11)

2.5. Количество людей, переходящих с участка на участок (ПЗ.4, абз.13)

2.6. Время движения

- 2.6.1. расчетное время эвакуации (прил.5 П5.3)
- 2.6.2. время задержки (прил.5 П5.1)
- 2.6.3. время существования скопления (прил.5 П5.2)

3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ

- 3.1. Количество людей на начальных участках
- 3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)
- 3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (прил.5 п.2)
- 3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)
- 3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 – П 5.9.)

4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (НЕАТТЕСТОВАННЫЕ) СВОЙСТВА

- 4.1. Разные группы мобильности в потоке
- 4.2. Различное время начала эвакуации для разных потоков

7.1.6 Сравнительная метрика

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2 Источники необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	20	20	5				20	20	20	20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1 Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 рабочие места, места для зрителей, спальные места и т.п. допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования. (абз.4)				10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				10													
1.2.2.2 дверной проем				10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5 п.2)				10													
1.2.2.4 лестничный марш				10													
1.2.2.5 пандус				10													
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				10							10						
1.3.2 минимальная высота				10							10						
1.3.3 минимальная ширина				10							10						
1.3.4 максимальный уклон				10							10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				10							10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				10													
1.4.2 последующие участки				10													
1.4.3 эвакуационные выходы				10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				10							10						
1.5.2 ширина				10							10						
1.5.3 высота				10							10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)																	
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Координаты																	
2.1.1. Координата человека в момент времени t (ПЗ.1, ПЗ.3)				10		20											
2.2. Функция скорости																	
2.2.1 Скорость человека зависит от локальной плотности (прил.2 табл. П2.1, прил.5, табл. П5.7, П5.8)				10		20											
2.3. Плотность																	
2.3.1. Локальная плотность (ПЗ.2)				10		20											
2.3.2. Плотность на эвакуационном участке (ПЗ.5)				10		20											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
2.4. Интенсивность движения						20											
2.4.1. Интенсивность движения потока определяется в зависимости от плотности на участке (абз.11)				10		20											
2.5. Кол-во людей, переходящих с участка на участок (ПЗ.4, абз.13)				10		20											
2.6. Время движения						20											
2.6.1. Расчетное время эвакуации (прил.5 П5.3)				10		20											
2.6.2. время задержки (прил.5 П5.1)				10		20											
2.6.3. время существования скопления (прил.5 П5.2)				10		20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на первом участке				10						10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)				10						10	2	2	2	2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (прил.5 п.2)				10						10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				10						10	2	2	2	2			
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				10						10	2	2	2	2			

Общее количество применимых требований - 86

Максимальное количество баллов – 20

Общее количество баллов - 939

7.2 Описание реализации в программе «Сигма ПБ»

7.2.1 Описание программы

Программа разработана ООО «ЗК-Эксперт» (г. Красноярск). Первая версия программы выпущена в 2013 году.

Описание программы представлено на официальном сайте компании <https://3ksigma.ru/>. Представлены:

- описание программы;
- документация к программе (руководство пользователя, в помощь начинающим, пример отчета, пример расчета);
- видеоуроки по работе с программой;
- сертификаты, заключения, письма;
- демо-версия программы.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 4.00.

7.2.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

7.2.3 Документы по модели

Научно-исследовательские документы разработчика модели

Кирик Е. С., Юргельян Т. Б., Круглов Д. В. О дискретной модели движения людей с элементом анализа окружающей обстановки // Журнал Сибирского федерального университета. Математика и физика. — Т. 1. — № 3. — С. 266–276.

Юргельян Т. Б., Кирик Е. С., Круглов Д. В. О чувствительности математической модели движения людей SIGMA.CA к геометрии пути // Журнал СФУ. Серия: математика и физика. — 2011. — Т. 4. — № 4. — Р. 556–568.

Юргельян Т. Б., Кирик Е. С., Круглов Д. В. О валидации модели движения людей SIGMA.CA по данным фундаментальных диаграмм // Вестник СибГАУ. — 2010. — Вып. 5 (31). — Р. 162–166.

Витова Т. Б., Кирик Е. С. О формализации правил переходов в модели движения людей SIGMA.CA // Образовательные ресурсы и технологии. — 2016. — № 2 (14). — С. 293–300.

Литвинцев К. Ю., Кирик Е. С., Дектерев А. А., Харламов Е. Б., Малышев А. В., Попел Е. В. Расчетно-аналитический комплекс «Сигма ПБ» по моделированию развития пожара и эвакуации // Пожарная безопасность. — 2016. — № 4. — С. 51-59.

Кирик Е. С., Малышев А. В. Тестирование компьютерных программ по расчету времени эвакуации на примере модуля SigmaEva // Пожарная безопасность. — 2014. — № 1. — С. 78-85.

Кирик Е. С., Малышев А. В. О методах валидации математических моделей людей на примере модели индивидуально поточного типа SIGMA.DC // Материалы XV Всерос. сем. «Моделирование неравновесных систем-2012». — Красноярск: ИВМ СО РАН, 2012. — С. 73-79.

Юргельян Т. Б., Кирик Е. С., Круглов Д. В., Малышев А. В. О преобразовании дискретной стохастической модели движения людей SIGMA.CA в дискретно-непрерывную SIGMA.DC // Тез. докл. XI Всерос. конф. молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям. — Новосибирск: ИВТ СО РАН. — 2010. — С. 76.

Кирик Е. С., Юргельян Т. Б., Малышев А. В. О моделировании движения людей. полевая дискретно-непрерывная модель движения людей «Sigma.DC» // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2010. — Т. 1. — № 1. — С. 144-146.

7.2.4 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания	Примечания
1	Manual_SigmaPB_v4.pdf	«СИГМА ПБ» 4.00 («Sigma Fire Safety» 4.00) Программа по расчету распространения опасных факторов пожара полевой моделью, эвакуации - индивидуально-поточной моделью, вероятности эвакуации, расчетной величины пожарного риска. Руководство пользователя. ООО «Зк-эксперт», Красноярск, 2017	Руководство пользователя	5283	Создан в 2017, скачен 16.01.2018 (для версии 4.00)	Без пометки, указан номер пункта

7.2.5 Декларация модели в документации

Для выполнения расчетов распространения опасных факторов пожара (ОФП) и эвакуации используются вычислительные ядра отечественных программ SigmaFire © [5] и SigmaEva © [6] соответственно, в которых реализованы полевая модель пожара и модель эвакуации индивидуально-поточного типа [1]. (Руководство пользователя, п.1.1)

7.2.6 Описание модели и её реализации в документации программы

Отсутствует.

7.2.7 Краткое изложение модели по описанию в документации

Понятия, с которыми работает модель: Человек.

Представление пространства движения: Используется сетка для расчета поля расстояний [РП, стр.226].

Разбиение пути на участки не описано.

Направление движения: Люди движутся к ближайшему доступному выходу с этажа, из здания, либо по назначенному маршруту [РП, п.6.3.2.4].

Определение плотности: не описано.

Определение скорости движения: не описано.

Дискретизация: не указано.

7.2.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

7.2.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (1.1) 20/20	ДА (7.3) 20/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. пути движения людского потока																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 рабочие места, места для зрителей, спальные места и т.п. допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования. (абз.4)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				НЕТ 0/10													
1.2.2.2 дверной проем				НЕТ 0/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2.4 лестничный марш				НЕТ 0/10													
1.2.2.5 пандус				НЕТ 0/10													

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.2 минимальная высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				НЕТ 0/10													
1.4.2 последующие участки				НЕТ 0/10													
1.4.3 эвакуационные выходы				ДА (6.3.2.4) 10/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				ДА (6.3.2.4) 10/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Координаты																	
2.1.1 Координата человека в момент времени t (П3.1, П3.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.2 Функция скорости																	
2.2.1 Скорость человека зависит от локальной плотности (прил.2 табл. П2.1, прил.5, табл. П5.7, П5.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3 Плотность																	
2.3.1. Локальная плотность (П3.2)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Плотность на эвакуационном участке (П3.5)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.4 Интенсивность движения																	
2.4.1. Интенсивность движения потока определяется в зависимости от плотности на участке (абз.11)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5. Кол-во людей, переходящих с участка на участок (П3.4, абз.13)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (прил.5 П5.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на начальных участках				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4.5)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.6. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (НЕАТТЕСТОВАННЫЕ) СВОЙСТВА																	

7.2.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Сигма-ПБ	0	60 / 939 = 6%

7.3 Описание реализации в программе «Фогард-РВ»

7.3.1 Описание программы

Программа разработана ООО «Институт технического регулирования и независимой экспертизы» (Интернэкс) (г. Москва). Первая версия программы – неизвестно.

Описание программы представлено на официальном сайте компании <http://fogard.ru>. На сайте представлены:

- описание программы;
- руководство пользователя;
- видеоролики по работе с программой;
- сертификат соответствия и заключение Академии ГПС.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы — неизвестно.

7.3.2 Классификация реализации модели

Вычислительная услуга, несертифицируемая.

7.3.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	Rukovodstvo polzovatela Fogard 2017.pdf	Руководство пользователя программного комплекса Фогард (описание функциональных характеристик программного обеспечения и информация, необходимая для установки и эксплуатации программного обеспечения). Институт технического регулирования и независимой экспертизы, 2017.	Руководство пользователя	16,1 Мб	Скачено 02.08.2018	В таблице ссылка на пункт, без пометок о документе

7.3.4 Декларация модели в документации

Фогард-РВ (индивидуально-поточная модель) разработана на основе математической модели индивидуально-поточного движения людей из здания, основы которой представлены в приложении 3 к Методике определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приказ МЧС России от 30.06.2009 г. № 382). (сайт)

7.4.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Отсутствует.

7.3.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Форма человека - эллипс.

Представление пространства движения: Пространство движения представлено в виде графа четырехугольных участков пути.

Направление движения: Люди движутся заданному направлению графа от начальных участков до конечных.

Определение плотности: не описано.

Определение скорости движения: не описано.

Дискретизация: не указано.

7.3.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

7.3.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3. Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				ДА (4.1.2.8.2. 1.5.1.1) 10/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				ДА (4.1.2.8.2. 1.5.1.1) 10/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				ДА (4.1.2.8. 2.1.3.5) 10/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки				ДА (4.1.2.8. 2.1.3.1) 10/10													
1.2.1.1 рабочие места, места для зрителей, спальные места и т.п. допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования. (абз.4)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				ДА (4.1.2.8.2. 1.5.1.1) 10/10													
1.2.2.2 дверной проем				ДА (4.1.2.8. 2.1.2) 10/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2.4 лестничный марш				ДА (4.1.2.8.2. 1.5.1.1) 10/10													
1.2.2.5 пандус				ДА (4.1.2.8.2. 1.5.1.1) 10/10													
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.2 минимальная высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				НЕТ 0/10													
1.4.2 последующие участки				НЕТ 0/10													
1.4.3 эвакуационные выходы				НЕТ 0/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				ДА (4.1.2.8. 2.1.3.5) 10/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Координаты																	
2.1.1 Координата человека в момент времени t (ПЗ.1, ПЗ.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.2 Функция скорости																	
2.2.1 Скорость человека зависит от локальной плотности (прил.2 табл. П2.1, прил.5, табл. П5.7, П5.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3 Плотность																	
2.3.1. Локальная плотность (ПЗ.2)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Плотность на эваку.участке (ПЗ.5)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.4 Интенсивность движения																	
2.4.1. Интенсивность движения потока определяется в зависимости от плотности на участке (абз.11)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5. Кол-во людей, переходящих с участка на участок (ПЗ.4, абз.13)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (прил.5 П5.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на начальных участках				ДА (4.1.2. 8.2.1.4) 10/10						НЕТ 0/10							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4.5)				ДА (4.1.2.8. 2.1.4.5) 10/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.6. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				ДА (4.1.2.8. 2.1.4.5) 10/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			

7.3.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Фогард-РВ	0	120 / 939 = 13%

7.4 Описание реализации в программе «Urban»

7.4.1 Описание модели

Программа разработана ООО «Инвест Лайн» (г. Краснодар). Первая версия программы – неизвестно. Описание программы представлено на официальном сайте компании <http://www.urbanpro.ru/>. На сайте представлены:

- описание программы;
- руководство пользователя;
- демонстрационная версия программы;
- пример отчета;
- лицензионный договор и соглашение о конфиденциальности;
- заключение Академии ГПС, свидетельство о регистрации, отзывы.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы — неизвестно.

7.4.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

7.4.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	Руководство пользователя.pdf	URBAN. Расчет пожарных рисков. Руководство пользователя.	Руководство пользователя	6 575	Скачено 10.08.2018	В таблице ссылка на пункт или страницу, без пометок о документе

7.4.4 Декларация модели в документации

При моделировании эвакуации используется математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания, согласно приложению к приказу МЧС от 30.06.09 г. N 382. Расчеты осуществляются в соответствии с «Методикой определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (с изменениями на 2 декабря 2015 года)». [РП, стр.5]

7.4.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Отсутствует.

7.4.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Понятия, с которыми работает модель: Человек.

Представление пространства движения: не описано.

Направление движения: Каждый, из расставленных в сценарии людей бежит по кратчайшему пути до ближайшей зоны эвакуации. [12.2.2]

Определение плотности: не описано.

Определение скорости движения: не описано.

Дискретизация: не указано.

7.4.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

7.4.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (стр.5) 20/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки				НЕТ 0/10													
1.2.1.1 рабочие места, места для зрителей, спальные места и т.п. допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования. (абз.4)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				НЕТ 0/10													
1.2.2.2 дверной проем				НЕТ 0/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2.4 лестничный марш				НЕТ 0/10													
1.2.2.5 пандус				НЕТ 0/10													
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.2 минимальная высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				НЕТ 0/10													
1.4.2 последующие участки				НЕТ 0/10													
1.4.3 эвакуационные выходы				ДА (12.2.2) 10/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				ДА (12.2.2) 10/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Координаты																	
2.1.1 Координата человека в момент времени t (ПЗ.1, ПЗ.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.2 Функция скорости																	
2.2.1 Скорость человека зависит от локальной плотности (прил.2 табл. П2.1, прил.5, табл. П5.7, П5.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3 Плотность																	
2.3.1. Локальная плотность (ПЗ.2)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Плотность на эвакуационном участке (ПЗ.5)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.4 Интенсивность движения																	
2.4.1. Интенсивность движения потока определяется в зависимости от плотности на участке (абз.11)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
2.5. Кол-во людей, переходящих с участка на участок (П3.4, абз.13)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (прил.5 П5.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на начальных участках				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				ДА (стр.98) 10/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.6. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			

7.4.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Urban	0	50 / 939 = 5%

7.5 Описание реализации в программе «Fenix+»

7.5.1 Описание программы

Программа разработана ЗАО «Современные программные технологии» (г. Нижний Новгород). Первая версия программы выпущена (предположительно) в 2013 году.

