

**Заключение диссертационного совета Д 01.024.04 на базе
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» и
ГОСУДАРСТВЕННОГО ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО УЧРЕЖДЕНИЯ
ВЫСШЕГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ «ДОНЕЦКИЙ
НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

**Министерства образования и науки Донецкой Народной Республики
по диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук
аттестационное дело № _____**

решение диссертационного совета Д 01.024.04 от 27.09.2022 г. протокол № 13/22

О ПРИСУЖДЕНИИ

Сторожеву Сергею Валериевичу

ученой степени доктора технических наук

Диссертация «Нечетко-множественные методы учета факторов неопределенности в математических моделях деформационных и тепловых процессов» по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки) принята к защите «26» апреля 2022 г. диссертационным советом Д 01.024.04 (протокол № 9/22) на базе ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ» и ГОУ ВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ», 283001, г. Донецк, ул. Артема, 58, корп. 1, ауд. 203 Тел./факс: 380(62) 304-30-55, e-mail: uchensovet@donntu.org (приказ о создании диссертационного совета № 802 от 20.09.2018 г., приказы об изменении состава диссертационного совета № 1743 от 09.12.2019 г. и №1550 от 08.12.2020 г., № 459 от 22.06.2022 г.).

Соискатель, Сторожев Сергей Валериевич, 1987 года рождения, в 2009 году окончил Донецкий национальный университет по специальности «Экономическая кибернетика». В 2013 году присуждена ученая степень кандидата экономических наук по специальности «Математические методы, модели и информационные технологии в экономике». В 2019 году присвоено ученое звание доцента по специальности «Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)».

С 2015 работает в должности доцента кафедры «Специализированные информационные технологии и системы» ГОУ ВПО «ДОНБАССКАЯ НАЦИОНАЛЬНАЯ АКАДЕМИЯ СТРОИТЕЛЬСТВА И АРХИТЕКТУРЫ».

Научный консультант: Павлыш Владимир Николаевич, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой прикладной математики и

искусственного интеллекта ГОУВПО «ДОНЕЦКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ».

Официальные оппоненты:

1. КАРАБУТОВ НИКОЛАЙ НИКОЛАЕВИЧ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры проблем управления Института искусственного интеллекта Российского технологического университета МИРЭА, Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Москва;

2. КРАВЕЦ ОЛЕГ ЯКОВЛЕВИЧ, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры автоматизированных и вычислительных систем ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Воронеж;

3. ПРОВОТОРОВ ВЯЧЕСЛАВ ВАСИЛЬЕВИЧ, доктор физико-математических наук, доцент, профессор кафедры уравнений в частных производных и теории вероятностей ФГБОУ ВО «Воронежский государственный университет», Министерства образования и науки Российской Федерации, г. Воронеж.

Официальные оппоненты дали положительные отзывы на диссертацию.

Ведущая организация – Федеральное государственное бюджетное учреждение науки «Институт машиноведения им. А.А. Благонравова Российской академии наук», г. Москва, в своем положительном заключении, подписанном заместителем директора ИМАШ РАН по научной работе, доктором технических наук, профессором М.Н. Ерофеевым, указала, что диссертация Сторожева Сергея Валериевича на тему «Нечетко-множественные методы учета факторов неопределенности в математических моделях деформационных и тепловых процессов» является завершенной научно-исследовательской работой, выполнена на актуальную тему, содержит новые теоретические и практические положения, обладает научной новизной, фундаментальной и прикладной практической значимостью. Работа по содержанию научных положений и выводов, существу полученных результатов соответствует паспорту научной специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки). Автореферат с необходимой мерой полноты представляет основное содержание диссертации. Выводы и рекомендации диссертационного исследования имеют достаточную степень обоснованности. Диссертационная работа «Нечетко-множественные методы учета факторов неопределенности в математических моделях деформационных и тепловых процессов» отвечает требованиям п. 2.1 Положения о присуждении ученых степеней, предъявляемым к докторским диссертациям, а ее автор Сторожев Сергей Валериевич заслуживает присуждения ему ученой степени доктора технических наук по специальности 05.13.18 – математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки)

Выбор официальных оппонентов и ведущей организации обосновывается их компетентностью в области разработки численно-аналитических методов математического моделирования технических систем и процессов их

функционирования с учетом факторов неопределенности, а также разработки комплексов программ для компьютерной реализации вычислительных алгоритмов, подтверждаемой наличием научных публикаций высокого уровня в соответствующей сфере исследований.

