ДОПОЛНИТЕЛЬНОЕ ЗАКЛЮЧЕНИЕ

диссертационного совета 24.2.418.03, созданного на базе ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет», по диссертации Кирик Екатерины Сергеевны на тему «Математическое моделирование эвакуации людей», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки)

Департамент аттестации научных и научно-педагогических работников Минобрнауки России в соответствии с п. 44 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 г. № 842, и на основании рекомендации президиума ВАК при Минобрнауки России от 17 октября 2025 г. направил диссертацию Кирик Екатерины Сергеевны на тему: «Математическое моделирование эвакуации людей», представленную на соискание ученой степени доктора технических наук и аттестационное дело 10/111 от 09.06.2025 г. на дополнительное заключение в диссертационный совет 24.2.418.03 на базе ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет».

На заседании диссертационного совета 24.2.418.03 от 31 октября 2025 г., протокол № 4, была создана экспертная комиссия для ознакомления с диссертационной работой, материалами аттестационного дела соискателя ученой степени доктора технических наук Кирик Е.С. и подготовки проекта дополнительного заключения, в составе: доктора технических наук, профессора Глухих Игоря Николаевича (1.2.2., технические науки) – председателя; доктора физико-математических наук, профессора Фёдорова Константина Михайловича (1.2.2., физико-математические науки), доктора физико-математических наук, профессора Удовиченко Сергея Юрьевича (1.2.2., физико-математические науки), доктора технических наук, профессора Шабарова Александра Борисовича (1.2.2., технические науки), доктора технических наук Степанова Сергея Викторовича (1.2.2., физико-математические науки).

Анализ материалов аттестационного дела соискателя ученой степени Кирик Е.С. показал следующее.

Диссертация «Математическое моделирование эвакуации людей» по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» принята к защите 18 февраля 2025 года (протокол заседания № 2) и защищена 27 мая 2025 года в диссертационном совете 24.1.047.01, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительной математики и математической

геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, 630090, г. Новосибирск, проспект академика Лаврентьева, 6 ИВМиМГ СО РАН, приказ о создании № 105/нк от 11 апреля 2012 г.

При проведении заседания диссертационного совета по рассмотрению диссертации Кирик Е.С., направленной на дополнительное заключение, президиумом ВАК при Минобрнауки России рекомендовано руководствоваться пунктами 57-63 «Положения о совете по защите диссертаций на соискание ученой степени кандидата наук, на соискание ученой степени доктора наук», утвержденного приказом Минобрнауки России от 10 ноября 2017 г. №1093. При проведении заседания по рассмотрению диссертации, направленной на дополнительное заключение, на голосовании выносится вопрос о соответствии диссертации установленным критериям.

Соискатель Кирик Екатерина Сергеевна, 20 февраля 1976 года рождения, в 2002 году ей присуждена ученая степень кандидата физико-математических наук по специальности 05.13.17 – Теоретические основы информатики (физико-математические науки), диссертация защищена в диссертационном совете К212.098.02, созданного на базе Государственного образовательного учреждения высшего профессионального образования «Красноярский государственный технический университет».

В период подготовки диссертации «Математическое моделирование эвакуации людей» соискатель Кирик Екатерина Сергеевна работала Федеральном государственном бюджетном научном учреждении «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук - обособленном подразделении ФИЦ КНЦ СО РАН (ИВМ СО РАН) в отделе Информационно-телекоммуникационных технологий старшим научным сотрудником.

Научный консультант – доктор технических наук Ничепорчук Валерий Васильевич, место работы Федеральное государственное бюджетное научное учреждение «Федеральный исследовательский центр «Красноярский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук. Институт вычислительного моделирования Сибирского отделения Российской академии наук – обособленное подразделение ФИЦ КНЦ СО РАН, отдел Прикладной информатики, старший научный сотрудник.