Описание программы представлено на официальном сайте компании <https://mst.su/>. Представлены:

- описание программы;
- документация к программе (руководство пользователя, документ по валидации и верификации, методическое руководство, презентация);
- пример отчета программы;
- демонстрационная версия программы;
- сертификаты, письма и заключения.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы — 1.72

7.5.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая

7.5.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	User_Guide.pdf	Fenix+ / Fenix+ 2 версия x.1.72. Программа для определения величины индивидуального пожарного риска. Руководство пользователя. ЗАО «Современные программные технологии». 2017	Руководство пользователя	5203	для версии 1.72, скачен 16.01.2018	В таблице с пометкой «РП», указан номер пункта
2	Fenix+_Validation.pdf	Fenix+ Программа для определения величины индивидуального пожарного риска. Валидация и верификация. ЗАО «Современные программные технологии». 2015	Документ по валидации и верификации	1830	создан в 2015 г, скачен 26.12.2017	Без пометки (указано название теста)

7.5.4 Декларация модели в документации

Моделирование эвакуации проводится по индивидуально-поточной модели движения людей, реализованной в Fenix+/Fenix+ 2 согласно Приложению к приказу МЧС России от 30.06.09 г. № 382 (с изменениями от 12.12.2011 г. № 749 и с изменениями от 02.12.2015 г. в ред. Приказа МЧС России № 632). (Руководство пользователя, п.1.2)

7.5.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Отсутствует.

7.5.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Форма человека – эллипс. Люди движутся к выходу по кратчайшему пути, выполняя обход препятствий и избегая столкновения с другими людьми [РП, п.10.1].

Представление человека: Модель рассматривает индивидуальное движение людей. Форма человека – эллипс.

Представление пространства движения: Движение агентов выполняется без разбиения пути на отдельные участки.

Автоматически выполняется проверка высоты и ширины пути в соответствии с прил.5 методики и движение

позволяется только по соответствующим путям и выходам [РП, п.10.3, стр.131].

Направление движения: Люди движутся к выходу по кратчайшему пути, выполняя обход препятствий и избегая столкновения с другими людьми [РП, п.10.1].

Определение плотности: не описано.

Определение скорости движения: Скорость рассчитывается в зависимости от плотности [ВВ, формула 1].

Дискретизация: не указано.

7.5.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

7.5.8 Матрица сравнения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (РП 1.2) 20/20	ДА (РП 10.6) 20/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 рабочие места, места для зрителей, спальные места и т.п. допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования. (абз.4)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				НЕТ 0/10													
1.2.2.2 дверной проем				НЕТ 0/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2.4 лестничный марш				НЕТ 0/10													
1.2.2.5 пандус				НЕТ 0/10													
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10								НЕТ 0/10					
1.3.2 минимальная высота				ДА (РП 10.3) 10/10								НЕТ 0/10					
1.3.3 минимальная ширина				ДА (РП 10.3) 10/10								НЕТ 0/10					
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10								НЕТ 0/10					
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10								НЕТ 0/10					
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				НЕТ 0/10													
1.4.2 последующие участки				НЕТ 0/10													
1.4.3 эвакуационные выходы				ДА (РП 6.3) 10/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10								НЕТ 0/10					
1.5.2 ширина				ДА (РП 10.3) 10/10								НЕТ 0/10					
1.5.3 высота				ДА (РП 10.3) 10/10								НЕТ 0/10					

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				НЕТ 0/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Координаты																	
2.1.1. Координата человека в момент времени t (ПЗ.1, ПЗ.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.2 Функция скорости																	
2.2.1 Скорость человека зависит от локальной плотности (прил.2 табл. ПЗ.1, прил.5, табл. ПЗ.7, ПЗ.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3 Плотность																	
2.3.1. Локальная плотность (ПЗ.2)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Плотность на эвакуационном участке (ПЗ.5)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.4 Интенсивность движения																	
2.4.1. Интенсивность движения потока определяется в зависимости от плотности на участке (абз.11)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Кол-во людей, переходящих с участка на участок (ПЗ.4, абз.13)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.6 Время движения																	
2.6.1 Расчетное время эвакуации (прил.5 ПЗ.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.6.2 время задержки (ПЗ.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.6.3 время существования скопления (ПЗ.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на начальных участках				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)				НЕТ 0/20						ДА (test_01) 10/10	ДА (РП 8.3) 2/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10						ДА (test_05) 10/10	ДА (РП 10.4) 2/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.6. Параметры движения людских потоков (прил. 5, ПЗ.5.7 - ПЗ.5.9)				НЕТ 0/10						ДА (test_01) 10/10	ДА (РП 8.3) 2/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (НЕАТТЕСТОВАННЫЕ) СВОЙСТВА																	

7.5.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Fenix+	0	126 / 939 = 13%

8. Модель индивидуального движения

8.1 Описание модели

8.1.1 Документы по модели

Нормативный документ, в котором приведено описание модели

Отсутствует.

Методические документы, в которых приведены руководства по модели

Отсутствует.

Научно-исследовательские документы разработчиков модели

Helbing, D., and Molnár, P., "Social force model for pedestrian dynamics", Physical Review E 51:4282–4286 (1995).

Craig W. Reynolds, «Steering Behaviors For Autonomous Characters.» Proceedings of the Game Developers Conference 1999. 1999, Miller Freeman Game Group, San Francisco, California, pp. 763-782.

Heni Ben Amor, Jan Murray, and Oliver Obst, «Fast, Neat, and Under Control: Arbitrating Between Steering Behaviors,» AI Game Programming Wisdom 3, ed. S. Rabin. pp. 221-232.

Кирик Е. С., Юргельян Т. Б., Круглов Д. В. О дискретной модели движения людей с элементом анализа окружающей обстановки // Журнал Сибирского федерального университета. Математика и физика. — Т. 1. — № 3. — С. 266–276.

Юргельян Т. Б., Кирик Е. С., Круглов Д. В. О чувствительности математической модели движения людей SIGMA.CA к геометрии пути // Журнал СФУ. Серия: математика и физика. — 2011. — Т. 4. — № 4. — С. 556–568.

Витова Т. Б., Кирик Е. С. О формализации правил переходов в модели движения людей SIGMA.CA // Образовательные ресурсы и технологии. — 2016. — № 2 (14). — С. 293–300.

Литвинцев К. Ю., Кирик Е. С., Дектерев А. А., Харламов Е. Б., Малышев А. В., Попел Е. В. Расчетно-аналитический комплекс «Сигма ПБ» по моделированию развития пожара и эвакуации // Пожарная безопасность. — 2016. — № 4. — С. 51-59.

Юргельян Т. Б., Кирик Е. С., Круглов Д. В., Малышев А. В. О преобразовании дискретной стохастической модели движения людей SIGMA.SA в дискретно-непрерывную SIGMA.DC // Тез. докл. XI Всерос. конф. молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям. — Новосибирск: ИВТ СО РАН. — 2010. — С. 76.

Кирик Е. С., Юргельян Т. Б., Малышев А. В. О моделировании движения людей. полевая дискретно-непрерывная модель движения людей «Sigma.DC» // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2010. — Т. 1. — № 1. — С. 144-146.

M. J. Seitz, F. Dietrich, and G. Köster, “The effect of stepping on pedestrian trajectories,” *Physica a: statistical mechanics and its applications*, vol. 421, p. 594–604, 2015

M. J. Seitz and G. Köster, “How update schemes influence crowd simulations,” *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, vol. 2014, iss. 7, p. P07002, 2014.

M. J. Seitz and G. Köster, “Natural discretization of pedestrian movement in continuous space,” *Physical review e*, vol. 86, iss. 4, p. 46108, 2012.

I. von Sivers and G. Köster, “Dynamic stride length adaptation according to utility and personal space,” *Transportation research part b: methodological*, vol. 74, p. 104 – 117, 2015.

F. Dietrich and G. Köster, “Gradient navigation model for pedestrian dynamics,” *Physical review e*, vol. 89, iss. 6, p. 62801, 2014.

M. J. Seitz, N. W. F. Bode, and G. Köster, “How cognitive heuristics can explain social interactions in spatial movement,” *Journal of the royal society interface*, vol. 13, iss. 121, p. 20160439, 2016.

M. J. Seitz, “Simulating pedestrian dynamics: towards natural locomotion and psychological decision making,” PhD Thesis, Munich, Germany, 2016.

G. Köster, M. Seitz, F. Trembl, D. Hartmann, and W. Klein, “On modelling the influence of group formations in a crowd,” *Contemporary social science*, vol. 6, iss. 3, p. 397–414, 2011.

M. Seitz, G. Köster, and A. Pfaffinger, “Pedestrian group behavior in a cellular automaton,” in *Pedestrian and evacuation dynamics 2012, 2014*, p. 807–814.

D. Hartmann, “Adaptive pedestrian dynamics based on geodesics,” *New journal of physics*, vol. 12, p. 43032, 2010.

T. Kretz, “Pedestrian traffic: on the quickest path,” *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, vol. 2009, iss. 03, p. P03012, 2009.

B. Zönnchen, “Navigation around pedestrian groups and queueing using a dynamic adaption of traveling,” Bachelor’s thesis Master Thesis, 2013.

Опубликованные экспериментальные данные по валидации модели

Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac. Technical Reference and User’s Guide (FDS 6.5.3, Evac 2.5.2, DRAFT). Timo Korhonen, VTT, March 15, 2017

Verification and Validation Pathfinder 2017.2. Thunderhead Engineering Consultants, Inc, 2017

Опубликованные данные для верификации численной реализации модели

Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac. Technical Reference and User’s Guide (FDS 6.5.3, Evac 2.5.2, DRAFT). Timo Korhonen, VTT, March 15, 2017

Verification and Validation Pathfinder 2017.2. Thunderhead Engineering Consultants, Inc, 2017

Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships. International Maritime Organization. 30 October 2007

8.1.2 Классификация модели

Тип модели – индивидуального движения, неаккредитованная, несертифицируемая, оригинальная.

Модель неаккредитованная, поскольку не описана нормативных документах.

Модель несертифицируемая, поскольку не содержится требований к реализации модели в виде компьютерной программы.

8.1.3 Краткое изложение модели

Модель представляет собой совокупность отдельных людей, скорость и направление движения которых определяется в каждый момент времени в зависимости от расположения других людей и препятствий в ближайшем окружении. Параметры человека, такие как площадь проекции и зависимость скорости от параметров окружения, задаются индивидуально. Человек, как правило, автоматически выбирает кратчайший путь до цели, которой является ближайший эвакуационный выход.

Некоторые распространенные зависимости скорости человека от параметров его окружения:

Социальные силы – скорость человека зависит от расстояния до ближайших людей и препятствий, а также углом между направлением до них с вектором скорости человека.

Попутное расстояние – скорость человека зависит от расстояния до ближайших людей, находящихся от него впереди и сбоку.

Динамическая индивидуально-поточная модель – максимальная скорость человека определяет-

ся по зависимости скорости от плотности потока людей, движущихся рядом с рассматриваемым человеком. Плотность потока определяется на некоторой области вокруг рассматриваемого человека. В отличие от нормативной индивидуально-поточной модели, для которой участки пути движения (пути эвакуации) должны быть заданы перед началом моделирования движения, и их положение не меняется во время моделирования, в данной модели участки для расчета плотности определяются для каждого человека на каждом шаге времени при моделировании. При движении человека оценивается минимальное расстояние до других людей и препятствий, поэтому с учетом исключения столкновений определяемая на каждом шаге скорость движения человека может быть меньше максимальной, определенной по плотности потока.

Динамическая упрощенная аналитическая модель – максимальная скорость каждого человека определяется в зависимости от плотности людей в помещении. Для всех людей, находящихся в одном помещении (коридоре, лестнице), максимальная скорость устанавливается одинаковой. Люди двигаются по помещению к выходам с максимальной скоростью. Столкновения не анализируются, то есть люди могут ходить друг через друга и при достижении выхода формировать очередь на выход. Скорость движения людей при выходе из помещения определяется пропускной способностью двери, которая определяется как зависимость от плотности людей в помещении. В зависимости от рассчитанной по плотности людей в помещении пропускной способности двери, на каждом шаге моделирования несколько человек могут переместиться из очереди перед дверью в смежное помещение. Данная модель подобна упрощенной аналитической модели, используются аналогичные усредненные помещениям зависимости движения потоков людей, но для формирования потоков, то есть «очереди» перед дверями, используется взаимодействие агентов – людей и дверей – в имитационной агентской модели движения.

Понятия, с которыми работает модель: агент – объект, имеющий некоторую геометрическую форму, который может взаимодействовать с другими агентами и объектами другого типа, и совершать какие либо действия (например перемещаться) в зависимости от обстановки.

Представление пространства движения: Пространство движения как правило дискретизируется. В большинстве моделей представляется в виде сетки, состоящей из ячеек, между которыми могут осуществляться переходы.

В зависимости от размеров ячеек сетки дискретизации по отношению к размерами проекции человек сеть может быть:

- 1) Грубая сеть – размер ячейки соизмерим с размерами агентов. В ячейке может располагаться только один агент, т.е. ячейка может быть занята или свободна.
- 2) Тонкая сеть – размер ячейки меньше характерного размера агентов.

Представление времени: как правило, время представляется в виде последовательности одинаковых временных шагов. В некоторых моделях размер шага может быть неравномерным в зависимости от каких-либо параметров модели на предыдущих шагах.

Фундаментальные зависимости: зависимости, по которым определяются основные параметры движения – скорость и направление.

Определение скорости агента: одна из фундаментальных зависимостей. Это может быть зависимость скорости от плотности на участке пространства, где находится агент, или зависимость от условных сил в потенциальном силовом поле, создаваемом агентами и другими объектами, или другие зависимости.