По теме диссертации соискателем опубликованы 44 научные работы, в числе которых 13 статей в научно-технических журналах, включенных в перечни ВАК ДНР и ВАК РФ; 14 статей в изданиях, представленных в НБД Web of Science, Scopus, MathSciNet; 1 монография, а также 16 публикаций в других изданиях.

Наиболее значимые работы по теме диссертации:

1. Сторожев, С.В. Алгоритм двухпараметрической аппроксимации нормального частотного распределения нечетким интервалом / С.В. Сторожев // Вестн. Донецк. нац. ун-та. Сер. А. Естеств. науки. – 2014. – №2. – С. 78–80.
2. Сторожев, С.В. Нечетко-множественная методика исследования модели движения капель охлаждающей жидкости при отрыве с поверхности вертикально вращающегося распылителя / С.В. Сторожев, Чан Ба Ле Хоанг // Тр. ИПММ. – 2020. – Вып. 34. – С. 112–124.
3. Павлыш, В.Н. Исследование модели упругопластического деформирования полого шара под действием внутреннего давления в рамках вероятностного и нечетко-множественного подходов / В.Н. Павлыш, С.В. Сторожев // Журн. теорет. и прикл. мех. – 2021. – № 2 (75). – С. 60–67.
4. Болнокин, В.Е. Алгоритм анализа моделей устойчивости цилиндрических оболочек с неконтрастными параметрами на основе применения алгебры двухкомпонентных треугольных нечетких чисел / В.Е. Болнокин, В.Н. Павлыш, С.В. Сторожев // Журн. теорет. и прикл. мех. – 2021. – № 3 (76). – С. 32–45.
5. Болнокин, В.Е. Нечетко-множественный анализ влияния факторов неопределенности в модели трансверсально-изотропного функционально-градиентного гидроакустического экрана / В.Е. Болнокин, Зыонг Минь Хай, С.В. Сторожев // Эконом. и менеджм. сист. управл. – 2018. – № 2 (28). – С. 71–78
6. Болнокин, В.Е. Анализ нечеткой модели наклонного падения гидроакустической волны на плоский экран с гибкими нерастяжимыми покрытиями граней / В.Е. Болнокин, В.Г. Выскуб, Зыонг Минь Хай, С.В. Сторожев // Сист. управл. и информац. технол. – 2018. – № 3 (73). – С. 7–12.
7. Болнокин, В.Е. Нечеткие оценки эффективных характеристик микронеоднородных материалов для конструкций гидроакустического экранирования / В.Е. Болнокин, Зыонг Минь Хай, С.В. Сторожев // Сист. управл. и информац. технол. – 2017 – №4 (70). – С. 4–8.
8. Болнокин, В.Е. Нечеткие оценки для собственных частот поперечных колебаний однородных стержней / В.Е. Болнокин, Д.И. Мутин, С.В. Сторожев, Зыонг Минь Хай, Нгуен Куок Ши, Чан Ба Ле Хоанг // Сист. управл. и информац. технол. – 2019. – № 4(78) – С. 24–28.
9. Болнокин, В.Е. Методика учета факторов неопределенности в моделях термоупругого деформирования тонких пластин с эллиптическими граничными

контурами / В.Е. Болнокин, В.Г. Выскуб, Д.И. Мутин, Е.И. Мутина, С.Б. Номбре, С.В. Сторожев // Сист. управл. и информац. технол. – 2020. – № 2(80). – С. 4–8.

10. Vyskub, V.G. Model of fuzzy estimation of mechanical stress concentration for aerospace and industrial flat structures with polygonal holes of uncertain curvature at rounded corner points / V.G. Vyskub, E.I. Mutina, V.I. Storozhev, S.V. Storozhev // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. and Eng. – 2019. – V. 537. – 022013. doi:10.1088/1757-899X/537/2/022013

11. Storozhev, S.V. Model of fuzzy ultra-acoustic diagnostics of nanocomposite functionally graded plate constructions in mechanical engineering / S.V. Storozhev, V.I. Storozhev, V.E. Bolnokin, Duong Minh Hai, D.I. Mutin // J. Phys. Conf. Ser. – 2019. – V. 1399. – 022008. doi:10.1088/1742-6596/1399/2/022008

12. Storozhev, S.V. Fuzzy estimates of resonance frequencies for three-layer composite cylindrical panels in smart aerospace and industrial structures / S.V. Storozhev, V.I. Storozhev, V.E. Bolnokin, Duong Minh Hai, D.I. Mutin // J. Phys. Conf. Ser. – 2019. – V. 1399. – 033044. doi:10.1088/1742-6596/1399/3/033044