Официальные оппоненты:

Акопов Андраник Сумбатович, доктор технических наук по специальности «05.13.11. Математическое и программное обеспечение вычислительных машин, комплексов и компьютерных сетей», профессор, профессор РАН, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Центральный экономико-

математический институт Российской академии наук, Лаборатория динамических моделей экономики и оптимизации, главный научный сотрудник; Массель Людмила Васильевна, доктор технических наук по специальности «05.13.16. Применение вычислительной техники, математического моделирования и математических методов в научных исследованиях (энергетика)», профессор, заслуженный деятель науки РФ, Федеральное государственное бюджетное учреждение науки Институт систем энергетики им. Л.А. Мелентьева Сибирского отделения Российской академии наук, отдел «Системы искусственного интеллекта в энергетике», главный научный сотрудник, заведующий отделом; Наумова Наталья Александровна, доктор технических наук по специальности «05.22.10. Эксплуатация автомобильного транспорта», доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования "Кубанский государственный университет", кафедра вычислительной математики и информатики, заведующий.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Санкт-Петербургский университет Государственной противопожарной службы Министерства Российской Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий имени Героя Российской Федерации генерала армии Е.Н. Зиничева», г. Санкт-Петербург, в своем положительном отзыве, подписанном Матвеевым Александром Владимировичем, кандидатом технических наук, доцентом, кафедра прикладной математики и безопасности информационных технологий, заведующий, Таранцевым Александром Алексеевичем, доктором технических наук, профессором, кафедра организации пожаротушения и проведения аварийно-спасательных работ, профессор, указала, что по своей актуальности, научной новизне, объёму выполненных исследований и практической значимости полученных результатов представленная работа отвечает требованиям п. 9 Постановления Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. N 842 «Положение о присуждении ученых степеней», предъявляемым к диссертациям на соискание учёной степени доктора наук.

Обзор отзывов, поступивших на автореферат и диссертацию, приведен в заключении диссертационного совета 24.1.047.01. Отзывы содержат ряд замечаний, но в целом все положительные, один отзыв отрицательный.

Соискатель имеет 94 опубликованных работы, из них по теме диссертации опубликовано 28 научных работ, из них в рецензируемых научных изданиях из списка ВАК, включая индексируемые в Web of Science, Scopus, опубликовано 18 работ. Опубликованные по теме диссертации работы представляют научные

статьи в отечественных и зарубежных научных журналах. В статьях раскрываются результаты, выносимые на защиту, отражена теоретическая и прикладная составляющие работы. Имеется 1 свидетельство о регистрации программ для ЭВМ.

В заключении диссертационного совета 24.1.047.01 от 27 мая 2025 года отмечено, что на основании выполненных соискателем исследований:

- разработана новая математическая модель движения людей комбинированного типа: дискретно-непрерывная по пространству и дискретная по времени (до 25 раз превосходит непрерывные аналоги по скорости вычислений, в сравнении с дискретным подходом сняты ограничения на линейные размеры расчетной области);
- предложены набор тестов и их обоснование для валидирования математических моделей движения людей (описан необходимый состав входной и выходной информации, методы обработки, интерпретации результатов моделирования, сравнения с реперными данными);
- алгоритм применения моделирования эвакуации при пожаре для проверки эффективности средств противопожарной защиты, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей, определения необходимого и достаточного набора средств;
- оригинальный алгоритм настройки сценариев управления эвакуацией людей с применением моделирования эвакуации при пожаре;
- правила составления маршрутов эвакуации в музеях с массовым пребыванием людей на основе применения моделирования эвакуации при пожаре;
- комплексный подход к поддержке принятия решений по обеспечению безопасности людей при их эвакуации (в частности, при возникновении пожара) и организации безопасных условий на крупных объектах массового пребывания с использованием математического моделирования;
- доказано, применение компьютерного моделирования эвакуации при пожаре позволяет определять необходимый и достаточный набор средств противопожарной защиты, направленных на обеспечение безопасной эвакуации людей;
- введены новая трактовка существующего понятия «зона безопасности» - мобильная (динамическая) зона безопасности, новые термины и определения: эффективный набор средств

противопожарной защиты, безопасный маршрут эвакуации, знак управления эвакуацией, состояние (статус) знака управления.