Выбор направление движения: выбор направления движения для агентов на начальном шаге как правило определяется по кратчайшему пути до цели (например, эвакуационного выхода). Кратчайший путь может выбираться геометрически – т.е. только с учетом расстояния - или по наименьшему времени свободного движения с учетом возможных ограничений. В процессе моделирования направление движения агентов может уточняться на каждом временном шаге, через несколько заданных шагов или в зависимости от наступления каких-либо событий.

Например, если у ближайшего выхода из помещения скопилось значительное количество агентов, модель может уточнить для некоторых агентов направление движения и направить их не в ближайший, но свободный выход.

Избегание столкновений: модель может исключать возможность нахождения в точках пространства нескольких агентов.

Минимальная дистанция: модель может учитывать минимальную дистанцию между людьми и препятствиями при движении

Ограниченное движение: модели, как правило, специальным образом реализуют движение по участкам путей движения, которые не могут быть представлены дискретизованным пространством модели с достаточной достоверностью. К таким элементам обычно относятся двери и лестницы.

Противопоток: некоторые модели могут моделировать противопоток – встречное движение агентов в плотном потоке или пересекающихся потоках.

8.1.4 Перечень существенных параметров модели

Ниже перечислены существенные параметры модели индивидуального движения

1. Представление пространства

- 1.1 Представление препятствий движения
- 1.2 Представление пространства движения
- 1.3 Тип дискретизации
- 1.4 Размеры ячейки

2 Представление времени

2.1. Шаг времени

3 Представление людей

3.1 Форма агента

4. Определение скорости движения

- 4.1 Фундаментальная зависимость
- 4.2 Горизонтальное движение
- 4.3 Наклонное движение
- 4.4 Исключение столкновений

5. Определение направления движения

- 5.1 Выбор начального направления
- 5.2 Уточнение направления во время расчета
- 5.3 Минимальная дистанция до препятствий
- 5.4 Минимальная дистанция до людей

6. Ограниченное движение

- 6.1 Движение через дверь
- 6.2 Движение по лестнице

7. Сложное движение

- 7.1 Противопоток
- 7.2 Пересекающиеся потоки

8.1.5 Сравнительная метрика

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физических законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат. методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2 Источники необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	20	20	5				20	20	20	20					50		
1. Представление пространства																	
1.1 Представление препятствий движения				10												10	
1.2 Представление пространства движения				10												10	
1.3 Тип дискретизации				10													
1.4 Размеры ячейки				10					10								10
2. Представление времени																	
2.1 Шаг времени				10					10								10
3. Представление людей																	
3.1 Форма агента				10					10								10
4. Определение скорости движения																	
4.1 Фундаментальная зависимость				10		20										10	10
4.2 Горизонтальное движение				10		20										10	10
4.3 Наклонное движение				10		20										10	10
4.4 Исключение столкновений				10		20										10	10
5. Определение направления движения																	
5.1 Выбор начального направления				10		20										10	10
5.2 Уточнение направления во время расчета				10		20										10	10
5.3 Минимальная дистанция до препятствий				10					10							10	10
5.4 Минимальная дистанция до людей				10					10							10	10
6. Ограниченное движение																	
6.1 Движение через дверь				10		20										10	10
6.2 Движение по лестнице				10		20										10	10
7. Сложное движение																	
7.1 Противопоток				10												10	10
7.2 Пересекающиеся потоки				10												10	10

Общее количество применимых требований – 75

Максимальное количество баллов – 50

Общее количество баллов – 855

8.2 Описание реализации в программе «FDS+Evac»**8.2.1 Описание программы**

Программа разработана VTT Technical Research Centre of Finland (Технический исследовательский центр VTT Финляндии). Первая версия программы выпущена - неизвестно.

Описание программы представлено на сайте http://virtual.vtt.fi/virtual/proj6/fdsevac/documents/FDS+Evac_textbased_homepage.txt

На сайте представлены:

- описание программы;
- документация к программе;
- примеры файлов и файлы для верификации расчетов.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 2.5.2

8.2.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

Подмодель — зависимость скорости от социальных сил.

8.2.3 Документы по модели

Научно-исследовательские документы разработчика модели

Helbing, D., and Molnár, P., “Social force model for pedestrian dynamics”, Physical Review E 51:4282–4286 (1995).

Helbing, D., Farkas, I., and Vicsek, T., “Simulating dynamical features of escape panic”, Nature 407:487–490 (2000).

Helbing, D., Farkas, I., Molnár, P., and Vicsek, T., “Simulating of Pedestrian Crowds in Normal and Evacuation Situations”, Pedestrian and Evacuation Dynamics, Schreckenberg, M. and Sharma, S.D. (eds.), Springer, Berlin, 2002, pp. 21–58.

Werner, T., and Helbing, D., “The social force pedestrian model applied to real life scenarios”, Pedestrian and Evacuation Dynamics – Proceedings of the Second International Conference, University of Greenwich, London, 2003, pp. 17–26.

Langston, P.A., Masling, R., and Asmar, B.N., “Crowd dynamics discrete element multi-circle model”, Safety Science 44: 395–417 (2006).

8.2.4 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания	Примечания
1	FDS+EVAC_Guide.pdf	Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac. Technical Reference and User's Guide (FDS 6.5.3, Evac 2.5.2, DRAFT). Timo Korhonen, VTT, March 15, 2017	Руководство (пользователя + техническое + ВВ)	2795	15.03.2017 (скачен 22.01.2018)	

8.2.5 Декларация модели в документации

FDS+Evac is a combined agent-based egress calculation model and a Computational Fluid Dynamics (CFD) model of fire-driven fluid flow, where the fire and egress parts are interacting. (Руководство, п.2.2)

(FDS+Evac сочетает агентскую модель эвакуации и модель вычислительной гидродинамики, где части, моделирующие пожар и эвакуацию, взаимодействуют)

Агентное моделирование (англ. agent-based model (ABM))— метод имитационного моделирования, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как такое поведение определяет поведение всей системы в целом.

8.2.6 Описание модели и её реализации в документации программы

Документ «Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac. Technical Reference and User's Guide (FDS 6.5.3, Evac 2.5.2, DRAFT). Timo Korhonen, VTT, March 15, 2017» (файл «FDS+EVAC_Guide.pdf»), раздел «3. Theoretical Basis for the Evacuation Model» (Теоретические основы для модели эвакуации)

8.2.7 Краткое изложение модели и подмодели по описанию в документации

Тип подмодели – социальные силы

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Форма человека - три перекрывающиеся окружности (торс и плечи). Параметры – размер, скорость свободного движения, параметры социальных сил. Человек движется в поле скоростей к выходу (гидравлическая модель), взаимодействуя с другими людьми и опасными факторами пожара.

Представление пространства движения: Движение людей выполняется по прямоугольной сетке эвакуации, на которой заданы препятствия. Участки пути эвакуации не выделяются.

Направление движения: Направление движения выбирается по полю скоростей – выходы представлены в модели как «вытяжные вентиляторы», создающие направленный поток, по которому движутся агенты [РП, стр.23].

Определение плотности: Плотность не рассчитывается.

Определение скорости движения: Скорость движения зависит от величины социальных сил для конкретного человека. Взаимодействие людей между собой и с препятствиями выполняется на основе социальных сил [РП, п.3.2]. Возможен расчет с учетом влияния ОФП на движение людей [РП, п.3.4], для расчета встречного движения и пересекающихся потоков используется отдельный алгоритм [РП, п.3.3].

Дискретизация: шаг времени (меняется во время моделирования в соответствии с величиной социальных сил), размер ячейки сетки [РП, п.5.2].

8.2.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2 Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физических законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2 Источники необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о базах данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (2.2) 20/20	ДА (2.6) 20/20	НЕТ 0/5				ДА (3.6) 20/20	ДА (2.7) 20/20	НЕТ 0/20	ДА (5) 20/20					ДА (6.2,6.3) 30/50		
1. Представление пространства																	
1.1 Представление препятствий движения				НЕТ 0/10													НЕТ 0/10
1.2 Представление пространства движения				ДА (2.7) 10/10													НЕТ 0/10
1.3 Тип дискретизации				ДА (2.7) 10/10													
1.4 Размеры ячейки				ДА (8.1) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
2. Представление времени																	
2.1 Шаг времени				ДА (3.6) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
3. Представление людей																	
Форма агента				ДА (3.1) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
4. Определение скорости движения																	
4.1 Фундаментальная зависимость				ДА (3.2) 10/10		ДА (3.2) 20/20									ДА (4.4,5-6) 10/10	ДА (5.3) 10/10	
4.2 Горизонтальное движение				ДА (3.2) 10/10		ДА (3.2) 20/20									ДА (4.4,5-6) 10/10	ДА (5.3) 10/10	
4.3 Наклонное движение				ДА (8.13,8.15) 10/10		НЕТ 0/20									ДА (6.2.2, 4.4.4) 10/10	ДА (5.3) 10/10	
4.4 Исключение столкновений				ДА (3.2) 10/10		ДА (3.2) 20/20									НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
5. Определение направления движения																	
5.1 Выбор начального направления				ДА (3.5) 10/10		ДА (3.5) 20/20									ДА (4.4,5-6) 10/10	НЕТ 0/10	
5.2 Уточнение направления во время расчета				ДА (3.5) 10/10		ДА (3.5) 20/20									ДА (4.4,5-6) 10/10	НЕТ 0/10	
5.3 Минимальная дистанция до препятствий				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10					НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
5.4 Минимальная дистанция до людей				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10					НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
6. Ограниченное движение																	
6.1 Движение через дверь				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20									ДА (4.4.2) 10/10	ДА (5.3) 10/10	
6.2 Движение по лестнице				ДА (8.13,8.15) 10/10		НЕТ 0/20									ДА (6.2.2, 4.4.4) 10/10	ДА (5.3) 10/10	
7. Сложное движение																	
7.1 Противопоток				ДА (3.3) 10/10											ДА (4.4.1) 10/10	ДА (5.4) 10/10	
7.2 Пересекающиеся потоки				НЕТ 0/10											НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	

8.2.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
FDS+Evac	480 / 855 = 56%	500 / 855 = 58%

8.3 Описание реализации в программе «СИТИС: Эватек»

8.3.1 Описание программы

Программа разработана ООО «СИТИС» (г. Екатеринбург). Первая версия программы выпущена в 2008 году.

В настоящее время (август 2018 г.) на сайте не представлена. Последняя выпущенная версия -1.12.

8.3.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.
Динамическая индивидуально-поточная модель.

8.3.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания	Примечания
1	2501 Эватек 1.12 Руководство пользователя.pdf	СИТИС: Эватек 1.12. Расчет времени эвакуации. Руководство пользователя. Редакция R5. 15.01.2009	Руководство пользователя	458	15.01.2009	С пометкой «РП»
2	2502 Эватек Валидация и верификация.pdf	СИТИС: Эватек 1.10. Валидация и верификация эвакуационной модели СИТИС: Эватек. № 4152-ТТ2.5. 19.12.2008	Валидация и верификация	773	19.12.2008	

8.3.4 Декларация модели в документации

Программа «СИТИС: Эватек» выполняет моделирование процесса эвакуации с использованием положений ГОСТ 12.1.004-91* «Пожарная безопасность. Общие требования». (Руководство пользователя, п.2.2)

8.3.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Документ «СИТИС: Эватек 1.10 Валидация и верификация эвакуационной модели СИТИС: Эватек № 4152-ТТ2.5, 19.12.2008, СИТИС» (файл «2502 Эватек Валидация и верификация.pdf»), раздел «2. Описание эвакуационной модели Эватек».

8.3.6 Краткое изложение модели и подмодели по описанию в документации

Подмодель – динамическая индивидуально-поточная

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Параметры – размер, зависимость скорости от плотности. Формой человека является эллипс. Человек движется по растровой решетке. Взаимодействие с другими людьми не описано.

Представление пространства движения: Модель рассматривает движение людей по растровой решетке с одинаковыми ячейками заданного размера. Ячейка решетки в текущий момент времени может быть свободной, либо занята одним объектом - человеком или препятствием [ВВ, стр.3].

Программа не выполняет проверку путей выходов на соответствие требованиям к путям эвакуации и эвакуационным выходам.

Программа не выполняет разбиения пути движения на участки [РП, п.2.2].

Направление движения: Выбор пути движения выполняется с помощью карты кратчайших путей [ВВ, п.2.2].

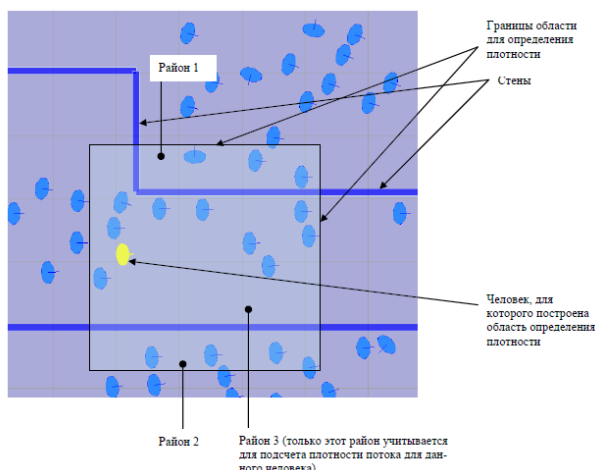
Определение плотности: Плотность рассчитывается для каждого человека отдельно: вокруг него строится прямоугольная область, в которой выполняется расчет плотности (с учетом расположения препятствий) [ВВ, п.2.3.1].

Определение скорости движения: Скорость движения – функция от плотности, рассчитанной для человека [ВВ, п.2.3.2].

Дискретизация: шаг растровой ячейки, шаг времени.

8.3.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Документ по валидации. Рисунок 2. Демонстрирует принцип расчета плотности в прямоугольной области вокруг агента.