13. Storozhev, S.V. Fuzzy-set analysis of models of temperature deformation of thin-walled elements with elliptic boundaries in industrial and aerospace structures / S.V. Storozhev, V.I. Storozhev, V.E. Bolnokin, Duong Minh Hai, D.I. Mutin // IOP Conf. Ser.: Mater. Sci. and Eng. – 2020. – V. 862. – 022005. doi.org/10.1088/1757-899X/862/2/022005

14. Storozhev, S.V. Features of ultrasonic non-destructive testing models of rectangular anisotropic elastic waveguides with a membrane coating / S.V. Storozhev, V.E. Bolnokin, V.G. Vyskub, Duong Minh Hai, D.I. Mutin // J. Phys. Conf. Ser. – 2020. – V. 1679. – 042039. doi:10.1088/1742-6596/1679/4/042039

15. Storozhev, S.V. Analysis of the engineering mathematical model of the physical properties of a three-layer hydroacoustic screen with anisotropic components / S.V. Storozhev, V.I. Storozhev, V.E. Bolnokin, S.A. Sorokin // J. Phys. Conf. Ser. – 2021. – V. 2094. – 022011. doi:10.1088/1742-6596/2094/2/022011

16. Нгуен, Куок Ши. Исследование моделей высокотемпературной термостабилизации с нечеткими параметрами / Нгуен Куок Ши, Чан Ба Ле Хоанг, С.В. Сторожев.– Yelm, WA, USA: Sci. Book Publish. House, 2019. – 216 с.

На автореферат поступило 12 отзывов. Все отзывы положительные. В них отражены актуальность исследования, дана оценка основным результатам, указаны замечания, а также сделаны положительные заключения о соответствии работы требованиям, предъявляемым к диссертациям на соискание ученой степени доктора технических наук.

В отзывах содержатся следующие замечания:

1. Вытовтов Константин Анатольевич, доктор технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ, ведущий научный сотрудник лаборатории 69 ФГБУН «Институт проблем управления им. В.А. Трапезникова Российской академии наук», г. Москва:

1.1. Так, было бы целесообразным детальнее остановиться на круге моделей рассматриваемых типов, применительно к которым выполнены опубликованные исследования с применением вероятностно-стохастических методов, и представить сопоставительный анализ использования при их изучении методов теории нечетких множеств.

1.2. Также представляла бы интерес развернутая характеристика технологии разработки и рабочих возможностей комплекса программных приложений для вычислительной компьютерной реализации предложенных нечетко-множественных методов.

2. Варламов Олег Олегович, доктор технических наук по специальности 05.13.01 – Системный анализ, управление и обработка информации (в оборонной и гражданской технике), профессор, профессор кафедры ИУ-5 «Системы обработки информации и управления» ФГБОУ ВО «Московский государственный технический университет имени Н.Э. Баумана», г. Москва:

2.1. Замечанием по представленному в автореферате изложению основных положений диссертации является целесообразность более детального и иллюстрируемого примерами описания процессов фаззификации неконтрастной исходной информации, представленной справочными экспериментальными данными в табличной форме с указанием процентных уровней экспериментальной погрешности измерений. Таковой является, как правило, информация о физико-механических характеристиках конструкционных материалов.

3. Каперко Алексей Федорович, доктор технических наук по специальности 05.13.05 – Элементы и устройства вычислительной техники и систем управления, профессор, профессор Департамента электронной инженерии Национального исследовательского университета «Высшая школа экономики», г. Москва:

3.1. В качестве замечания по содержанию автореферата диссертационной работы С.В. Сторожева можно отметить, что было бы целесообразным гордо полнее представить информацию о комплексе прикладных программных приложений, разработанных для реализации предложенных нечетко-множественных методов, в том числе о конфигурациях соответствующих алгоритмов, их быстродействии, вариантах моделей для которых они эффективно применимы.

4. Капитанов Алексей Вячеславович, доктор технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизированные системы управления, доцент, заведующий кафедрой автоматизированных систем обработки информации и управления ФГБОУ ВО "Московский государственный технологический университет «СТАНКИН», г. Москва:

4.1. В качестве замечания по содержанию автореферата можно указать на относительно малый объем представленных в нем данных сопоставительного анализа результатов применения к однотипным моделям с неконтрастными параметрами методов теоретико-вероятностного и нечетко-множественного

исследования, что, однако, не влияет на совокупную позитивную оценку выполненной диссертационной работы.