Теоретическая значимость исследования обоснована тем, что:

- доказано существование решения задачи об определении эффективного набора средств противопожарной защиты для каждого здания;
- параметры разработанной модели движения людей не зависят от используемой фундаментальной диаграммы, в отличие от аналогов, где настройкой параметров добиваются реализации требуемой фундаментальной диаграммы;
- применительно к проблематике диссертации результативно (эффективно, то есть с получением обладающих новизной результатов) использован подход дискретно-непрерывного представления пространства моделирования, метод прямого представления уравнения движения человека с использованием известных зависимостей для определения скорости человека на каждом расчетном шаге;
- изложены этапы решения задачи по определению необходимого и достаточного набора средств противопожарной защиты, направленных на обеспечение безопасных условий эвакуации;
- алгоритм составления базы сценариев управления эвакуацией на основе результатов моделирования эвакуации при пожаре;
- раскрыты преимущества применения расчетного подхода (моделирования эвакуации при пожаре) перед традиционным «нормативным» в части определения необходимого и достаточного набора средств противопожарной защиты, направленных на обеспечение безопасных условий эвакуации;
- изучено влияние параметров модели на ее динамику и определен набор значений параметров модели, обладающих умеренной универсальностью для использования в произвольных геометрических условиях;
- проведена модернизация существующих постановок задачи, математических моделей и предложена новая математическая постановка задачи моделирования движения людей, в которой: увеличена скорость вычислений до 25 раз за счёт значения шага по времени; отсутствует проблема явного описания сил и вычислительно-емкого решения системы уравнений; в сравнении с

дискретным подходом сняты ограничения на линейные размеры расчётной области, модель является расширяемой для использования новых данных, определяющих скорость движения человека.

Значение полученных соискателем результатов исследования для практики подтверждается тем, что:

- разработаны правила составления маршрутов эвакуации в музеях с массовым пребыванием людей на основе применения моделирования эвакуации при пожаре и внедрены при проведении тренировочных эвакуаций в Зимнем дворце Государственного Эрмитажа;
- в редакцию изменений № 1 к своду правил СП 3.13130 «Система оповещения и управления эвакуацией людей при пожаре» в п.7.2.1 включены предложения соискателя, связанные с проверкой эффективности разработанных способов управления эвакуацией путем применения моделирования эвакуации при пожаре: «Эффективность разработанных способов управления эвакуацией подтверждается обеспечением безопасных условий эвакуации (беспрепятственность и своевременность) с применением подходов, изложенных в [3].»;
- алгоритм применения моделирования эвакуации при пожаре для обоснования эффективности средств противопожарной защиты, направленных на обеспечение безопасной эвакуации, определения необходимого и достаточного набора средств, применялся для решения практических задач в реальном секторе экономики, что продемонстрировано в четвертой и пятой главах диссертации;
- определено, что компьютерное моделирование эвакуации (при пожаре) выступает в роли лакмусовой бумаги, проявляющей «слабые» и выявляющей «сильные» стороны различных средств защиты, направленных на обеспечение безопасных условий эвакуации;
- создана алгоритмическая основа применения математического моделирования эвакуации при пожаре для решения задач в области пожарной безопасности, направленных на обеспечение безопасных условий эвакуации;
- нормативные документы расчетного подхода для решения задач в области пожарной безопасности.

Оценка достоверности результатов исследования выявила:

- для экспериментальных работ показана воспроизводимость результатов численных экспериментов пешеходного движения

(эвакуации) с использованием подобранного набора параметров модели как для рассмотренных тестовых примеров, так и произвольных расчетных областей;

- теория построена на выявлении наиболее значимых особенностей моделируемого физического процесса (пешеходного движения) и согласуется с опубликованными экспериментальными данными;
- идея базируется на грамотной постановке задач, полноте и точности исходных данных, выполненным анализом существующих подходов к моделированию пешеходного движения;
- использованы экспериментальные данные и данные натурных наблюдений пешеходного движения, находящиеся в открытых источниках для разработки совокупности тестовых примеров для валидирования математических моделей пешеходного движения;
- установлено непротиворечивость, качественная и количественная согласованность результатов моделирования движения людей в разработанных тестовых ситуациях с результатами натурных экспериментов, представленных в независимых источниках по данной тематике;
- использованы современные методики сбора и обработки исходной информации, представительные выборочные совокупности с обоснованием подбора объектов наблюдения и измерения.