8.3.8 Матрица сравнения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физических законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2 Источники необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
Общее описание	ДА (РП 2.2) 20/20	ДА (РП 8) 20/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20					НЕТ 0/50		
1. Представление пространства																	
1.1 Представление препятствий движения				ДА (стр.3) 10/10													НЕТ 0/10
1.2 Представление пространства движения				ДА (стр.3) 10/10													ДА (5.4) 10/10
1.3 Тип дискретизации				ДА (стр.3) 10/10													
1.4 Размеры ячейки				ДА (стр.4) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
2. Представление времени																	
2.1 Шаг времени				ДА (2.4) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
3. Представление людей																	
3.1 Форма агента				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
4. Определение скорости движения																	
4.1 Фундаментальная зависимость				ДА (2.3.2) 10/10		НЕТ 0/20									ДА (4.1,4.2) 10/10	ДА (7.2) 10/10	
4.2 Горизонтальное движение				ДА (2.3.2) 10/10		НЕТ 0/20									ДА (4.1, 5.1) 10/10	ДА (7.2) 10/10	
4.3 Наклонное движение				ДА (2.3.2) 10/10		НЕТ 0/20									ДА (5.5) 10/10	НЕТ 0/10	
4.4 Исключение столкновений				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20									НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
5. Определение направления движения																	
5.1 Выбор начального направления				ДА (2.4) 10/10		НЕТ 0/20									НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
5.2 Уточнение направления во время расчета				ДА (2.4) 10/10		НЕТ 0/20									НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
5.3 Минимальная дистанция до препятствий				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10					НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
5.4 Минимальная дистанция до людей				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10					НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
6. Ограниченное движение																	
6.1 Движение через дверь				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20									ДА (4.2) 10/10	ДА (6.1, 7.1) 10/10	
6.2 Движение по лестнице				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20									НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
7. Сложное движение																	
7.1 Противопоток				НЕТ 0/10											НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
7.2 Пересекающиеся потоки				НЕТ 0/10											НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	

8.3.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
СИТИС: Эвтек	180 / 855 = 21%	220 / 855 = 26%

8.4 Описание реализации в программе «Pathfinder» в режиме «steering»

8.4.1 Описание программы

Программа разработана Thunderhead Engineering Consultants, Inc. (США). Первая версия программы выпущена (вероятно) в 2007 году.

Программа разрабатывалась в 2005-2007 годах по заказу и гранту Национального Научного Фонда США. Этот фонд является федеральным агентством, созданным в 1950 году для «с целью продвижения

национального благосостояния и процветания, с целью защиты национальных оборонных интересов» (цитата с официального сайта www.nsf.gov). Поскольку программа была разработана на средства правительства США с стратегической целью продвижения национальных интересов как внутри страны, так и за её пределами, программа имеет сравнительно небольшую для зарубежных продуктов стоимость подписки (годовой лицензии), позволяющих конкурировать с аналогичными программами как в Европе, так и в странах других с менее развитой экономикой. Продажа конкурентоспособной программы по заниженным ценам позволяет как защитить внутренний рынок США от ранее доминирующих зарубежных программ (например английские Steps и Exodus, швейцарский SimWalk), так и замедлить или исключить собственные исследования моделирования движения людей в других странах.

Описание программы представлено на сайте <https://www.thunderheadeng.com> На сайте представлены:

- описание программы;
- документация к программе (руководство пользователя, техническое руководство, документ по валидации и верификации);
- примеры файлов;
- статьи, видеоуроки;
- демонстрационная версия.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 2018.3

8.4.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

Подмодель — зависимость скорости от попутного расстояния.

8.4.3 Документы по модели

Научно-исследовательские документы разработчика модели

Craig W. Reynolds, «Steering Behaviors For Autonomous Characters.» Proceedings of the Game Developers Conference 1999. 1999, Miller Freeman Game Group, San Francisco, California, pp. 763-782.

Heni Ben Amor, Jan Murray, and Oliver Obst, «Fast, Neat, and Under Control: Arbitrating Between Steering Behaviors,» AI Game Programming Wisdom 3, ed. S. Rabin. pp. 221-232.

8.4.4 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания	Примечания
1	users_guide-2.pdf	Pathfinder. User Manual. Thunderhead Engineering Consultants, Inc. 2018	Руководство пользователя	5317	Для версии 2018, скачен 18.01.2018	С пометкой «РП», указан номер страницы
2	tech_ref-1.pdf	Pathfinder. Technical Reference. Thunderhead Engineering Consultants, Inc. 2018	Техническое руководство	2061	Для версии 2018, скачен 18.01.2018	С пометкой «ТР», указан номер страницы
3	verification_validation_2017_2.pdf	Pathfinder 2017-2. Verification and Validation. Thunderhead Engineering Consultants, Inc.	Документ по валидации и верификации	6141	Для версии 2017.2, скачен 18.01.2018	Без пометки, указан номер страницы

Валидационные данные ссылаются на базу данных <http://ped.fz-juelich.de/db/> (на русском языке отсутствуют)

8.4.5 Декларация модели в документации

Pathfinder is an agent-based egress simulator that uses steering behaviors to model occupant motion (Техническое руководство, стр.1)

(Pathfinder – агентская модель эвакуации, использующая «управляемое поведение» для моделирования движения агентов)

Агентное моделирование (англ. agent-based model)— метод имитационного моделирования, исследующий поведение децентрализованных агентов и то, как такое поведение определяет поведение всей системы в целом.

8.4.6 Описание модели и её реализации в документации программы

Документ «Technical Reference Pathfinder 2018» (в файле tech_ref-1.pdf) полностью.

8.4.7 Краткое изложение модели по описанию в документации

Подмодель – зависимость скорости от попутного расстояния.

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Форма человека - окружность. Параметры – размер, скорость свободного движения, возможно задание зависимости скорости от плотности, ускорение, и др.. Человек движется по выбранному пути к выходу, взаимодействуя с другими людьми.

Представление пространства движения: Движение людей выполняется по треугольной навигационной сетке, препятствия моделируются отсутствием сетки [ТР, стр.13-14].

Направление движения: Каждый человек строит свой путь на основании заданных ему целей, и затем следует по этому пути, на каждом шаге рассчитывая стоимость своих действий для обхода препятствий и избегания столкновений, и выбирая минимальную стоимость.

Определение плотности: Для расчета плотности для каждого агента используется метод попутного расстояния [ТР, стр.22].

Определение скорости движения: Для агента может быть задана зависимость скорости от рассчитанной плотности, либо скорость может меняться «естественным» образом, когда человек замедляется для избегания столкновения с препятствиями и другими агентами.

Дискретизация: шаг времени

8.4.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2 Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физических законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источники необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (ТР, стр.1) 20/20	ДА (РП п.12) 20/20	НЕТ 0/5				ДА (ТР, стр.41) 20/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20					ДА (10.2) 30/50		
1. Представление пространства																	
1.1 Представление препятствий движения				ДА (ТР, стр.4) 10/10												НЕТ 0/10	
1.2 Представление пространства движения				ДА (ТР, стр.4) 10/10												НЕТ 0/10	
1.3 Тип дискретизации				ДА (ТР, стр.4) 10/10													
1.4 Размеры ячейки				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
2. Представление времени																	
2.1 Шаг времени				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
3. Представление людей																	
Форма агента				ДА (РП стр.68) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
4. Определение скорости движения																	
4.1 Фундаментальная зависимость				ДА (ТР, стр.21-22) 10/10		ДА (ТР, стр.21-22) 20/20									ДА (2.1) 10/10	НЕТ 0/10	
4.2 Горизонтальное движение				ДА (ТР, стр.21-22) 10/10		ДА (ТР, стр.21-22) 20/20									ДА (2.1, 3.3) 10/10	НЕТ 0/10	
4.3 Наклонное движение				ДА (ТР, стр.21-22) 10/10		ДА (ТР, стр.21-22) 20/20									ДА (2.4) 10/10	НЕТ 0/10	
4.4 Исключение столкновений				ДА (ТР, стр.25, 30-32) 10/10		ДА (ТР, стр.25) 20/20									ДА (2.2, 4.5) 10/10	ДА (4.1) 10/10	
5. Определение направления движения																	
5.1 Выбор начального направления				ДА (ТР, стр.12-14) 10/10		ДА (ТР, стр.12-14) 20/20									ДА (8.9, 8.10) 10/10	НЕТ 0/10	
5.2 Уточнение направления во время расчета				ДА (ТР, стр. 23-28) 10/10		ДА (ТР, стр. 23-28) 20/20									ДА (8.6) 10/10	НЕТ 0/10	
5.3 Минимальная дистанция до препятствий				ДА (ТР, стр.24) 10/10						НЕТ 0/10					НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
5.4 Минимальная дистанция до людей				ДА (ТР, стр.25) 10/10						НЕТ 0/10					НЕТ 0/10	НЕТ 0/10	
6. Ограниченное движение																	
6.1 Движение через дверь				ДА (ТР, стр.33) 10/10		НЕТ 0/20									ДА (3.1) 10/10	НЕТ 0/10	
6.2 Движение по лестнице				ДА (ТР, стр.21-22) 10/10		ДА (ТР, стр.21-22) 20/20									ДА (3.2) 10/10	ДА (4.2) 10/10	
7. Сложное движение																	
7.1 Противопоток				ДА (ТР, стр.30) 10/10											ДА (2.2) 10/10	НЕТ 0/10	
7.2 Пересекающиеся потоки				ДА (ТР, стр.30) 10/10											ДА (8.8) 10/10	НЕТ 0/10	

8.4.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Pathfinder в режиме «steering»	480 / 855 = 56 %	510 / 855 = 60%

8.5 Описание реализации в программе «Pathfinder» в режиме «SFPE»

Pathfinder в режиме SFPE – индивидуальная модель, калиброванная на зависимость скорости от плотности из поточной модели SFPE.

8.5.1 Описание программы

Программа разработана Thunderhead Engineering Consultants, Inc. (США). Первая версия программы выпущена (вероятно) в 2009 году.

Описание программы представлено на сайте <https://www.thunderheadeng.com> На сайте представлены:

- описание программы
- документация к программе (руководство пользователя, техническое руководство, документ по валидации и верификации)
- примеры файлов
- статьи, видеоуроки
- демонстрационная версия

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 2018.3

8.5.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

Подмодель – динамическая упрощенная аналитическая модель.

8.5.3 Документы по модели

Научно-исследовательские документы разработчика модели

Nelson, H. E., and Mowrer, F. W. «Emergency Movement.» The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering Ed. DiNenno, P., and Walton, D. W. National Fire Protection Association 2002. 3-367 - 3-380.

Engineering Guide - Human Behavior in Fire. June, 2003. Society of Fire Protection Engineers. 7315 Wisconsin Avenue, Suite 620E Bethesda Maryland USA 1-301-718-2910.

SFPE Handbook of Fire Protection Engineering, 5th Edition. Society of Fire Protection Engineers. 7315 Wisconsin Avenue, Suite 620E Bethesda Maryland USA 1-301-718-2910.

8.5.4 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания	Примечания
1	users_guide-2.pdf	Pathfinder. User Manual. Thunderhead Engineering Consultants, Inc. 2018	Руководство пользователя	5317	Для версии 2018, скачен 18.01.2018	С пометкой «РП», указан номер страницы
2	tech_ref-1.pdf	Pathfinder. Technical Reference. Thunderhead Engineering Consultants, Inc. 2018	Техническое руководство	2061	Для версии 2018, скачен 18.01.2018	С пометкой «ТР», указан номер страницы
3	verification_validation_2017_2.pdf	Pathfinder 2017-2. Verification and Validation. Thunderhead Engineering Consultants, Inc.	Документ по валидации и верификации	6141	Для версии 2017.2, скачен 18.01.2018	Без пометки, указан номер страницы

Валидационные данные ссылаются на базу данных <http://ped.fz-juelich.de/db/> (на русском языке отсутствуют)

8.5.5 Декларация модели в документации

Pathfinder provides the option to calculate motion in an SFPE Mode. This mode implements the flow-based egress modeling techniques presented in the SFPE Handbook of Fire Protection Engineering [Nelson and Mowrer, 2002] and the SFPE Engineering Guide: Human Behavior in Fire [SFPE, 2003]. (Техническое руководство, стр.16)

(Pathfinder дает возможность рассчитывать движение в режиме SFPE. Этот режим использует приемы моделирования эвакуации, основанные на потоках, описанные в SFPE Handbook of Fire Protection Engineering [Nelson and Mowrer, 2002] и SFPE Engineering Guide: Human Behavior in Fire [SFPE, 2003])

8.5.6 Описание модели и её реализации в документации программы

Документ «Technical Reference Pathfinder 2018» (в файле tech_ref-1.pdf) полностью.

8.5.7 Краткое изложение модели по описанию в документации

Подмодель – динамическая упрощенная аналитическая модель.

Понятия, с которыми работает реализация модели:

Граница (Препятствие) – объект на плоскости, которое не могут пересекать люди при моделировании движения

Дверь – объект в препятствии, через который могут проходить люди. Пропускная способность дверей рассчитывается исходя из плотности людей в помещениях, которые соединяет дверь [ТР, стр.19].

Помещение – часть пространства, ограниченная замкнутыми границами (препятствиями), в которых есть одна или несколько дверей.

Человек – агент, индивидуально взаимодействующий с другими агентами, препятствиями и объектами. Для агента индивидуально задается размер в виде окружности и фундаментальная зависимость скорости от плотности, с учетом зависимости скорости от наклона пола, рампы или лестницы, направления движения вверх или вниз. Агенты не взаимодействуют друг с другом при движении, но взаимодействуют с границами [ТР, стр.20].

Представление пространства движения: Набор помещений, соединенных дверьми. Свободное для движение пространство внутри помещений представляется в виде треугольной навигационной сетке. Препятствия внутри помещения моделируются отсутствием сетки [ТР, стр.13-14].

Навигационная сетка строится на основе заданных пользователем помещений произвольной формы. Помещение имеет границы, которые агенты не могут пересекать. Переход из одного помещения в другое выполняется через двери. [ТР, стр.4-5]. Скорость агента в помещении рассчитывается исходя из плотности агентов в помещении [ТР, стр.17].

Направление движения: Каждый человек строит свой путь на основании заданных ему целей, и затем следует по этому пути, на каждом шаге рассчитывая стоимость своих действий для обхода препятствий и избегания столкновений, и выбирая минимальную стоимость.

Определение плотности: Плотность людей в помещении рассчитывается для помещения в целом как отношение площади находящихся в помещении людей к площади навигационной сетки в помещении. [ТР, стр.18].

Определение скорости движения человека: Зависимость скорости человека от плотности в помещении, где он находится, рассчитывается по формулам SFPE [ТР, стр.17]. Пропускная способность дверей рассчитывается исходя из плотности людей в помещениях, которые соединяет дверь [ТР, стр.19]. В дверях люди образуют «очереди». Скорость на лестницах кроме плотности зависит также от наклона лестницы [ТР, стр.17]. Скорость на пандусах рассчитывается так же, как в помещениях.

Дискретизация: шаг времени

Краткое описание реализации

Для каждого помещения определяется плотность.