5. Кулагин Владимир Петрович, доктор технических наук по специальности 05.13.12 – Системы автоматизации проектирования, профессор, заведующий кафедрой «Аппаратное, программное и математическое обеспечение вычислительных систем» Российского технологического университета МИРЭА, г. Москва:

5.1. Следовало бы детальнее обосновать преимущественно реализуемый в диссертации при разработке специализированных нечетко-множественных методов выбор описаний для неконтрастных исходных параметров в форме нормальных трапецеидальных нечетких интервалов.

5.2. Целесообразным было бы представить в автореферате методику и пример фаззификации неконтрастной исходной информации о параметрах рассматриваемых моделей, представленной совокупностью экспертных заключений.

6. Горр Геннадий Викторович, доктор физико-математических наук по специальности 01.02.01 – Теоретическая механика, профессор, главный научный сотрудник отдела прикладной механики Государственного учреждения «Институт прикладной математики и механики», г. Донецк:

6.1. Было бы целесообразным более детальное представление в обзоре выполненных исследований конкретного содержания результатов по применениям теории нечетких множеств в научных разработках по механической проблематике.

6.2 Мало внимания в автореферате уделено описанию разрабатываемых программных приложений и применяемым методикам численной реализации.

7. Шамота Виталий Павлович, доктор технических наук по специальности 01.02.05 – Механика жидкости, газа и плазмы, профессор, заведующий кафедрой «Высшая математика и физика» ГБОУ ВО «Донецкий институт железнодорожного транспорта», г. Донецк:

7.1. В качестве замечаний по материалам автореферата можно указать на целесообразность подробного и детализированного описания в его тексте используемых приемов и методов отыскания экстремальных значений функций в процессе применения модифицированного эвристического принципа обобщения.

7.2 Не отмечено также, учитывался ли в расчетах по характеристикам рассеяния охлаждающих жидкостей неконтрастный параметр их вязкости.

8. Соловьев Аркадий Николаевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.02.04 – механика деформируемого твердого тела, профессор, заведующий кафедрой «Теоретическая и прикладная механика» ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», г. Ростов-на-Дону:

8.1. Так, следовало бы подробнее описать в тексте автореферата используемые в работе приемы получения нечетко-множественных представлений для обладающих разбросами исходных параметров рассматриваемых моделей, включая вопрос о выборе типов функций

принадлежности для вводимых нечетко-множественных экзогенных характеристик.

8.2. Следовало бы также остановиться на выборе пакета Mathematica Wolfram Research в качестве среды разработки комплекса программных приложений для компьютерной реализации предложенных нечетко-множественных методов, а также представить перечень моделей, для которых подобные программные приложения были разработаны.

9. Кожухов Игорь Борисович, доктор физико-математических наук по специальности 01.01.06 – Математическая логика, алгебра и теория чисел, профессор, профессор кафедры ВМ-1 ФГАОУ ВО «Национальный исследовательский университет «Московский институт электронной техники», г. Москва:

9.1. Было бы целесообразным подробнее обосновать прослеживающееся по тексту автореферата предпочтение в выборе для неопределенных параметров с разбросами в исследуемых моделях нечетко-множественных представлений в форме трапецеидальных нормальных нечетких интервалов.

9.2. Важным и интересным было более детальное описание в автореферате представленной в разделе 6 диссертационной работы методики нечетко-множественного анализа параметров теплообмена в модели действия плазменных струй на высокотемпературные поверхности при создании внешних охлаждающих газовых потоков и вдувании газа изнутри охлаждаемого объекта через пористые либо перфорированные стенки.

10. Путов Виктор Владимирович, доктор технических наук по специальности 05.13.06 – Автоматизированные системы управления, профессор, профессор кафедры систем автоматического управления ФГАОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный электротехнический университет «ЛЭТИ» им. В.И. Ульянова (Ленина)», Заслуженный профессор СПбГТЭУ «ЛЭТИ», г. Санкт-Петербург:

10.1. Целесообразным было бы представить в автореферате детальную систематизированную информацию о моделях рассматриваемого типа, имеющих исследованные и описанные в литературе вероятностно-стохастические версии.

10.2. Более детальному описанию в тексте автореферата подлежали бы особенности преобразований аналитических расчетных соотношений детерминистических версий рассматриваемых моделей, обеспечивающих снижение меры неопределенности в нечетко-множественных описаниях их результирующих характеристик.