Личный вклад соискателя состоит в непосредственном выполнении всех этапов диссертационного исследования и получении результатов: постановка всех задач, рассмотренных и решённых в диссертации; разработка моделей и алгоритмов, использованных для численного моделирования; анализ экспериментальных данных из открытых источников; проектирование программной реализации модели, созданной в ходе работы над диссертацией; изучение и настройке параметров модели; проведение, анализ и интерпретация результатов численных экспериментов, осуществлённых с помощью созданного программного обеспечения; анализ правовой базы и формулировании задач в области пожарной безопасности, решаемых методами численного моделирования эвакуации при пожаре; руководство и выполнение работ по внедрению результатов исследований; формулировка основных положений и выводов по результатам исследований; личное участие в подготовке основных публикаций по выполненной работе; личное участие в практическом применении результатов исследования; взаимодействие со структурами МЧС РФ и участие в создании (внесении изменений) нормативных документов и нормативно-

правовых актов, предполагающих использование расчётного подхода в решении задач в области пожарной безопасности.

Экспертная комиссия диссертационного совета 24.2.418.03, созданного на базе ФГАОУ ВО «Тюменский государственный университет»,

рассмотрев диссертационную работу на тему «Математическое моделирование эвакуации людей» соискателя ученой степени доктора технических наук Кирик Екатерины Сергеевны,

установила:

1. **Соответствие диссертации критериям, которым должна отвечать работа на соискание ученой степени доктора технических наук** (в соответствии с разделом II, состоящего из пунктов 9 - 14 Постановления №842 «Положение о присуждении ученых степеней»):

1.1. **По пункту 9.** Автор оценивает свою работу как решение «крупной народно-хозяйственной проблемы – подтверждение эффективности мер, применяемых для обеспечения безопасной эвакуации людей из зданий при пожаре с позиций, предъявляемых действующим законодательством в РФ в области пожарной безопасности». Безусловно, вопросы эвакуации людей при пожарах имеют чрезвычайно важное значение и применение математического моделирования может в значительной степени способствовать планированию эффективной эвакуации людей и оценке ее эффективности. Однако, исходя из перечня замечаний к диссертации (раздел 3 настоящего Заключения) **поставленная проблема воспринимается как не решенная на достаточном уровне, с позиции требований к докторской диссертации и соответствия специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки).**

1.2. **По пункту 10. Личный вклад соискателя Кирик Е.С. в диссертацию**, исходя из его подробного описания в тексте диссертации, **можно оценить, как достаточный**. По содержанию диссертации и по тому, как все разделы диссертации органично и логично дополняют друг друга, видно, что **диссертация обладает внутренним единством**, однако **представленные в диссертации результаты и положения с позиции научной новизны представляются как недостаточно аргументированные**. Так, в разделе «Научная новизна» автор приводит 5 пунктов, однако отличие от существующих результатов в рассматриваемой предметной области дается только в первом пункте. Автору следовало бы при написании пунктов раздела «Научная новизна» использовать формулировки типа «В отличие

от существующих (методов, алгоритмов, систем моделирования)…, впервые получено (доказано)…и т.п.». Аналогичная картина и в тексте диссертации – обоснованием новизны, разработанной дискретно-непрерывной математической модели, предлагается считать краткое изложение «недостатков непреодолимых или трудно преодолимых» у «развитых математических подходов» и формулировку требований к новой модели, приведенные в выводах к первой главе (описание самой новой модели дается во второй главе диссертации). В части математического моделирования приводятся результаты, полученные при расчетах задач на основе программы «SigmaEva», разработанную автором диссертации. Учитывая, что автор хорошо знаком с существующим аналогичным программным обеспечением (в табл.2.2 дается его перечень и характеристики), уместно было бы сопоставить расчеты по авторской модели со сторонним программным обеспечением и тем самым оценить результаты, полученные автором, с данными других исследователей.