Для каждого человека определяется скорость по заданной для него функции скорости от плотности. Используется плотность, рассчитанная для помещения в целом, а не для участка в этом помещении, на котором находится человек.

Для каждого человека определяется направление движения путем построения пути движения к заданной цели и выборе направления движения на каждом шаге расчета.

Для каждого человека определяется скорость на временном шаге, в зависимости от скорости человека и расстояния до других людей и препятствий, находящихся спереди и сбоку рассматриваемого человека.

Каждый человек перемещается в выбранном направлении на расстояние, равное шагу времени умноженному на определенную на шаге скорость.

8.5.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2 Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физических законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат. методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (ТР, стр.1) 20/20	ДА (РП п.12) 20/20	НЕТ 0/5				ДА (ТР, стр.41) 20/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20					ДА (10.2) 30/50		
1. Представление пространства																	
1.1 Представление препятствий движения				ДА (ТР, стр.4) 10/10												НЕТ 0/10	
1.2 Представление пространства движения				ДА (ТР, стр.4) 10/10												НЕТ 0/10	
1.3 Тип дискретизации				ДА (ТР, стр.4) 10/10													
1.4 Размеры ячейки				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
2. Представление времени																	
2.1 Шаг времени				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
3. Представление людей																	
Форма агента				ДА (РП стр.68) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
4. Определение скорости движения																	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
4.1 Фундаментальная зависимость				ДА (ТР, стр.17) 10/10		ДА (ТР, стр.17) 20/20										ДА (2.1) 10/10	НЕТ 0/10
4.2 Горизонтальное движение				ДА (ТР, стр.17) 10/10		ДА (ТР, стр.17) 20/20										ДА (2.1, 3.3) 10/10	НЕТ 0/10
4.3 Наклонное движение				ДА (ТР, стр. 17-18) 10/10		ДА (ТР, стр. 17-18) 20/20										ДА (2.4) 10/10	НЕТ 0/10
4.4 Исключение столкновений				ДА (ТР, стр.20) 10/10		НЕТ 0/20										ДА (2.2, 4.5) 10/10	ДА (4.1) 10/10
5. Определение направления движения																	
5.1 Выбор начального направления				ДА (ТР, стр. 12-14) 10/10		ДА (ТР, стр. 12-14) 20/20										ДА (8.9, 8.10) 10/10	НЕТ 0/10
5.2 Уточнение направления во время расчета				ДА (ТР, стр. 23-28) 10/10		ДА (ТР, стр. 23-28) 20/20										ДА (8.6) 10/10	НЕТ 0/10
5.3 Минимальная дистанция до препятствий				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
5.4 Минимальная дистанция до людей				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
6. Ограниченное движение																	
6.1 Движение через дверь				ДА (ТР, стр. 19-20) 10/10		ДА (ТР, стр. 19-20) 20/20										ДА (3.1) 10/10	НЕТ 0/10
6.2 Движение по лестнице				ДА (ТР, стр. 17-18) 10/10		ДА (ТР, стр. 17-18) 20/20										ДА (3.2) 10/10	ДА (4.2) 10/10
7. Сложное движение																	
7.1 Противопоток				ДА (ТР, стр.30) 10/10												ДА (2.2) 10/10	НЕТ 0/10
7.2 Пересекающиеся потоки				ДА (ТР, стр.30) 10/10												ДА (8.8) 10/10	НЕТ 0/10

8.5.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Pathfinder в режиме «SFPE»	460 / 855 = 54 %	490 / 855 = 57%

9. Программируемые настраиваемые модели

9.1 Описание модели

9.1.1 Документы по модели

Нормативный документ, в котором приведено описание модели

Отсутствует.

Методические документы, в которых приведены руководства по модели

Отсутствует.

Научно-исследовательские документы разработчиков модели

К программируемым настраиваемым моделям, из числа известных авторам, относятся модель Vadere, разработанная в 2016 году Университете прикладной науки, Мюнхен, Германия, и модель СИТИС: РесТек, разработанная в том же году ООО «СИТИС».

Информация по модели Vadere доступна на сайте vadere.org.

Информация по модели СИТИС: РесТек изложена в документации пользователя и документации программиста к соответствующей программе.

Опубликованные экспериментальные данные по валидации модели

Могут быть использованы данные из других моделей

Опубликованные данные для верификации численной реализации модели

Могут быть использованы данные из других моделей

9.1.2 Классификация модели

Тип модели – настраиваемая модель, неаккредитованная, несертифицируемая, оригинальная.

Модель неаккредитованная, поскольку не описана нормативных документах.

Модель несертифицируемая, поскольку не содержится требований к реализации модели в виде компьютерной программы.

9.1.3 Краткое изложение модели

Настраиваемые модели являются обобщением модели индивидуального движения, изложение настраиваемой модели полностью соответствует описанию модели индивидуального движения.

9.1.4 Сравнительная метрика

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физических законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	20	20	5				20	20	20	20					50		
1. Представление пространства																	
1.1 Представление препятствий движения				10												10	
1.2 Представление пространства движения				10												10	
1.3 Тип дискретизации				10													
1.4 Размеры ячейки				10						10							10
2. Представление времени																	
2.1 Шаг времени				10						10							10
3. Представление людей																	
3.1 Форма агента				10						10							10
4. Определение скорости движения																	
4.1 Фундаментальная зависимость				10		20										10	10
4.2 Горизонтальное движение				10		20										10	10
4.3 Наклонное движение				10		20										10	10
4.4 Исключение столкновений				10		20										10	10
5. Определение направления движения																	
5.1 Выбор начального направления				10		20											10
5.2 Уточнение направления во время расчета				10		20											10
5.3 Минимальная дистанция до препятствий				10						10							10
5.4 Минимальная дистанция до людей				10						10							10
6. Ограниченное движение																	
6.1 Движение через дверь				10		20											10
6.2 Движение по лестнице				10		20											10
7. Сложное движение																	
7.1 Противопоток				10													10
7.2 Пересекающиеся потоки				10													10

Общее количество применимых требований - 68

Максимальное количество баллов – 50

Общее количество баллов - 855

9.2 Описание реализации в программе «СИТИС:РесТек»

9.2.1 Описание программы

Программа разработана ООО «СИТИС» (г. Екатеринбург). Первая версия программы выпущена в 2016 году.

Описание программы представлено на официальном сайте ООО «СИТИС» www.sitis.ru представлены

- описание программы;
- документация к программе (руководство пользователя, руководство программиста);
- лицензионный договор;
- регламент технической поддержки.

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 1.0.

9.2.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

9.2.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания	Примечания
1	3541-10-РП-1_РесТек_1.00_руководство_пользователя_2016.12.05.pdf	3541-10-РП-1 СИТИС: РесТек 1.00. Руководство пользователя. Редакция 1. 05.12.2016	Руководство пользователя	1527	5.12.2016	С пометкой «П», указан номер пункта
2	3541-10-РПР-1_РесТек_1.00_руководство_программиста_2016.12.01.pdf	3541-10-РПР-1 СИТИС: РесТек 1.00. Руководство программиста. Редакция 1. 05.12.2016	Руководство программиста	866	5.12.2016	Без пометки, указан номер пункта

9.2.4 Декларация модели в документации

В документации не указана.

9.2.5 Описание модели и её реализации в документации программы

По существу программа СИТИС: РесТек является не реализацией одной или нескольких конкретных подмоделей модели индивидуального движения, а программной средой (платформой) для реализации

произвольных подмоделей. В программе каждый агент, которым является человек, препятствие, дверь, проем и вообще любой элемент, может программироваться индивидуально на встроенном скриптовом языке. Все агенты взаимодействуют между собой через систему обмена сообщениями и функции анализа геометрического окружения при помощи вызова функций API (Application Program Interface – прикладной интерфейс программы). По существу каждый агент является самостоятельной программой, взаимодействующей с другими агентами по индивидуальному алгоритму.

В отличие от других рассмотренных программ моделируемое пространство является трехмерным, а не двухмерным. Пространство и агенты имеют как трехмерное объемное представление, так и двумерное представление проекции агента на основание («пол») трехмерного пространства. Программа позволяет оперировать несколькими связанными между собой пространствами. Агенты могут переноситься другими агентами из пространства в пространство. Например агент-лифт может переносить агента-человека из пространства «Первый этаж» в пространство «Другой этаж». Все агенты имеют несколько форм, которые могут переключаться при моделировании, например формы человека могут быть в режимах «ходьба», «бег», «на четвереньках», «ползком», формы двери в режимах «открыто», «открыта левая створка», «закрыто» и т.п. Движение агента может осуществляться как по горизонтали, так и по вертикали. Все агенты могут появляться или исчезать в процессе моделирования, например, агент дверь может «открыться» или «закрыться». Также агентами могут быть поля опасных факторов пожара, полученные из других программ.

Функции, включенные в библиотеку API программы, позволяют моделировать следующие аспекты движения людей:

Форма проекции агентов – произвольная форма, представляемая многоугольником.

Трехмерная форма агентов – произвольная сетка из треугольников.

Выбор пути – кратчайшее расстояние; кратчайшей расстояние для агента заданной ширины (позволяет учитывать минимальную ширину проема двери, через которую может пройти агент и т.п.), кратчайшей расстояние для агента через проемы с заданной трудностью прохода (позволяет моделировать аварийные выходы и процессы спасения).

Фундаментальные зависимости – зависимости скорости от плотности, попутного расстояния, социальных сил.

Столкновения – анализ расстояний по пути движения для исключения столкновений.

Сообщения – передача сообщений, моделирующих голос, радиообмен, включение устройств, сигналы датчиков, автоматическое включение и т.п.

Топология путей движения - дискретная растровая сетка, статические участки, динамические участки, помещения

Препятствия - стены разной высоты, оборудование и мебель.

Проемы – произвольные проемы, двери, окна.

Группы – агенты могут являться группами агентов. Например, социальная группа – семья. Функциональная группа – два человека, несущие носилки, человек, катящий инвалидную коляску с маломобильным человеком.

9.2.6 Краткое изложение реализации адаптации модели по описанию в документации

Изложены описание адаптации модели к динамической индивидуально-поточной подмодели. Реализация адаптации представлена в примере, поставляемом вместе с программой.

Подмодель – динамическая индивидуально-поточная.

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Параметры – размер, скорость, может быть задана зависимость скорости от плотности. Формой человека является полигон. Человек движется по путям эвакуации. Взаимодействие с другими людьми не описано.

Представление пространства движения: Модель рассматривает движение людей по растровой решетке [РП, п.2.7.1]. Ячейка решетки в текущий момент времени может быть свободной, либо занята одним объектом - человеком или препятствием.

Программа не выполняет проверку путей выходов на соответствие требованиям к путям эвакуации и эвакуационным выходам.

В программе могут быть заданы участки пути [РП, п.10.1, 10.2].

Направление движения: Выбор пути движения выполняется с помощью карты кратчайших путей [РП, п.2.7.4], с учетом огибания препятствий [РП, п.2.7.5] и взаимодействия с динамическими препятствиями [РП, п.2.9].

Определение плотности: В программе могут быть заданы участки пути, и выполняться определение плотности на участке пути в целом, либо плотность может быть рассчитана для каждого человека в отдельности в области вокруг него [РП, п.10.1, 10.2].

Определение скорости движения: Скорость движения может быть задана как функция от плотности, либо другой зависимостью.

Дискретизация: растр, шаг моделирования.

9.2.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

9.2.8 Матрица сравнения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
	1.1. Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3. Технико-экономическое обоснования	1.2.1. Основная концептуальная модель	1.2.2. Теоретическая основа явления и физических законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат. методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
Общее описание	ДА (1.1.1) 20/20	ДА (9) 20/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20					НЕТ 0/50		
1. Представление пространства																	
1.1 Представление препятствий движения				НЕТ 0/10													НЕТ 0/10
1.2 Представление пространства движения				ДА (2.3.5) 10/10													НЕТ 0/10
1.3 Тип дискретизации				ДА (2.7.1) 10/10													
1.4 Размеры ячейки				ДА (2.7.2) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
2. Представление времени																	
2.1 Шаг времени				ДА (2.2.3) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
3. Представление людей																	
Форма агента				ДА (2.4.7) 10/10						НЕТ 0/10							НЕТ 0/10
4. Определение скорости движения																	
4.1 Фундаментальная зависимость				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20										НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
4.2 Горизонтальное движение				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20										НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
4.3 Наклонное движение				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20										НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
4.4 Исключение столкновений				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20										НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
5. Определение направления движения																	
5.1 Выбор начального направления				ДА (2.8.2.9) 10/10		НЕТ 0/20										НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
5.2 Уточнение направления во время расчета				ДА (2.8.2.9) 10/10		НЕТ 0/20										НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
5.3 Минимальная дистанция до препятствий				ДА (2.4.14) 10/10						НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
5.4 Минимальная дистанция до людей				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
6. Ограниченное движение				НЕТ 0/10													
6.1 Движение через дверь				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20										НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
6.2 Движение по лестнице				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20										НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
7. Сложное движение				НЕТ 0/10													
7.1 Противопоток				НЕТ 0/10												НЕТ 0/10	НЕТ 0/10
7.2 Пересекающиеся потоки				НЕТ 0/10												НЕТ 0/10	НЕТ 0/10

9.2.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
СИТИС: РесТек	0	100 / 855 = 14%

10. Адаптированные модели

10.1 Адаптация «Pathfinder» в режиме «steering mode» к индивидуально-поточной модели

10.1.1 Описание программы

Программа разработана Thunderhead Engineering Consultants, Inc. (США). Первая версия программы выпущена в 2009 году.

Адаптация выполнена ИП Карькин Илья Николаевич (г. Екатеринбург). Описание программы представлено на сайте <https://pyrosim.ru/>

На сайте представлены:
 — описание программы;
 — документация к программе (руководство пользователя, руководство по адаптации, схема работы с программой);
 — примеры файлов;
 — видеоуроки;
 — демонстрационная версия.
 В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 2018.3

10.1.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

10.1.3 Документация

В составе документации адаптированной модели отсутствует более половины документации оригинальной программы – отсутствует техническое руководство к программе и руководство по валидации и верификации.