10.3. В тексте автореферата было уместным охарактеризовать мотивы выбора представлений нечетких исходных параметров в форме трапецеидальных нечетких интервалов в описываемых примерах численного анализа ряда рассматриваемых моделей деформационных и тепловых процессов.

11. Наседкин Андрей Николаевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, профессор, заведующий кафедрой математического моделирования ФГАОУ ВО «Южный федеральный университет», г. Ростов-на-Дону:

11.1. Автореферат диссертации с достаточной полнотой отражает существо и результаты проведенных исследований. Вместе с тем, в качестве замечания по его содержанию можно указать на целесообразность описания особенностей применения аппарата неидемпотентной арифметики трапецеидальных нечетких интервалов и соответствующих приемов преобразования функциональных соотношений, позволяющих замедлять расширение диапазонов неопределенности нечетко-интервальных вычислений.

11.2. Было бы также целесообразным дать подробное описание рекомендуемых и использованных в разработанных программных приложениях приемов нахождения экстремальных значений для расчетных функций при численной реализации модифицированного эвристического принципа расширения.

12. Царенко Сергей Николаевич, доктор физико-математических наук по специальности 01.02.04 – Механика деформируемого твердого тела, доцент, доцент кафедры «Технические машины и оборудование» ФГБОУ ВО «Камчатский государственный технический университет», г. Петропавловск-Камчатский:

12.1. Применительно к моделям динамического деформирования и устойчивости балочных конструкций было бы полезным рассмотреть практически важные случаи неоднородных по осевой координате стержней с неконтрастными физико-механическими и геометрическими характеристиками;

12.2. Для объектов данного типа целесообразным было бы также разработать методику резонансно-волновой нечетко-множественной идентификации физико-механических и геометрических характеристик, включая параметры неоднородности и разного типа дефектов.

Диссертационный совет отмечает, что на основании выполненных соискателем исследований по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки):

1. Разработана концепция создания комплекса методов использования теории нечетких вычислений для учета факторов разброса исходных параметров в моделях деформирования упругих тел и конструкционных элементов, а также в моделях функционирования технических систем термостабилизации на основе расширения областей определения расчетных соотношений детерминистических вариантов соответствующих моделей на аргументы нечетко-множественных типов с фрагментированным поэтапным применением аппарата нечеткой арифметики и модифицированной альфа-уровневой формы эвристического принципа обобщения; предложенные методы обладают дополнительными возможностями и перспективами прикладного применения и характеризуются менее строгими требованиями к характеру неконтрастной исходной информации, включая возможности использования маломощных выборок экспериментальных данных и результатов субъективных экспертных заключений.

2. Осуществлены разработка и алгоритмизация нечетко-множественных методов исследования моделей расчета характеристик резонансных колебаний, скоростей волн деформаций и критических усилий в задачах динамического деформирования и устойчивости стержневых конструкций в рамках классических и уточненных теорий, применение которых в проектных расчетах позволяет повысить достоверность оценок ресурсов прочности, надежности и функциональности конструктивных элементов данного типа в машинах, приборах и строительных сооружениях.

3. Осуществлены разработка и алгоритмизация методов нечетко-множественного учета неопределенности в моделях деформирования и устойчивости тонких пластин и оболочек, применение которых в инженерной практике позволяет получить более адекватные рекомендации по допустимым диапазонам варьирования проектных параметров машин и сооружений, в пределах которых обеспечиваются требования устойчивости, надежности, мгновенной и длительной прочности тонкостенных конструкций.

4. Реализованы разработка и алгоритмизация нечетко-множественных методов учета факторов неопределенности в задачах формирования полей концентрации напряжений и зон пластических деформаций около полостей, отверстий и включений в тонких пластинах и геомассивах, использование которых при конструировании строительных деталей и несущих конструкций машин, компонентов электронных устройств, проектировании горных сооружений с выработками и туннелями приводит к более адекватным рекомендациям по выбору конструктивных материалов, форм, размеров и способов размещения технологических полостей и включений, обеспечивающим требования надежности и прочности технических устройств и сооружений.

5. Осуществлена разработка методов и алгоритмов нечетко-множественного моделирования в задачах теории резонансных упругих колебаний пластин, панелей и цилиндров, применение которых позволяет улучшить характеристики прочности и надежности деталей машин, приборов и сооружений, работающих в условиях вибрационных нагрузений широких частотных диапазонов.