Диссертация имеет прикладной характер и в ней приводятся сведения о практическом использовании полученных автором научных результатов применительно к организации эвакуации при пожаре из Зимнего Дворца Государственного Эрмитажа, что подтверждается актом внедрения, приведенном в приложении 4.

1.3. **По пунктам 11 - 13. Основные результаты диссертации опубликованы в рецензируемых научных изданиях в количестве, достаточном для докторской диссертации.** Однако комиссия обращает внимание, что значительная часть публикаций автора представлены в иностранных и отечественных изданиях, не аффилированных в списке ВАК по специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки). Отметим также, что в автореферате диссертации дважды упоминается одна публикация (под номерами 21 и 23).

1.4. **По пункту 14. Ссылки на авторов и/или источники заимствования выполнены корректно**.

2. Соответствие диссертации паспорту специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки)

Автор диссертации выносит на защиту результаты (согласно паспорту специальностей научных работников) 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки): п.1. Разработка

новых математических методов моделирования объектов и явлений (физико-математические науки); п.3. Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимент; п.5. Разработка новых математических методов и алгоритмов валидации математических моделей объектов на основе данных натурного эксперимента или на основе анализа математических моделей; п.8. Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента; п.9. Постановка и проведение численных экспериментов, статистический анализ их результатов, в том числе с применением современных компьютерных технологий (технические науки). При этом:

2.1. **Результат** «новая математическая модель движения людей комбинированного типа…» **не соответствует пункту 1** «Разработка новых математических методов моделирования объектов и явлений», поскольку в пункте речь идет о методах моделирования (т.е. созданных на основе *существующих* моделей), а результат является *новой* моделью. Кроме того, пункт 1 имеет отношение к физико-математическим наукам, а диссертация представлена по техническим наукам.

2.2. **Результат** «численная и программная реализация разработанных алгоритмов» **не соответствует пункту 3** «Реализация эффективных численных методов и алгоритмов в виде комплексов проблемно-ориентированных программ для проведения вычислительного эксперимента». Исходя из текста диссертации, автором создана одна программа «SigmaEva», которая является компонентом программного комплекса «Сигма ПБ», который помимо этой программы включает в себя другие программы, к которым автор диссертации, по-видимому, отношения не имеет.

2.3. **Результат** «набор тестов и их обоснование для валидирования математических моделей движения людей…» **не в достаточной степени соответствует пункту 5** «Разработка новых математических методов и алгоритмов валидации математических моделей объектов на основе данных натурного эксперимента или на основе анализа математических моделей», поскольку автору диссертации следовало бы более четко формулировать полученные результаты как методы и алгоритмы, а не как описание вычислительных экспериментов. По сути полученные результаты воспринимаются как результаты исследований на основе математического моделирования, поэтому в большей степени соответствуют пункту 8

Паспорта специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки)

2.4. **Результаты** «алгоритм применения моделирования эвакуации…», «алгоритм настройки сценариев управления эвакуацией…» и «правила составления маршрутов эвакуации…» **не в достаточной степени соответствуют пункту 8** «Комплексные исследования научных и технических проблем с применением современной технологии математического моделирования и вычислительного эксперимента» поскольку в большей степени воспринимаются как результаты, соответствующие пункту 2 Паспорта специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки), при условии, что будут сформулированы, как методы, а не как алгоритмы.

2.5. **Результат** «постановка задачи, алгоритмы проведения и анализа численных экспериментов…» **соответствует пункту 9** «Постановка и проведение численных экспериментов, статистический анализ их результатов, в том числе с применением современных компьютерных технологий».