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	Pathfinder_rus_manual.pdf	Pathfinder. Руководство пользователя. Thunderhead Engineering Consultants, Inc. Перевод FireCat. 2018	Руководство пользователя	6001	скачен 16.01.2018 (для версии Pathfinder 2018)	С пометкой «РП», указана страница
2	Настройка параметров движения.pdf	Работа в программном комплексе FireCat. Настройка параметров движения для людей различных групп мобильности в Pathfinder 2017.2. Редакция 5. 31.05.2017	Документ по настройке параметров движения	2200	31.05.2017 (для версии 2017.2)	Без пометки, указан номер пункта

10.1.4 Определение модели в документации

Задача данного документа состоит в описании параметров моделирования, которые необходимо задать в программе Pathfinder для того, чтобы результаты расчетов соответствовали приложению №3 «Математическая модель индивидуально-поточного движения людей из здания» методики расчета индивидуального пожарного риска, утвержденной приказом МЧС №382 от 30.06.09 с учетом изменений от 12.12.11 №749 и 02.12.15 №632. (Документ по настройке параметров движения, п.1)

10.1.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Отсутствует.

10.1.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Тип подмодели – динамическая упрощенная аналитическая

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Форма человека - окружность. Параметры – размер, зависимость скорости от плотности, ускорение, и др. Человек движется по выбранному пути к выходу, огибая препятствия, взаимодействуя с другими людьми.

Представление пространства движения: Движение людей выполняется по треугольной навигационной сетке [РП, стр.10].

Разбиение на участки пути не выполняется.

Направление движения: не описано

Определение плотности: не описано

Определение скорости движения: задана зависимость скорости от плотности.

Дискретизация: шаг времени

10.1.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

10.1.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3. Технич.-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
Общее описание	ДА (РП стр.8) 20/20	ДА (РП стр.120) 20/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				НЕТ 0/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 рабочие места, места для зрителей, спальные места и т.п. допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования. (абз.4)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				НЕТ 0/10													
1.2.2.2 дверной проем				НЕТ 0/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2.4 лестничный марш				НЕТ 0/10													
1.2.2.5 пандус				НЕТ 0/10													
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.2 минимальная высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				НЕТ 0/10													
1.4.2 последующие участки				НЕТ 0/10													
1.4.3 эвакуационные выходы				ДА (РП стр.47) 10/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				ДА (РП стр.75) 10/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Координаты																	
2.1.1 Координата человека в момент времени t (ПЗ.1, ПЗ.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.2 Функция скорости																	
2.2.1 Скорость человека зависит от локальной плотности (прил.2 табл. П2.1, прил.5, табл. П5.7, П5.8)				ДА (2.1) 10/10		ДА (2.1) 20/20											
2.3 Плотность																	
2.3.1. Локальная плотность (ПЗ.2)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Плотность на эваку.участке (ПЗ.5)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.4 Интенсивность движения																	
2.4.1. Интенсивность движения потока определяется в зависимости от плотности на участке (абз.11)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5. Кол-во людей, переходящих с участка на участок (ПЗ.4, абз.13)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (прил.5 П5.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.6.4. Шаг времени				ДА 10/10							НЕТ 0/10						
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на начальных участках				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)				ДА (3.1) 10/10						НЕТ 0/10	ДА (3.1) 2/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				ДА (2.1, 3.4) 10/10						НЕТ 0/10	ДА (2.1, 3.4) 2/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (НЕАТТЕСТОВАННЫЕ) СВОЙСТВА																	

10.1.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Адаптация «Pathfinder-steering mode»	0	124 / 939 = 13%

10.2 Адаптация «Pathfinder» в режиме «SFPE» к упрощенной аналитической модели

10.2.1 Описание программы

Программа разработана Thunderhead Engineering Consultants, Inc. (США). Первая версия программы выпущена (вероятно) в 2009 году.

Адаптация выполнена ООО «СИТИС» (г. Екатеринбург).

10.2.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

10.2.3 Документация

В составе документации адаптированной модели отсутствует более половины документации оригинальной программы – отсутствует техническое руководство к программе и руководство по валидации и верификации.

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания, номер версии	Примечания
1	Адаптация программы Pathfinder в режиме «SFPE».doc	Адаптация программы Pathfinder в режиме «SFPE» к упрощенной аналитической модели	Документ по настройке параметров движения		23.08.2018	

10.2.4 Декларация модели в документации

Адаптация программы Pathfinder в режиме «SFPE» к упрощенной аналитической модели (стр.1)

10.2.5 Описание модели и её реализации в документации программы

Документ «Адаптация программы Pathfinder в режиме «SFPE» к упрощенной аналитической модели»

10.2.6 Краткое изложение модели по описанию в документации

Модель SFPE представляет собой вариацию упрощенной аналитической модели. Модель рассматривает движение сформировавшихся людских потоков по однонаправленному графу участков пути эвакуации.

В Pathfinder людские поток формируются из отдельных людей. Для человека индивидуально задается размер в виде окружности и фундаментальная зависимость скорости от плотности, с учетом зависимости скорости от наклона пола, рампы или лестницы, направления движения вверх или вниз. Агенты не взаимодействуют друг с другом при движении, но взаимодействуют с границами помещений.

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Достаточность людей для формирования потока учитывается пользователями (стр.2)

Представление пространства движения: Пространство движения представляется в модели помещениями, лестницами и рампами. Пользователь должен сам определять соответствие их требованиями к путям эвакуации (стр.2)

Направление пути движения: Не описано.

Определение плотности: Плотность потока рассчитывается для помещения (стр.1)

Определение скорости движения: Скорость потока задается в зависимости от плотности и типа пути (стр.1). Пропускная способность двери зависит от плотности (стр.1)

Дискретизация: отсутствует

10.2.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

10.2.8 Матрица сравнения

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
	1.1.1. Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3. Технико-экономическое обоснования	1.2.1. Основная концептуальная модель	1.2.2. Теоретическая основа явления и физ. законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат. методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источники необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы/данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
Общее описание	ДА (стр.1) 20/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1. Форма																	
1.1.1.1. Длина (абз.2)																	
1.1.1.2. Ширина (абз.2)																	
1.1.1.3. Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)																	
1.1.2. Направление движения потока на участке (только в одном направлении)																	
1.2 Типы участков																	
1.2.1. Начальные участки																	
1.2.1.1. проходы - между рядами кресел, между рабочими местами, между оборудованием (абз.2)																	
1.2.2. Участки																	
1.2.2.1. горизонтальный																	
1.2.2.2. дверной проем																	
1.2.2.3. проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (абз.3)																	
1.2.2.4. лестничный марш																	
1.2.2.5. пандус																	
1.2.3. Участки слияния потоков (рис. П2.1)																	
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1. объемно-планировочные																	
1.3.2. минимальная высота																	
1.3.3. минимальная ширина																	
1.3.4. максимальный уклон																	
1.3.5. минимальное количество ступеней																	
1.4 Топология участков																	
1.4.1. первый участок, для которого задается начальная плотность																	
1.4.2. последующие участки																	
1.4.3. эвакуационные выходы																	
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1. расположение																	
1.5.2. ширина																	
1.5.3. высота																	
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)																	
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Функция скорости																	
2.1.1. скорость зависит от плотности потока на первом участке (табл. П2.1.)																	
2.1.2. Скорость зависит от интенсивности на последующих участках (формула П2.4, табл. П2.1)																	
2.1.3. При $q > q_{max}$ скорость определяется по табл.П2.1. при $D=0.9$																	
2.2 Плотность потока																	
2.2.1.Первый участок (П2.3)																	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
2.3 Интенсивность движения потока																	
2.3.1. Первый участок (табл. П2.1, формула П2.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Последующие участки (П2.4)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3.3 При $q > q_{max}$ интенсивность определяется по табл.П2.1. при $D=0.9$				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.4 Слияние двух и более потоков на участке																	
2.4.1 Интенсивность движения (П2.7)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (П2.1, П2.10)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.2 Время движения по первому участку (П2.2)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.3 время движения по последующим участкам (П2.5)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ																	
3.1. Количество людей на первом участке				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4,5)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (абз.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.5. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				ДА (стр.6) 10/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			

10.2.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Адаптация «Pathfinder» в режиме «SFPE»	0	110 / 1009 = 11%

10.3 Адаптация «СИТИС:Рестек» к динамической индивидуально-поточной модели

10.3.1 Описание программы

Программа разработана ООО «СИТИС» (г. Екатеринбург). Первая версия программы выпущена в 2016 году.

Описание программы представлено на официальном сайте ООО «СИТИС» www.sitis.ru представлены

- описание программы
- документация к программе (руководство пользователя, руководство программиста)
- лицензионный договор
- регламент технической поддержки

В настоящее время (август 2018 г.) текущая версия программы – 1.0.

10.3.2 Классификация реализации модели

Компьютерная программа, несертифицируемая.

10.3.3 Документация

№	Название файла	Название документа	Тип документа	Размер файла, кб	Дата создания или скачивания	Примечания
1	3541-10-РП-1_Рестек_1.00_руководство_пользователя_2016.12.05.pdf	3541-10-РП-1 СИТИС: Рестек 1.00. Руководство пользователя. Редакция 1. 05.12.2016	Руководство пользователя	1527	5.12.2016	С пометкой «П», указан номер пункта
2	3541-10-РП-1_Рестек_1.00_руководство_программиста_2016.12.01.pdf	3541-10-РП-1 СИТИС: Рестек 1.00. Руководство программиста. Редакция 1. 05.12.2016	Руководство программиста	866	5.12.2016	Без пометки, указан номер пункта

10.3.4 Декларация модели в документации

В документации не указана.

10.3.5 Описание модели и её реализации в документации программы

По существу программа СИТИС: Рестек является не реализацией одной или нескольких конкретных подмоделей модели индивидуального движения, а программной средой (платформой) для реализации

произвольных подмоделей. В программе каждый агент, которым является человек, препятствие, дверь, проем и вообще любой элемент, может программироваться индивидуально на встроенном скриптовом языке. Все агенты взаимодействуют между собой через систему обмена сообщениями и функции анализа геометрического окружения при помощи вызова функций API (Application Program Interface – прикладной интерфейс программы). По существу каждый агент является самостоятельной программой, взаимодействующей с другими агентами по индивидуальному алгоритму.

В отличие от других рассмотренных программ моделируемое пространство является трехмерным, а не двухмерным. Пространство и агенты имеют как трехмерное объемное представление, так и двумерное представление проекции агента на основание («пол») трехмерного пространства. Программа позволяет оперировать несколькими связанными между собой пространствами. Агенты могут переноситься другими агентами из пространства в пространство. Например агент-лифт может переносить агента-человека из пространства «Первый этаж» в пространство «Другой этаж». Все агенты имеют несколько форм, которые могут переключаться при моделировании, например формы человека могут быть в режимах «ходьба», «бег», «на четвереньках», «ползком», формы двери в режимах «открыто», «открыта левая створка», «закрыто» и т.п. Движение агента может осуществляться как по горизонтали, так и по вертикали. Все агенты могут появляться или исчезать в процессе моделирования, например, агент дверь может «открыться» или «закрыться». Также агентами могут быть поля опасных факторов пожара, полученные из других программ.

Функции, включенные в библиотеку API программы, позволяют моделировать следующие аспекты движения людей:

Форма проекции агентов – произвольная форма, представляемая многоугольником.

Трехмерная форма агентов – произвольная сетка из треугольников.

Выбор пути – кратчайшее расстояние; кратчайшее расстояние для агента заданной ширины (позволяет учитывать минимальную ширину проема двери, через которую может пройти агент и т.п.), кратчайшее расстояние для агента через проемы с заданной трудностью прохода (позволяет моделировать аварийные выходы и процессы спасения).

Фундаментальные зависимости – зависимости скорости от плотности, попутного расстояния, социальных сил.

Столкновения – анализ расстояний по пути движения для исключения столкновений.

Сообщения – передача сообщений, моделирующих голос, радиообмен, включение устройств, сигналы датчиков, автоматическое включение и т.п.

Топология путей движения - дискретная растровая сетка, статические участки, динамические участки, помещения

Препятствия - стены разной высоты, оборудование и мебель.

Проемы – произвольные проемы, двери, окна.

Группы – агенты могут являться группами агентов. Например, социальная группа – семья. Функциональная группа – два человека, несущие носилки, человек, катящий инвалидную коляску с маломобильным человеком.

10.3.6 Краткое изложение реализации адаптации модели по описанию в документации

Изложены описание адаптации модели к динамической индивидуально-поточной подмодели. Реализация адаптации представлена в примере, поставляемом вместе с программой.

Подмодель – динамическая индивидуально-поточная

Понятия, с которыми работает модель: Человек. Параметры – размер, скорость, может быть задана зависимость скорости от плотности. Формой человека является полигон. Человек движется по путям эвакуации. Взаимодействие с другими людьми не описано.

Представление пространства движения: Модель рассматривает движение людей по растровой решетке [РП, п.2.7.1]. Ячейка решетки в текущий момент времени может быть свободной, либо занята одним объектом - человеком или препятствием.

Программа не выполняет проверку путей выходов на соответствие требованиям к путям эвакуации и эвакуационным выходам.

В программе могут быть заданы участки пути [РП, п.10.1, 10.2].

Направление движения: Выбор пути движения выполняется с помощью карты кратчайших путей [РП, п.2.7.4], с учетом огибания препятствий [РП, п.2.7.5] и взаимодействия с динамическими препятствиями [РП, п.2.9].

Определение плотности: В программе могут быть заданы участки пути, и выполняться определение плотности на участке пути в целом, либо плотность может быть рассчитана для каждого человека в отдельности в области вокруг него [РП, п.10.1, 10.2].

Определение скорости движения: Скорость движения может быть задана как функция от плотности, либо другой зависимостью.

Дискретизация: растр, шаг моделирования.

10.3.7 Графические иллюстрации реализации параметров модели

Отсутствует.