6. Даны разработка и алгоритмизация моделей нечетко-множественной резонансно-волновой идентификации механических характеристик тонких изотропных и нанокompозитных функционально-градиентных пластин с использованием данных ультразвуковой диагностики, применение которой для обработки экспериментальных данных обеспечивает повышение степени соответствия результатов идентификации геометрических и физико-механических характеристик конструкций реальным свойствам объектов.

7. Предложены и реализованы методы нечетко-множественного исследования математических моделей распространения и дисперсии объемных, поверхностных и нормальных волн упругих, электроупругих и магнитоупругих деформаций при учете разбросов значений экзогенных параметров моделирования, повышающие уровень корректности и практической ценности оценок сейсродинамических и геоакустических прогнозов и измерений, точности

расчетов для конструкций акустоэлектронных радиокомпонентов, достоверности оценок вибрационной прочности для несущих конструкций в машинах, строительных и горно-шахтных сооружениях.

8. Созданы нечетко-множественные методы анализа моделей функционирования и алгоритмы расчета параметров плоских гидроакустических экранов при учете неопределенности исходных данных, что позволяет при их конструировании добиваться необходимой меры стабильности показателей интенсивности отраженных и генерируемых за экраном волновых сигналов.

9. Осуществлена разработка нечетко-множественных методов и алгоритмов учета неопределенности для моделей форсуночного рассеяния охлаждающих жидкостей в системах термостабилизации, применение которых в конструкторских расчетах обеспечивает совершенствование параметров рабочих устройств и технологических процессов жидкостно-капельного охлаждения, включая показатели расхода и определение допустимой меры изменений в конструктивных параметрах форсунок при износе.

10. Реализована разработка нечетко-множественных методов и алгоритмов учета факторов неопределенности для математических моделей распада струи жидкости в пневматических и ротационных дисковых распылителях устройств воздушно-капельного охлаждения, позволяющих повысить адекватность оценок для факелов и траекторий движения капель распыляемой жидкости при проектировании технических устройств систем термостабилизации.

11. Разработаны нечетко-множественные методы исследования факторов неопределенности в моделях термостабилизации высокотемпературных поверхностей обтекающими газопаровыми потоками, обеспечивающие получение более адекватных инженерной практике рекомендаций по выбору режимов охлаждения потоками аэрозолей, параметров дисперсности парожидкостной фракции и скоростей обтекания.

12. Разработаны методы и алгоритмы нечетко-множественного анализа моделей теплоотражающих экранов с неопределенными конструктивными характеристиками, применение которых в проектных расчетах позволяет определять параметры пакетов тонких мембранных отражающих элементов, более адекватные реальным эксплуатационным условиям и обеспечивающие заданные показатели эффективности экранирования тепловых излучений в технических системах

13. Указаны области эффективного применения созданных методов при проектировании технических систем в машиностроении, строительстве, приборостроении и электронике, горном деле и определены перспективные направления дальнейших исследований в области прикладного нечетко-множественного моделирования деформационных и тепловых процессов.

Теоретическая значимость результатов работы заключается в создании специализированных теоретически обоснованных эффективных численно-аналитических нечетко-множественных методов для решения новых классов научных задач моделирования деформационных и термических процессов с

учетом факторов неопределенности экзогенных параметров, что отвечает логике внутринаучного развития фундаментальных исследований в области теории математического моделирования

Научная новизна полученных результатов:

1. Впервые разработаны специализированные методы и вычислительные алгоритмы нечетко-множественного исследования моделей резонансных колебаний, распространения волн деформаций и потери устойчивости для тонкостенных стержневых, пластинчатых и оболочечных конструкций с неопределенными параметрами, что позволяет повысить корректность предпроектных конструкторских расчетов по определению ресурсов прочности, надежности и функциональности конструктивных элементов данного типа в машинах, приборах и строительных сооружениях.

2. Впервые на основе разработки и алгоритмизации специализированных нечетко-множественных методов осуществлен анализ моделей концентрации напряжений и возникновения зон пластических деформаций около полостей, отверстий и включений в пластинчатых конструкциях и геомассивах с учетом факторов разброса исходных физико-механических и геометрических параметров, что позволяет усовершенствовать методологии конструирования многосвязных строительных деталей, корпусов и несущих конструкций машин, печатных плат электронных устройств, объектов аэрокосмической техники и проектирования горных сооружений с выработками и транспортными туннелями путем выработки более обоснованных рекомендаций по выбору рабочих параметров, обеспечивающих требования к надежности и механической прочности указанных конструкций и сооружений.