3. Замечания по диссертации

3.1. Актуальность темы диссертационного исследования в области математического моделирования обоснована недостаточно полно, поскольку, как показывает анализ доступных источников, для решения поставленной проблемы - эвакуации людей уже существуют разнообразные методы и программное обеспечение. Об этом свидетельствует и широкий перечень соответствующего программного обеспечения, приведенный в диссертации Кирик Е.С. (табл.2.2 - данные по 13 программным продуктам для расчета эвакуации), которые имеют различную функциональность и охватывают несколько методов моделирования. Заметим, что согласно этой таблице, все перечисленные продукты имеют наибольшую (среди возможных) область применения или возможность рассчитывать эвакуацию из любого типа здания. Этот факт свидетельствует о высоком уровне развития методов и систем математического моделирования по рассматриваемой тематике. В качестве примера приведем кандидатскую диссертацию Иванова Марата Валерьевича по схожей теме «Математическое моделирование аварийной эвакуации людей при пожарах на объектах с массовым пребыванием людей» (05.13.18 – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», 2011 г.). Очевидно, что этот уровень не является максимально возможным, поэтому,

конечно, существуют направления научных исследований по эвакуации людей путем математического моделирования.

3.2. Цель исследований согласуется с научной специальностью, однако задача 2 для достижения этой цели не в полной мере ей соответствует. А именно: Задача 2 – «разработать новую математическую модель движения людей для моделирования эвакуации…» противоречит паспорту специальности 1.2.2. «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки), в котором речь идет о разработке методов, алгоритмов, систем моделирования.

3.3. Исследования по поставленной проблеме можно разделить на две категории: континуальный, который оперирует с осредненными параметрами и статистический, в котором отслеживаются и моделируется поведение индивидуальных объектов с учетом их вероятностного поведения и на основе проигрывания достаточного числа сценариев выявляется среднестатистическое поведение всей системы. Предлагаемая модель относится ко второй категории. Она построена на базе обыкновенных дифференциальных уравнений для движения каждого индивида. Однако главная зависимость скорости движения от плотности потока берется из континуальных подходов, в которых растворяются особенности поведения индивида. «Силы», воздействующие на индивида, критикуемые автором по имеющимся моделям, «запрятаны» в раздел «разрешение конфликтных ситуаций», которые недостаточно раскрыты в работе.

3.4. Численные алгоритмы решения системы обыкновенных дифференциальных уравнений представляют из себя обычные конечно-разностные схемы. Нет проверки их устойчивости, консервативности и сходимости.

3.5. Не понятно каким образом автор предлагает использовать численные расчеты для выявления эффективных траекторий эвакуации, создания дополнительных условий для эвакуационных мероприятий. Не описаны алгоритмы сопоставления и выбора различных траекторий и выявления наиболее быстрых и безопасных. В работе имеются только примеры расчетов уже сложившихся эвакуационных траекторий.

3.6. В разработанной модели не заложено статистического анализа разновероятных расчетов с выявлением среднестатистических особенностей изучаемых процессов.

3.7. Автор утверждает, что разработанная модель позволяет в 25 раз быстрее проводить численные расчеты. Для таких утверждений необходимо

привести примеры решения конкретных задач эвакуации по континуальной и статистической модели. Однако таких задач в работе не было поставлено. В работе также заявлено, что параметры модели не требуют специальных настроек, однако расчеты траекторий движения индивидуальных объектов, требуют учета их специфики (а это тысячи людей, самых различных и условия, зависящие от времени года, дня недели и прочее), а использование усредненных значений параметров из континуальных моделей противоречит утверждению, что в модели учитывается специфика индивидуальных объектов. Автор вводит в рассмотрение «алгоритм оценки плотности людей в направлении», хотя плотность — это скаляр и не зависит от направления.

3.8. В работе утверждается, что разработаны специальные тесты для валидации, однако нет примеров реальных экспериментов и сопоставления с результатами расчетов. В данных, представленных в таблице, неясно, откуда взяты процентные данные о различии расчетов и экспериментов. Не уточняется, кто проводил, где опубликованы результаты экспериментов.

3.9. Автор претендует на разработку алгоритма применения модели. В то же время в работе отсутствуют примеры расчетов, в которых полученные траектории не совпадают с разработанными ранее путями эвакуации, по результатам расчетов не предлагается установка дополнительных средств управления процессом в виде табличек, систем звукового оповещения и пр.