10.3.8 Матрица сравнения

	1.1.1 Решаемая задача	1.1.2. Описание результатов метода расчета	1.1.3 Технико-экономическое обоснования	1.2.1 Основная концептуальная модель	1.2.2 Теоретическая основа явления и физ.законов	1.3.1. Основные уравнения	1.3.2. Мат.методы, вычислительные алгоритмы	1.3.3. Допущения, ограничения	1.3.4. Точность результатов алгоритмов	1.3.5. Анализ чувствительности	1.4.1. Необходимые входные данные	1.4.2. Источник необходимых данных	1.4.3. Необходимые вспомогательные программы или внешние файлы данных	1.4.4. Информация о библиотеках данных	3.1. Сравнение полного метода расчета с результатами	3.2. Сравнение подмоделей с результатами	3.3. Анализ чувствительности
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
Общее описание	ДА (1.1.1) 20/20	ДА (9) 20/20	НЕТ 0/5				НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20	НЕТ 0/20							
1. ПУТИ ДВИЖЕНИЯ ЛЮДСКОГО ПОТОКА																	
1.1. Параметры участков пути движения																	
1.1.1 Форма																	
1.1.1.1 Длина (абз.2)				ДА (2.3.7) 10/10													
1.1.1.2 Ширина (абз.2)				ДА (2.3.7) 10/10													
1.1.1.3 Ширина пути при участке неограниченной ширины (прил 5, п.2)				НЕТ 0/10													
1.1.2 Направление движения потока на участке (только в одном направлении)				НЕТ 0/10													
1.2 Типы участков																	
1.2.1 Начальные участки																	
1.2.1.1 рабочие места, места для зрителей, спальные места и т.п. допускается размещать людей равномерно по всей площади помещения с учетом расстановки технологического оборудования. (абз.4)				НЕТ 0/10													
1.2.2 Участки																	
1.2.2.1 горизонтальный				ДА (2.3.5) 10/10													
1.2.2.2 дверной проем				НЕТ 0/10													
1.2.2.3 проем глубиной более 0.7 является самостоятельным участком (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10													
1.2.2.4 лестничный марш				НЕТ 0/10													
1.2.2.5 пандус				НЕТ 0/10													
1.3 Требования к путям эвакуации (ФЗ-123)																	
1.3.1 объемно-планировочные				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.2 минимальная высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.3 минимальная ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.4 максимальный уклон				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.3.5 минимальное количество ступеней				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.4 Топология участков																	
1.4.1 первый участок, для которого задается начальная плотность				НЕТ 0/10													
1.4.2 последующие участки				НЕТ 0/10													
1.4.3 эвакуационные выходы				НЕТ 0/10													
1.5 Требования к эвакуационным выходам (ФЗ-123)																	
1.5.1 расположение				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.2 ширина				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.5.3 высота				НЕТ 0/10							НЕТ 0/10						
1.6 Направление движения по путям эвакуации (прил. 5, п.2)				НЕТ 0/10													
2. ЗАВИСИМОСТИ																	
2.1 Координаты																	
2.1.1. Координата человека в момент времени t (ПЗ.1, ПЗ.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.2 Функция скорости																	
2.2.1 Скорость человека зависит от локальной плотности (прил.2 табл. П2.1, прил.5, табл. П5.7, П5.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.3 Плотность																	
2.3.1. Локальная плотность (ПЗ.2)				ДА (10.2.3) 10/10		НЕТ 0/20											
2.3.2. Плотность на эваку.участке (ПЗ.5)				ДА (10.1.4) 10/10		НЕТ 0/20											
2.4 Интенсивность движения																	

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	20	21	22
2.4.1. Интенсивность движения потока определяется в зависимости от плотности на участке (абз.11)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5. Кол-во людей, переходящих с участка на участок (П3.4, абз.13)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5 Время движения																	
2.5.1 Расчетное время эвакуации (прил.5 П5.3)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20											
2.5.4 время задержки (П2.8)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20				НЕТ 0/10							
2.5.5 время существования скопления (П2.9)				НЕТ 0/10		НЕТ 0/20				НЕТ 0/10							
3. ИСХОДНЫЕ ДАННЫЕ										НЕТ 0/10							
3.1. Количество людей на начальных участках				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.2. Площадь проекции людей (прил.5, п.4.5)				ДА (П4.1) 10/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.3. Размещение людей в наиболее удаленных от эвакуационных выходов местах (прил.5 п.2)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10							
3.4. Время начала эвакуации (прил.5, п.1)				НЕТ 0/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
3.6. Параметры движения людских потоков (прил. 5, П 5.7 - П 5.9.)				ДА (П5) 10/10						НЕТ 0/10	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2	НЕТ 0/2			
4. ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ (НЕАТТЕСТОВАННЫЕ) СВОЙСТВА																	

10.3.9 Индекс выполнения требований

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
СИТИС: РесТек	0	100 / 939 = 11%

11. Результаты анализа и обсуждение

11.1 Таблица индексов выполнения требований для рассмотренных программ

Программа	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели по техническому блоку документации	Экспертная оценка реализации заявленной разработчиком модели с учетом рассмотрения технической информации из других (не технических) разделов документации
Оригинальные модели		
Упрощенная аналитическая поточная модель		
СИТИС: Флоутек	648 / 1009 = 64%	698 / 1009 = 69%
ТОХI+Risk	0	138 / 1009 = 14%
Фогард-РВ	0	180 / 1009 = 18%
GreenLine	0	50 / 1009 = 5%
Имитационно-стохастическая поточная модель		
СИТИС: Флоутек	498 / 891 = 56%	538 / 891 = 60%
Индивидуально-поточная модель		
Fenix+	0	126 / 939 = 13%
Сигма-ПБ	0	60 / 939 = 6%
Фогард-РВ	0	120 / 939 = 13%
Urban	0	50 / 939 = 5%
Модель индивидуального движения		
СИТИС: Эватек	180 / 855 = 21%	220 / 855 = 26%
FDS+Evac	480 / 855 = 56%	500 / 855 = 58%
Pathfinder в режиме «steering»	480 / 855 = 56 %	510 / 855 = 60%
Pathfinder в режиме «SFPE»	460 / 855 = 54 %	490 / 855 = 57%
Адаптированные модели		
Модель индивидуального движения		
Pathfinder в режиме «steering» (адаптация к индивидуально-поточной модели МЧС РФ)	0	124 / 939 = 13%
Pathfinder в режиме «SFPE» (адаптация к упрощенной аналитической модели МЧС РФ)	0	110 / 1009 = 11%
СИТИС: РесТек (адаптация к индивидуально-поточной модели МЧС РФ)	0	100 / 939 = 11%

11.2 Таблица состава документации

В таблице указано количество страниц формата А4 для всей документации и её отдельных частей.

Для программ, руководство которых кроме описания моделей эвакуации содержит описание моделей динамики опасных факторов пожаров, приведено только количество страниц, относящихся к расчету эвакуации

Программа	Общий объем	Техническое руководство (раздел)	Валидационное руководство (раздел)	Верификационное руководство (раздел)	Анализ чувствительности модели (раздел)	Руководство пользователя (Интерфейсная часть)
Оригинальные модели						
Упрощенная аналитическая поточная модель						
СИТИС: Флоутек	145	11	-	-	-	134
ТОХI+Risk	9	-	-	-	-	9
Фогард-РВ	14	-	-	-	-	14
GreenLine	18	-	-	-	-	18
Имитационно-стохастическая поточная модель						
СИТИС: Флоутек	145	11	-	-	-	134
Индивидуально-поточная модель						
Fenix+	209	-	12	11	-	186
Сигма-ПБ	234	-	-	-	-	234
Фогард-РВ	62	-	-	-	-	62
Urban	119	-	3	-	-	116
Модель индивидуального движения						
СИТИС: Эватек	55	5	10	20	-	20
FDS+Evac	113	19	13	9	13	59
Pathfinder-steering	316	67	53	53	-	143
Pathfinder-SFPE	308	59	53	53	-	143
Адаптированные модели						
Pathfinder-steering (адаптация к индивидуально-поточной модели МЧС РФ)	168	-	-	6	-	125
СИТИС: РесТек (адаптация к индивидуально-поточной модели МЧС РФ)	41	-	-	-	-	41

11.3 Таблица заявленных и реализованных моделей в компьютерных программах

В таблице приведено сравнение заявленной модели, и экспертной оценки реализованной модели, описанной в документации к программе

Программа	Заявленная разработчиком модель	Описание разработчиком реализации заявленной модели	Предположительно реализованная модель	Основания для предположения
СИТИС: Флоутек	Упрощенная аналитическая модель	Присутствует	Упрощенная аналитическая модель	Описано достаточно подробно
ТОХI+Risk	Не указана	Отсутствует	Упрощенная аналитическая модель	Предположение сделано исходя из скриншотов и описания процесса работы в руководстве пользователя
Фогард-РВ	Упрощенная аналитическая модель	Отсутствует	Упрощенная аналитическая модель	Предположение сделано исходя из скриншотов и описания процесса работы в руководстве пользователя
GreenLine	Упрощенная аналитическая модель	Отсутствует	Упрощенная аналитическая модель	Предположение сделано исходя из скриншотов и описания процесса работы в руководстве пользователя
СИТИС: Флоутек	Имитационно-стохастическая модель	Присутствует	Имитационно-стохастическая модель	Описано подробно
СИТИС: Эватек	Модель индивидуального движения	Присутствует	Модель индивидуального движения, подмодель динамическая индивидуально-поточная	Описано подробно
Fenix+	Индивидуально-поточная модель	Отсутствует	Модель индивидуального движения, предположительно подмодель социальных сил	Предположение сделано ввиду полного отсутствия какого-либо описания модели в документации на основании внешнего сходства путей и скоростей движения агентов в программе Fenix+ и программы с открытым исходным кодом FDS+Evac, реализующей модель социальных сил.
Сигма-ПБ	Индивидуально-поточная модель	Отсутствует	Модель индивидуального движения, предположительно дискретно-стохастическая подмодель	Предположение сделано ввиду полного отсутствия какого-либо описания модели в документации к программе, и на основании рассмотрения научных работ и статей одного из авторов программы Сигма-ПБ Кирик Е.С. о моделях Sygma.CA и Sygma.DC
Фогард-РВ	Индивидуально-поточная модель	Отсутствует	Индивидуально-поточная модель	Описание создания участков пути в руководстве пользователя, а также индивидуальное задание агентов, моделирующих отдельных людей, позволяет предположить, что в программе реализована индивидуально-поточная модель
Urban	Индивидуально-поточная модель	Отсутствует	Модель индивидуального движения, подмодель предположить невозможно	Из описания работы с программой в руководстве пользователя можно понять только, что в программе моделируются движения отдельных людей. Упоминание участков пути отсутствует. Поэтому предполагается, что в программе реализована модель индивидуального движения, подмодель невозможно предположить ввиду полного отсутствия информации.
FDS+Evac	Модель индивидуального движения, подмодель социальных сил	Присутствует	Модель индивидуального движения, подмодель социальных сил	Описано подробно
Pathfinder-steering	Модель индивидуального движения, подмодель попутного расстояния	Присутствует	Модель индивидуального движения, подмодель попутного расстояния	Описано подробно
Pathfinder-SFPE	Модель индивидуального движения, подмодель попутного расстояния, с калибровкой на поточную модель SFPE	Присутствует	Модель индивидуального движения, подмодель попутного расстояния, с калибровкой на поточную модель SFPE	Описано подробно

Pathfinder-steering (адаптация к индивидуально-поточной модели МЧС РФ)	Модель индивидуального движения, под-модель попутного рас-стояния. Параметры движения калибруются (подбираются) для наибольшего соответствия индивидуально-поточной модели	Отсутствует	Модель индивидуального движения, подмодель попутного расстояния	В оригинальной программе отсутствует понятие участков пути эвакуации, и в адаптации это никак не решено. В документе по подборе параметров движения, несмотря на заявленную в документе по адаптации задачу обеспечить соответствие результатов модели Pathfinder steering с результатами индивидуально-поточной модели, нет сравнение результатов моделирования с результатами расчетов по индивидуально-поточной модели. При этом используются понятия (например, ускорение), отсутствующие в индивидуально-поточной модели. модели.
СИТИС: Ре-сТек (адаптация к индивидуально-поточной модели МЧС РФ)	Модель индивидуального движения	Присутствует	Модель индивидуального движения, под-модель динамическая индивидуально-поточная	Описано подробно

11.4 Таблица реализованных аккредитованных (нормативных) моделей в компьютерных программах

В таблице приведена сравнение заявленной модели, и экспертной оценки реализованной модели, описанной в документации к программе

Программа	Реализовано (понятно из описания реализации модели в документации к программе)	Предположительно реализовано (реализация модели не однозначно описана в документации к программе)	Примечание
Упрощенная аналитическая			
	СИТИС: Флоутек		
		Toxi+Risk	
		Фогард РВ	
		GreenLine	
Имитационно-стохастическая			
	СИТИС: Флоутек		
Индивидуально-поточная			
		Фогард РВ	

При рассмотрении данного результата анализа можно сделать следующие «обезличенные», но неутешительные выводы:

- 1) Усредненная оценка качества технической документации российских программ для расчета эвакуации весьма низкая – около 10-15%. Аналогичный показатель для оригинальных зарубежных программ – более 60%
- 2) В нескольких рассмотренных программах нет возможности понять по документации ни какая модель движения реализована, ни способы и методы её реализации. Соответственно, указание разработчиков, что программа соответствует какой-то модели, можно принять только «на веру». Проверить или опровергнуть указанное утверждение инженерными методами невозможно. Наверное, может возникнуть закономерный вопрос, почему квалифицированные специалисты, разработавшие такие сложные программные продукты как программы моделирования и расчета сложных физических явлений, затрагивающих вопросы безопасности зданий и сооружений, в которых мы живем, работаем и отдыхаем, не могли или не захотели описать не только, как обеспечена правильность расчета, но даже методологию реализации этого метода расчета.
- 3) В нескольких рассмотренных программах описанная в документации реализация метода расчета не соответствует нормативному описанию этого метода. Утверждение разработчиков программы о соответствии программы нормативной модели, по всей видимости, не соответствует действительности.
- 4) В нескольких рассмотренных программах, не смотря на заявление разработчика, что в программе реализована нормативная модель движения людей, в исходных данных программы не используют существующие для этой модели данные и параметры.
- 5) При адаптации зарубежных программ для использования в России разработчики адаптации как правило не переводят техническую документацию к программе и описание используемых моделей движения, в связи с чем пользователь не имеет возможность оценить используемую модель и сравнить её с нормативными требованиями.
- 6) Много вопросов формального соответствия нормативным моделям методов расчетов компьютерных программ, рассматривающих индивидуальное движение людей как отдельных агентов в имитационном моделировании, возникает из-за отсутствия моделей индивидуального движения в числе аккредитованных. Целесообразно рассмотреть возможность включения одной или нескольких моделей индивидуального движения в состав методики расчета пожарного риска при разработке следующих редакций методики.