3. Впервые предложены и реализованы специализированные методы нечетко-множественного исследования моделей распространения, дисперсии и трансформации объемных, поверхностных и нормальных волн упругих, электроупругих и магнитоупругих деформаций при учете разбросов значений экзогенных параметров моделирования, что решает задачу повышения уровня корректности и практической ценности оценок сейсמודинамических и геоакустических прогнозов и измерений, является средством повышения точности конструкторских расчетов для акустоэлектронных радиокомпонентов в виде линий задержки и фильтров на поверхностных акустических волнах, адекватности оценок вибрационной прочности конструкций машин, строительных и горношахтных сооружений.

4. Впервые осуществлены разработка и алгоритмизация моделей нечетко-множественной резонансно-волновой идентификации неконтрастных механических характеристик тонких изотропных плит и нанокompозитных функционально-градиентных пластин-резонаторов с использованием данных ультразвуковой диагностики, что в качестве элемента методики обработки ее результатов обеспечивает повышение степени соответствия результатов экспериментальных исследований реальным свойствам исследуемых объектов.

5. Впервые предложены алгоритмизированные нечетко-множественные методы анализа моделей функционирования плоских гидроакустических экранов при учете неопределенности исходных данных о физико-механических и геометрических параметрах их компонентов, что позволяет при конструировании и выборе материалов для изготовления экранов добиваться необходимой степени стабильности показателей интенсивности отраженных и генерируемых в заэкранном пространстве волновых сигналов.

6. Впервые дана разработка специализированных нечетко-множественных методов анализа моделей создания аэрозольных потоков в технических системах жидкостно-капельного охлаждения при учете неопределенности конструктивных характеристик устройств распыления и параметров рассеиваемой жидкости, благодаря чему обеспечивается совершенствование технологических режимов термостабилизации с применением двухкомпонентных газожидкостных смесей в технических системах широкого спектра назначения.

7. Впервые предложены нечетко-множественные модификации методов учета факторов неопределенности в моделях термостабилизации высокотемпературных поверхностей технических конструкций обтекающими газожидкостными потоками, применение которых позволяет формировать более адекватные инженерной практике рекомендации по выбору режимов охлаждения потоками аэрозолей, параметров дисперсности и скоростей обтекания.

8. Впервые разработаны методы и алгоритмы нечетко-множественного анализа расчетных моделей многослойных тепловых экранов с неопределенными конструктивными характеристиками отражающих элементов, применение которых позволяет получить более адекватные реальным эксплуатационным условиям параметры экранирования тепловых излучений в технических системах с применением пакетов тонких мембранных отражателей.

Практическая значимость полученных результатов работы заключается в применимости разработанных методов, алгоритмов и программных приложений, полученных выводов и установленных закономерностей, для повышения достоверности данных предпроектных конструкторских расчетов по определению ресурсов прочности, надежности и функциональности конструктивных элементов машин, приборов и строительных сооружений, а также достижения большей адекватности расчетов технологических режимов и конструктивных параметров устройств термостабилизации в условиях недостатка статистической информации при ограниченности выборок опытных данных. Разработанные методы применимы в конструкторских расчетах деталей строительных сооружений, корпусов и несущих конструкций машин, приборных панелей и плат электронных устройств, при проектировании горных сооружений с выработками и транспортными туннелями. Они позволяют решить задачу повышения корректности и практической ценности оценок сейсמודинамических и геоакустических прогнозов и измерений, являются средством повышения точности конструкторских расчетов для акустоэлектронных радиокомпонентов, обеспечивают повышение степени соответствия результатов ультразвуковой

волновой диагностики характеристик материалов и элементов конструкций реальным свойствам объектов исследования.

Практическая ценность исследований подтверждается их практическим внедрением. Результаты работы, в частности нечетко-множественные оценки в моделях теории ультразвуковых волн в пьезоактивных средах, оценки для скоростей электроупругих поверхностных волн и характеристик нормальных ультразвуковых волн в однослойных и двухслойных волноводах; методики анализа моделей нечеткой идентификации механических параметров нанокompозитных функционально-градиентных резонаторов с использованием данных ультразвуковой диагностики; нечетко-множественные подходы в расчетах тепловых экранов получили практическое применение в поисковых и проектных разработках Ордена Трудового Красного Знамени АО «Научно-исследовательский институт вычислительных комплексов им. М.А. Карцева», г. Москва (справка о внедрении № 404–01 от 23.11.2021 г., подписана генеральным директором АО «НИИВК им. М.А. Карцева» А.В. Горшковым); получили практическое применение в проектных разработках ГУ «Республиканский академический научно-исследовательский и проектно-конструкторский институт горной геологии, геомеханики, геофизики и маркшейдерского дела (РАНИМИ)» МОН ДНР (г. Донецк) в качестве инструментов повышения достоверности данных о строении и свойствах геомассивов, горных пород и подземных горно-шахтных сооружений на основе технологий анализа результатов сейсмоакустических исследований и шахтной пластовой сейсמודиагностики (справка о внедрении № 04.02–07/381 от 19.11.2021 г., подписана директором ГУ РАНИМИ д-ром техн. наук, проф. А.В. Анциферовым). Результаты диссертационного исследования внедрены в учебный процесс по направлению подготовки 27.03.03 «Системный анализ и управление» в ГОУ ВПО «Донецкий национальный университет» (справка о внедрении № 6877/01-27/01.1 от 15.11.2021 г., подписана проректором ГОУ ВПО ДонНУ проф. Е.И. Скафой).