3.10. В континуальных моделях зависимость скорости потока объектов от их плотности имеет обратно-пропорциональную связь. В этом случае при сужении коридора эвакуации скорость потока падает, в то время как в более широкой части не изменяется, что приводит к разрывным решениям, которые можно ассоциировать с давкой, падением людей, и другими отрицательные явлениями. При анализе решений, полученных по разработанной модели, таких последствий не установлено и не выявлено.

3.11. Представленная в диссертации модель не содержит комплекса пространственно-временных параметров пожара и/или задымления, что существенно снижает обоснованность решения по эвакуации, а также теоретическую и практическую значимость диссертации. Таким образом, цель исследования в направлении повышения эффективности систем противопожарной защиты не достигнута. Она может быть достигнута в случае выявления на основе математического моделирования способов и алгоритмов управления процессом эвакуации, через выявление

и разработку альтернативных траекторий, оптимизацию дополнительных мер по расположению систем оповещения, размещения эвакуационных табличек. К сожалению, этих результатов в работе не представлено.

3.12. В Приложении 2 архитектура программы «Сигма ПБ» описана не внятно. Наличие четко представленной архитектуры позволило бы однозначно судить о программе «Сигма ПБ», как о программном комплексе (набор взаимодействующих программ, согласованных по функциям и форматам, имеющим единообразные интерфейсы и составляющих полное средство для решения больших задач) или как о комплексе программ (набор компьютерных программ, предназначенных для решения класса задач, близких друг к другу либо по содержанию, либо по применяемым методам). Заметим, что автор преподносит программу «Сигма ПБ» именно как программный комплекс, цитата «Дается краткое описание программного комплекса, разработанного коллективом авторов и примененного для выполнения расчётов, представленных в диссертационной работе» (Приложение 2).

В ходе научного доклада, при ответе на заданные вопросы и в процессе научной дискуссии соискатель Кирик Е.С. дала исчерпывающие комментарии по указанным замечаниям, привела собственную аргументацию, оперируя конкретными данными. Диссертант показала достаточный для соискателя докторской степени уровень владения теоретическим и экспериментальным материалом.

На заседании 03 декабря 2025 года (протокол № 5) диссертационный совет 24.2.418.03, созданный на базе федерального государственного автономного образовательного учреждения высшего образования «Тюменский государственный университет», принял решение поддержать заключение диссертационного совета 24.1.047.01, созданном на базе Федерального государственного бюджетного учреждения науки Институт вычислительной математики и математической геофизики Сибирского отделения Российской академии наук, о присуждении Кирик Екатерине Сергеевне ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ», в связи с тем, что диссертация Кирик Е.С. «Математическое моделирование эвакуации людей», представленной на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки), **соответствует критериям, установленным пунктами 9-11, 13, 14 «Положения о присуждении ученых**

степеней», утвержденного постановлением Правительства Российской Федерации от 24 сентября 2013 года № 842, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук по специальности 1.2.2. – «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ» (технические науки).

При проведении тайного электронного голосования на соответствие диссертации установленным критериям диссертационный совет 24.2.418.03 в количестве 15 человек (очно – 14 чел., дистанционно – 1 чел.), из них 7 докторов наук по профилю рассматриваемой диссертации, участвовавших в заседании:

«за» – 11,

«против» – 4,

не участвовавших в голосовании (по техническим причинам) – 0.

Председатель диссертационного
совета 24.2.418.03 А.А. Захаров

Ученый секретарь диссертационного
совета 24.2.418.03 А.А. Оленников

Экспертная комиссия диссертационного
совета 24.2.418.03:
Глухих И.Н., председатель, доктор технических наук, профессор
(1.2.2., технические науки)
Фёдоров К.М., доктор физико-математических наук, профессор
(1.2.2., физико-математические науки)
Удовиченко С.Ю., доктор физико-математических наук, профессор
(1.2.2., физико-математические науки)
Шабаров А.Б., доктор технических наук, профессор
(1.2.2., технические науки)
Степанов С.В., доктор технических наук
(1.2.2., физико-математические науки)

03.12.2025.