При этом следует отметить, что авторы книги являются разработчиками нескольких рассмотренных программ могут оказаться не совсем беспристрастными экспертами, хотя и старались быть таковыми. В любом случае данная книга и данные выводы являются одним из возможных мнений и суждений. Каждый специалист, выполняющий расчеты пожарного риска, проверяющий или утверждающие такие расчеты и решения на их основе (проектные, надзорные, экспертные при строительной или судебной экспертизе и т.п.) не может не иметь собственного суждения и по выполнению расчетов, и по использованию соответствующих программ, ввиду отсутствующее время системы обязательной или общепринятой профессиональной оценки соответствия расчетных «пожарных» программ каким бы то ни было требованиям «правильности», качества и достоверности.

12. Библиография и источники

12.1 Литература

- 101) ФЗ-123 Технический регламент о требованиях пожарной безопасности
- 102) Приказ МЧС России от 30.06.2009 г. № 382 «Об утверждении методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности».
- 103) Методика определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности (приложение к приказу МЧС России от 30.06.2009 г. № 382), с учетом изменений, внесенных приказом МЧС России от 02.12.2015 г. № 632.
- 104) А.А. Абашкин, А.В. Карпов, Д.В. Ушаков, М.В. Фомин, А.Н. Гилетич, П.М. Комков. Пособие по применению «Методики определения расчетных величин пожарного риска в зданиях, сооружениях и строениях различных классов функциональной пожарной опасности» - М.: ВНИИПО, 2012. – 83 с.
- 105) Предтеченский В.М., Милинский А.И., Проектирование зданий с учетом организации движения людских потоков. 2-е изд., доп. и перераб. — М.: Стройиздат, 1979. — 375 с.
- 106) Холщевников В.В., Самошин Д.А. Эвакуация и поведение людей при пожарах Учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 212 с.
- 107) Холщевников В.В., Самошин Д.А., Исаевич И.И. Натурные наблюдения людских потоков Учеб. пособие. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2009. – 191 с.
- 108) Холщевников В.В. Исследования людских потоков и методология нормирования эвакуации людей из зданий при пожаре. М.: МИПБ МВД России, 1999.-93 с.
- 109) Helbing D., Molnár P. Social force model for pedestrian dynamics, *Physical Review E* 51:4282–4286 (1995).
- 110) Холщевников В. В., Никонов С. А., Шамгунов Р. Н. Моделирование и анализ движения людских потоков в зданиях различного назначения: Учеб. пособие. – М.: МИСИ, 1986.
- 111) ГОСТ Р ИСО/МЭК 12119-2000 «Информационная технология. Пакеты программ. Требования к качеству и тестирование»
- 112) ГОСТ Р 57639-2017 (ИСО 16730-1:2015) «Пожарно-технический анализ. Валидация и верификация методов расчета»
- 113) А И Орлов Экспертные оценки Учебное пособие Москва, 2002
- 114) Nelson, H. E., and Mowrer, F. W. “Emergency Movement.” *The SFPE Handbook of Fire Protection Engineering* Ed. DiNenno, P., and Walton, D. W. National Fire Protection Association 2002. 3-367 - 3-380.
- 115) Craig W. Reynolds, “Steering Behaviors For Autonomous Characters.” *Proceedings of the Game Developers Conference 1999*. 1999, Miller Freeman Game Group, San Francisco, California, pp. 763-782.
- 116) Heni Ben Amor, Jan Murray, and Oliver Obst, “Fast, Neat, and Under Control: Arbitrating Between Steering Behaviors,” *AI Game Programming Wisdom 3*, ed. S. Rabin. pp. 221-232.
- 117) В.В. Холщевников, А.П. Парфененко. Сопоставление различных моделей движения людских потоков и результатов программно-вычислительных комплексов. //Пожаровзрывобезопасность. – 2015. – Т.24. - №5. - с.68-75
- 118) Самошин Д. А. Состав людских потоков и параметры их движения при эвакуации: Монография. – М.: Академия ГПС МЧС России, 2016. – 210 с.
- 119) Холщевников В. В., Самошин Д. А., Истратов Р. Н. Исследование проблем обеспечения пожарной безопасности людей с нарушением зрения, слуха и опорно-двигательного аппарата // Пожаровзрывобезопасность. – 2013. – № 3. – С. 48–56.
- 120) Холщевников В. В., Парфененко А. П. Эвакуация детей в зданиях учебно-воспитательных учреждений // Пожарная безопасность в строительстве. – 2011. – № 4. – С. 48–61.
- 121) Самошин, Д. А., Матвеева Н. П. Проблемы безопасной эвакуации людей из культовых зданий православной церкви // Технологии техносферной безопасности: Интернет-журнал. – 2013. – № 6 (52). Режим доступа: <http://ipb.mos.ru/ttb/2013-6/2013-6.html>
- 122) Самошин Д. А. Проблемы оценки состава людских потоков в зданиях различного назначения. // Сб. науч. тр. VI Всероссийской науч.-практ. конф. «Безопасность в чрезвычайных ситуациях». – СПб.: Санкт-Петербургский государственный политехнический университет, 2014. – С. 240–242.
- 123) Шурин Е. Т., Самошин Д. А. Результаты экспериментов по определению некоторых параметров эвакуации немобильных людей при пожаре // Системы безопасности: 10-я науч.-техн. конф. – М.: Академия ГПС МВД РФ, 2001. – С. 114–117.
- 124) Блинов И. С. Анализ влияния численности маломобильных групп населения при решении задач по-

- жарной безопасности. – М.: Академия ГПС МЧС России. – 136 с
- 125) Самошин Д. А. Расчет времени эвакуации людей. Проблемы и перспективы // Пожаровзрывобезопасность. – 2004. – № 1. – С. 33–46.
- 126) Слюсарев С. В., Самошин Д. А. Выявление индивидуальных особенностей движения людей с целью развития моделирования процесса эвакуации. // Мат-лы 2-й Междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых и специалистов «Проблемы техносферной безопасности – 2013». – М.: Академия ГПС МЧС России, 2013. – С. 26–29.
- 127) Самошин Д. А. Современные программные комплексы для моделирования процесса эвакуации людей // Пожарная безопасность в строительстве. – 2011. – № 1. – С. 62–65.
- 128) Холщевников В. В., Самошин Д. А., Галушка Н. Н. Обзор компьютерных программ моделирования эвакуации зданий и сооружений // Пожаровзрывобезопасность. – 2002. – № 5. – С. 40–49.
- 129) Кирик Е. С., Юргельян Т. Б., Круглов Д. В. О дискретной модели движения людей с элементом анализа окружающей обстановки // Журнал Сибирского федерального университета. Математика и физика. — Т. 1. — № 3. — С. 266–276.
- 130) Юргельян Т. Б., Кирик Е. С., Круглов Д. В. О чувствительности математической модели движения людей SIGMA.CA к геометрии пути // Журнал СФУ. Серия: математика и физика. — 2011. — Т. 4. — № 4. — Р. 556–568.
- 131) Юргельян Т. Б., Кирик Е. С., Круглов Д. В. О валидации модели движения людей SIGMA.CA по данным фундаментальных диаграмм // Вестник СибГАУ. — 2010. — Вып. 5 (31). — Р. 162–166.
- 132) Витова Т. Б., Кирик Е. С. О формализации правил переходов в модели движения людей SIGMA.CA // Образовательные ресурсы и технологии. — 2016. — № 2 (14). — С. 293–300.
- 133) Литвинцев К. Ю., Кирик Е. С., Дектерев А. А., Харламов Е. Б., Малышев А. В., Попел Е. В. Расчетно-аналитический комплекс «Сигма ПБ» по моделированию развития пожара и эвакуации // Пожарная безопасность. — 2016. — № 4. — С. 51–59.
- 134) Кирик Е. С., Малышев А. В. Тестирование компьютерных программ по расчету времени эвакуации на примере модуля SigmaEva // Пожарная безопасность. — 2014. — № 1. — С. 78–85.
- 135) Кирик Е. С., Малышев А. В. О методах валидации математических моделей людей на примере модели индивидуально поточного типа SIGMA.DC // Материалы XV Всерос. сем. «Моделирование неравновесных систем-2012». — Красноярск: ИВМ СО РАН, 2012. — С. 73–79.
- 136) Юргельян Т. Б., Кирик Е. С., Круглов Д. В., Малышев А. В. О преобразовании дискретной стохастической модели движения людей SIGMA.CA в дискретно-непрерывную SIGMA.DC // Тез. докл. XI Всерос. конф. молодых ученых по математическому моделированию и информационным технологиям. — Новосибирск: ИВТ СО РАН. — 2010. — С. 76.
- 137) Кирик Е. С., Юргельян Т. Б., Малышев А. В. О моделировании движения людей. полевая дискретно-непрерывная модель движения людей «Sigma.DC» // Пожарная безопасность: проблемы и перспективы. — 2010. — Т. 1. — № 1. — С. 144–146.
- 138) Erica D. Kuligowski, Richard D. Peacock, Bryan L. Hoskins. Technical Note 1680. A Review of Building Evacuation Models, 2nd Edition. November 2010
- 139) Guidelines for evacuation analysis for new and existing passenger ships. International Maritime Organization. 30 October 2007
- 140) Felix Dietrich, Gerta Koster. Gradient Navigation Model for Pedestrian Dynamics. January 3, 2014
- 141) M. J. Seitz, F. Dietrich, and G. Köster, “The effect of stepping on pedestrian trajectories,” *Physica a: statistical mechanics and its applications*, vol. 421, p. 594–604, 2015
- 142) M. J. Seitz and G. Köster, “How update schemes influence crowd simulations,” *Journal of statistical mechanics: theory and experiment*, vol. 2014, iss. 7, p. P07002, 2014.
- 143) M. J. Seitz and G. Köster, “Natural discretization of pedestrian movement in continuous space,” *Physical review e*, vol. 86, iss. 4, p. 46108, 2012.
- 144) I. von Sivers and G. Köster, “Dynamic stride length adaptation according to utility and personal space,” *Transportation research part b: methodological*, vol. 74, p. 104 – 117, 2015.
- 145) F. Dietrich and G. Köster, “Gradient navigation model for pedestrian dynamics,” *Physical review e*, vol. 89, iss. 6, p. 62801, 2014.
- 146) M. J. Seitz, N. W. F. Bode, and G. Köster, “How cognitive heuristics can explain social interactions in spatial movement,” *Journal of the royal society interface*, vol. 13, iss. 121, p. 20160439, 2016.
- 147) M. J. Seitz, “Simulating pedestrian dynamics: towards natural locomotion and psychological decision making,” PhD Thesis, Munich, Germany, 2016.
- 148) G. Köster, M. Seitz, F. Treml, D. Hartmann, and W. Klein, “On modelling the influence of group formations

- in a crowd,” Contemporary social science, vol. 6, iss. 3, p. 397–414, 2011.
- 149) M. Seitz, G. Köster, and A. Pfaffinger, “Pedestrian group behavior in a cellular automaton,” in Pedestrian and evacuation dynamics 2012, 2014, p. 807–814.
- 150) D. Hartmann, “Adaptive pedestrian dynamics based on geodesics,” New journal of physics, vol. 12, p. 43032, 2010.
- 151) T. Kretz, “Pedestrian traffic: on the quickest path,” Journal of statistical mechanics: theory and experiment, vol. 2009, iss. 03, p. P03012, 2009.
- 152) B. Zönnchen, “Navigation around pedestrian groups and queueing using a dynamic adaption of traveling,” Bachelor’s thesis Master Thesis, 2013.

12.2 Руководства к программам

- 201) Fire Dynamics Simulator with Evacuation: FDS+Evac. Technical Reference and User’s Guide (FDS 6.5.3, Evac 2.5.2, DRAFT). Timo Korhonen, VTT, March 15, 2017
- 202) Fenix+ Программа для определения величины индивидуального пожарного риска. Валидация и верификация. ЗАО «Современные программные технологии». 2015
- 203) Fenix+ / Fenix+ 2 версия x.1.72. Программа для определения величины индивидуального пожарного риска. Руководство пользователя. ЗАО «Современные программные технологии». 2017
- 204) 3521-40-ТР-1 СИТИС: Флоутек 4.00. Техническое руководство. Реакция 1. 12.10.2016
- 205) 3521-41-РП-1 СИТИС: Флоутек_4.12. Руководство пользователя. Редакция 1. 30.03.2017
- 206) GreenLine. Расчет времени эвакуации. Руководство пользователя. ООО “Центр Пожарной Безопасности”, 2016.
- 207) Pathfinder. Technical Reference. Thunderhead Engineering Consultants, Inc. 2018
- 208) Pathfinder. User Manual. Thunderhead Engineering Consultants, Inc. 2018
- 209) Pathfinder 2017-2. Verification and Validation. Thunderhead Engineering Consultants, Inc.
- 210) Pathfinder. Руководство пользователя. Thunderhead Engineering Consultants, Inc. Перевод FireCat. 2018
- 211) Работа в программном комплексе FireCat. Настройка параметров движения для людей различных групп мобильности в Pathfinder 2017.2. Редакция 5. 31.05.2017
- 212) «СИГМА ПБ» 4.00 («Sigma Fire Safety» 4.00) Программа по расчету распространения опасных факторов пожара полевой моделью, эвакуации - индивидуально-поточной моделью, вероятности эвакуации, расчетной величины пожарного риска. Руководство пользователя. ООО «Зк-эксперт», Красноярск, 2017
- 213) Программный комплекс ТОХI+Risk 5.1.5 для оценки риска и расчета последствий аварий на производственных объектах. Руководство пользователя. ЗАО НТЦ ПБ. 2017.
- 214) URBAN. Расчет пожарных рисков. Руководство пользователя.
- 215) 3541-10-РПР-1 СИТИС: РесТек 1.00. Руководство программиста. Редакция 1. 05.12.2016
- 216) 3541-10-РП-1 СИТИС: РесТек 1.00. Руководство пользователя. Редакция 1. 05.12.2016
- 217) Руководство пользователя программного комплекса Фогард (описание функциональных характеристик программного обеспечения и информация, необходимая для установки и эксплуатации программного обеспечения). Институт технического регулирования и независимой экспертизы, 2017.
- 218) СИТИС: Эватек 1.12. Расчет времени эвакуации. Руководство пользователя. Редакция R5. 15.01.2009
- 219) СИТИС: Эватек 1.10. Валидация и верификация эвакуационной модели СИТИС: Эватек. № 4152-ТТ2.5. 19.12.2008