Оценка достоверности результатов исследования подтверждается использованием в исследованиях результатов анализа апробированных детерминистических версий моделей деформационных и термических процессов; корректным использованием в качестве методологической базы исследования строгих обоснованных математических методов, включая апробированные методы теории нечетких множеств; согласованностью отдельных получаемых результатов с представленными в научной литературе частными результатами других исследований, осуществленных на базе детерминистических и вероятностных моделей, а также с опытными экспериментальными данными; верификацией разрабатываемых теоретических нечетко-множественных алгоритмов и создаваемых для их компьютерной реализации программных приложений; соответствием между полученными научными результатами и отраженными в документах по внедрению данными об их практическом использовании.

Личный вклад соискателя состоит в формулировке цели и задач исследований, основных научных положений и выводов, в получении всех основных аналитических и численных результатов представленных в диссертации исследований по разработке методов нечётко-множественного анализа моделей деформационных и тепловых процессов с неопределёнными параметрами, а также результаты разработки алгоритмов и комплексов программных приложений для компьютерной реализации разработанных нечетко-множественных методов.

На основании вышеизложенного можно заключить, что представленная диссертационная работа Сторожева Сергея Валериевича «Нечетко-множественные методы учета факторов неопределённости в математических моделях деформационных и тепловых процессов» является завершённым научным исследованием по современной актуальной научно-технической проблеме теории и практики математического моделирования, в котором дано решение важной научно-технической задачи развития теоретических основ нечетко-множественных численно-аналитических методов и разработка алгоритмов исследования математических моделей деформационных и тепловых процессов с учетом факторов неопределённости экзогенных параметров, как инструмента повышения эффективности проектных конструкторских расчетов для ряда промышленных отраслей и современных высокотехнологичных производств.

Его вклад заключается в развитии теоретических основ нечетко-множественных численно-аналитических методов и разработке алгоритмов исследования математических моделей деформационных и тепловых процессов с учетом факторов неопределённости экзогенных параметров, как инструмента повышения эффективности проектных конструкторских расчетов для ряда промышленных отраслей и современных высокотехнологичных производств. Результаты исследования, включая комплексы специализированных программных приложений, имеют высокий уровень практической значимости, ориентированы на использование в проектных конструкторских расчетах в строительстве, машиностроении, горно-шахтной индустрии и сейсмодиагностике, в технологиях ультразвукового контроля и электронике, нашли прикладное применение во внедренных разработках.

Представленные в диссертации научное направление перспективно для дальнейшего развития.

В целом диссертационная работа «Нечетко-множественные методы учета факторов неопределённости в математических моделях деформационных и тепловых процессов» отвечает требованиям п. 2.1 «Положения о присуждении ученых степеней», предъявляемым к докторским диссертациям по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

На заседании от «27» сентября 2022г. диссертационный совет принял решение: присудить Сторожеву Сергею Валериевичу ученую степень доктора

технических наук по специальности 05.13.18 – Математическое моделирование, численные методы и комплексы программ (технические науки).

При проведении тайного голосования диссертационный совет в количестве 16 человек, из них 15 докторов наук, участвовавших в заседании, из 21 человека, входящих в состав совета, проголосовали: за – 15, против – 1, недействительных бюллетеней – 0.

Заместитель председателя диссертационного совета
Д 01.024.04 при ГОУВПО «ДОННТУ»
и ГОУВПО «ДОННУ»,
д-р техн. наук, профессор



В.В. Данилов

Ученый секретарь диссертационного
совета Д 01.024.04
канд. техн. наук, доцент



Т.В. Завадская

27 сентября 2022 года